ཆེ་ཐུགཆོན་རིག་གི་ཕོ་ཉ་འཛིའི་སྒོ་ངེ་བཙུམ་པ།

ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ལས་རིམ།

ཡུས་ཀྱི་འཚར་འཛེལ་དང་ཡུས་ཁམས་གནས་ཡུག

EMORY UNIVERSITY

LIBRARY of Tibetan Works & Archives

ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སྒོ་ནས་ཉེར་ཁང་དང་བོད་ཀྱི་དབེ་མཛོད་ཁང་ཐུན་མོང་ནས་བར་སྐྱུན་འདོན་ཞེལ་བྱས།

ETSI Life Sciences Primer III
Development and Physiology

Written and organized by **Dr. Arri Eisen**

Translated by **Geshe Dadul Namgyal**

Emory - Tibet Science Initiative

SCIENCE PRIMERS

ཆེ་སྟོག་ཚན་རིག་གི་སྤྱན་འགྲེའི་སློབ་དེབ་གསུམ་པ།
ཁྱས་ཀྱི་འཚང་འཛེལ་དང་ཁྱས་ཁམས་གནས་ཁྱགས།

སློབ་དཔོན་ཨ་རི་ཨཡི་རོན་གྱིས་བརྩམས།
དགེ་བཤེས་དབྱ་འདུལ་རྣམ་རྒྱལ་གྱིས་བསྒྱུར།

ཨེ་ཨོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ཡས་རིམ།
ཚན་རིག་གི་ཕྱོགས་འགྲེའི་སློབ་དེབ།

(སློབ་དེབ་འདི་ཨེ་སྨོར་དིའི་སློབ་དཔོན་རྣམས་ཀྱིས་རྩོམ་སྒྲིག་མཛད་ཅིང་། ཨེ་སྨོ་དི་དང་བོད་ཀྱི་དབེ་མཛོད་ཁང་གིས་ཀྱི་བོད་འགྱུར་མཉན་ཆྱེན་བསྒྲིགས།)
བཅ་བསྒྲན་བདག་དབང་། ༢༠༡༧ ཨེ་སྨོ་དི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་།
བོད་འགྱུར་བཅ་བསྒྲན་བདག་དབང་། ༢༠༡༧ ཨེ་སྨོ་དི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་།
འདི་ཅི་རྒྱ་གར་རྣ་བམ་ས་ལང་ཡོད་བའི་བོད་ཀྱི་དབེ་མཛོད་ཁང་དང་། ཨ་རི་ཨེ་ཇོ་ཡ་མངའ་སྡེའི་ཐྲོན་ཁྲིར་ཨེ་ཏི་ལན་ཊ་ཡོད་བའི་ཨེ་སྨོ་དི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་གིས་མཉམ་འབྲེལ་ལས་གཞི་ཞིག་ཡིན།

A joint project of the Library of Tibetan Works and Archives, Dharamsala, India and Emory University, Atlanta, Georgia.

རྩོམ་ཕྱེས་པ།	སློང་དཔོན་ཨ་དེ་ཨཡི་ཇོན།
ཡིག་སྒྱུར་བ།	དགེ་བཤེས་དབྱ་འདུལ་རྣམ་རྒྱལ།
འགྱུར་ཡིག་ཞུ་དག་པ།	དགེ་བཤེས་ལྷག་རྩོད། བཀྲོན་འགྲུས་བསམ་འཛེལ། ཀཱན་བསྟན་འཇིན།
རྒྱབ་ཞོག་དང་ཌྲས་འགོད།	བསྟན་འཛིན་མིག་དམར།

Written and organized by:	Dr. Arri Eisen
Translated by:	Geshe Dadul Namgyal
Translation Reviewed by:	Geshe Lhakdor, Tsondue Samphel, and Karma Tenzin
Layout and design by:	Tenzin Migmar
Printed by:	Norbu Graphics, New Delhi

The cover picture is of Christiane Nüsslein-Volhard, a German biologist and Nobel Laureate.
རྒྱབ་ཞོག་སྐེད་ཀི་བཅ་དིས་དེ་ནོ་བེལ་ཀཱ་ཐཟེངས་ཀཱས་བཞེས་སྐྱོང་བའི་ཌངས་མནན་གྱི་སྐྱེ་དངོས་ཚན་དིག་པ་ཡྱམ་ཀི་དིས་ཡི་ཡན་ ཏས་ལེན་ ཟླ་ལ་ཏཔཔ་ཞུ་བ་དེ་རེད།

ཀྲོན་ཚེད་དང་ལེགས་གསོལ།

Foreword and acknowledgements

THE DALAI LAMA

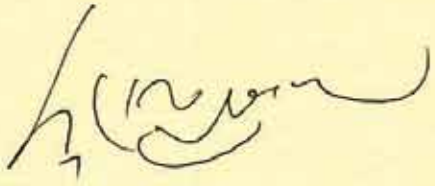
FOREWORD

Despite their obvious differences, science and Buddhism share several key features in common. Both are committed to empirical observation, the testing of hypotheses, avoiding blind adherence to dogma, and cultivating a spirit of openness and exploration. Most importantly, Buddhism and science share as a fundamental aim the contribution they can make to humanity's well-being. While science has developed a deep and sophisticated understanding of the material world, the Buddhist tradition has evolved a profound understanding of the inner world of the mind and emotions and ways to transform them. I have no doubt that improving collaboration, dialogue and shared research between these two traditions will help to foster a more enlightened, compassionate, and peaceful world.

I have long supported the introduction of a comprehensive science education into the curriculum of the traditional Tibetan monastic educational system. When I first heard that Emory University proposed to develop and implement such a science education program for Tibetan monks and nuns in collaboration with the Library of Tibetan Works and Archives, I thought it would take many years. When I visited Emory University in October 2007, I was genuinely surprised to be presented with the first edition of a science textbook for Tibetan monks and nuns, the result of more than a year's work by a team of dedicated scientists and translators at Emory.

By extending the opportunities for genuine dialogue between science and spirituality, and by training individuals well versed in both scientific and Buddhist traditions, the Emory-Tibet Science Initiative has the potential to be of great meaning and significance to the world at large. Once more, the creation of this primer series, presented in both Tibetan and English, is a clear tribute to the commitment and dedication of all those involved in this project. With the preparation having been done with such care, I am confident that the long-term prospects for this project are bright.

I congratulate my friend Dr. James Wagner, President of Emory University, the science faculty and translators of the Emory-Tibet Science Initiative, and everyone who has lent their support to this project for achieving so much in such a short time and offer you all my sincere thanks.



4 October 2010

Translation

THE DALAI LAMA

ཐོན་སྐྱེད།

ཚན་རིག་དང་ནང་ཆོས་གཉིས་དབར་མཚོན་གསལ་འདོད་པའི་ཁྱད་པར་ཡོད་པ་དེ་ལྟར་ཡང་། འདི་གཉིས་ཀར་གནད་ཆེ་བའི་ཁྱད་ཆོས་ཐུན་མོང་བ་ཡང་མང་དག་ཅིག་ཡོད་པ་སྟེ། ཕྱོགས་གཉིས་ཀས་རྒྱུད་བ་མཚོན་ཤུམ་ལ་བརྟེན་པའི་འཚོལ་ཞིབ་བྱེད་པ་དང་། ཚོད་རྩིས་ལ་དངོས་བཞེར་བྱེད་པ། ལྟ་གྲུབ་ལ་རྫོངས་ཞེན་སྤོང་བ། དཀྱིལ་ཡངས་དང་འཚོལ་ཞིབ་ཀྱི་སྙིང་སྟོབས་སྐྱེད་པ་བཅས་ལ་ཚད་འཛིན་བྱེད་པ་དེ་རེད། དེ་བས་ཀྱང་གལ་ཆེ་བ་ཞིག་ནི་ནང་ཆོས་དང་ཚན་རིག་གཉིས་ཀར་མིའི་རིགས་ཀྱི་བདེ་ཐབས་ཐད་དང་རྒྱུས་གང་ཡོད་ཀྱིས་ཞབས་འདེགས་ཞུ་རྒྱུའི་གཞི་རྩའི་དམིགས་ཡུལ་འདི་གཅིག་མཚུངས་སུ་ཡོད་པ་དེ་རེད། ཚན་རིག་ལ་ཕྱིའི་དངོས་པོའི་འཛིག་རྟེན་ཐད་ལ་གཉིད་རྫུགས་མིང་གཞན་དྲིང་མི་འཛོག་པའི་གོ་རྟོགས་མིག་རྙེད་ཡོད་པ་དང་དུས་མཚུངས་སུ། ནང་པའི་ལྟ་གྲུབ་ལ་ཡང་ནང་སེམས་ཀྱི་འཛིག་རྟེན་དང་སྦྱོང་ཚོར། དེ་དག་བློ་སྦྱོང་བྱེད་ཐབས་སོགས་ཀྱི་ཐད་ལ་ཟབ་ཅིང་བརླིང་བའི་གོ་རྟོགས་རྙེད་ཡོད། དེར་བརྟེན། སློབ་གསོ་འདི་གཉིས་དབར་གྱི་མཉམ་ལས་དང་། བགྲོ་གླེང་། མཉམ་དཔྱོད་ཀྱི་བྱ་གཞག་སོགས་གོང་འཕེལ་གཏོང་བ་བརྒྱུད་ནས་ད་ལྟ་ལས་ཀྱང་གོ་རྟོགས་གསལ་ཞིང་། སྙིང་རྗེས་ཁྱབ་པ། ཞི་བདེ་ཅན་གྱི་འཛིག་རྟེན་ཞིག་བསྐྲུན་ཐུབ་པར་ང་ལ་ཐེ་ཚོམ་མི་འདུག

བོད་ཀྱི་དགོན་སྡེ་ཁག་གི་རྒྱུན་སྲོལ་ཤེས་ཡོན་ལས་ལུགས་ཀྱི་སློབ་ཚན་ཁྲོད་དུ་ཚན་རིག་གི་སློབ་ཚན་ཆ་ཚང་བ་ཞིག་ངོ་སྤྲོད་བྱེད་རྒྱུའི་ཐད་ལ་ངས་དུས་ཡུན་རིང་པོ་ཞིག་ནས་རྒྱབ་སྐྱོར་བྱས་པ་ཡིན། དང་ཐོག་ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་དང་བོད་ཀྱི་དཔེ་མཛོད་ཁང་གཉིས་མཉམ་འབྲེལ་གྱིས། བོད་ཀྱི་གྲྭ་བཙུན་རྣམས་ལ་ཚན་རིག་སློབ་སྦྱོང་གི་ལས་རིམ་ཞིག་འཆར་འགོད་དང་ལག་བསྟར་བྱེད་རྒྱུ་ཡིན་སྐོར་ཐོས་སྐབས། དེ་ནི་ལོ་མང་འགོར་རེས་ཀྱི་ལས་གཞི་ཞིག་རེད་བསམས་བྱུང་། དེ་ནས་༢༠༠༧ལོའི་ཟླ་༡༠ པའི་ནང་ང་རང་ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་ལ་བསྐྱོད་སྐབས། ལོ་གཅིག་ལྷག་ཙམ་གྱི་དུས་ཡུན་ནང་ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གྲྭའི་ཆེད་ལས་ཚན་རིག་པ་རྣམས་དང་ལོ་ཙཱ་བ་རྣམས་ཀྱིས་འབད་པ་བྱས་པའི་གྲུབ་འབྲས་ཏེ། གྲྭ་བཙུན་རྣམས་ལ་ཆེད་དུ་བསྒྲིགས་པའི་ཚན་རིག་སློབ་དེབ་ཐོག་མ་དེ་བསྟན་བྱུང་བས། དགོས་གནས་ཡིད་མ་ཆེས་པ་ལྟ་བུ་ཞིག་བྱུང་།

ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་འདིས་ཚན་རིག་དང་ནང་དོན་རིག་པའི་དབར་དོན་དམ་གྱི་བགྲོ་གླེང་ཡོང་བའི་གོ་སྐབས་བསྐྲུན་པ་དང་། ཚན་རིག་དང་ནང་རིག་པ་གཉིས་ཆར་བྱུང་རྩུབ་པའི་སྐྱེ་བོ་སྐྱེད་སྲིང་བྱེད་པ་བཅས་བརྒྱུད་ནས། འཛམ་གླིང་སྤྱི་ལ་གལ་འགངས་ཆེ་བ་དང་དོན་སྙིང་ལྡན་པའི་ལས་རིམ་ཞིག་ཏུ་འགྱུར་པའི་ནུས་པ་ལྡན་ཡོད། ད་ཆ་སྔར་ཡང་བོད་དབྱིན་ཤན་སྦྱར་དུ་ཡོད་པའི་ཚན་རིག་གི་ཐོན་འཕྲོའི་སློབ་དེབ་འདི་དག་བསྒྱུར་སྒྲུན་ཐུབ་པ་འདིས། ལས་རིམ་འདིར་གཏོགས་པའི་སྐྱེ་བོ་ཀུན་གྱི་ཚོད་སེམས་དང་ལྷག་བསམ་གྱི་ཆེ་བ་གསལ་བོར་མཚོན་པ་ཞིག་རེད། འདི་ལྟའི་དོ་ཁུར་ཆེན་པོས་གྲུ་སྒྲིག་བྱས་པས། ལས་རིམ་འདིའི་འབྱུང་འགྱུར་ནི་འོད་སྣང་ལྡན་པ་ཞིག་ཏུ་འགྱུར་རྒྱུར་ང་ལ་གདེང་ཚོད་འདུག

ངས་རང་ཉིད་ཀྱི་གྲོགས་པོ་ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་གི་གཙོ་འཛིན་སྐུ་ཞབས་ཛེམ་སེ་ཝེག་ནར་དང་། ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་གྱི་ཚན་རིག་སློབ་དཔོན་རྣམས་པ། ལོ་ཙཱ་བ་རྣམས་པ། གཞན་ཡང་ལས་རིམ་འདི་ཉིད་ལ་རྒྱབ་སྐྱོར་གནང་མཁན་ཡོངས་ལ་དུས་ཡུན་ཐུང་ཐུང་འདི་འདྲ་ཞིག་གི་ནང་དུ་འདི་ལྟའི་ལེགས་གྲུབ་བྱུང་བར་ལེགས་གསོལ་དང་ཐུགས་རྗེ་ཆེ་ཞུ་རྒྱུ་ཡིན།

ཏཱ་ལའི་བླ་མ།

༢༠༡༠ ལོའི་ཟླ་༡༠ ཚེས་༩ ཉིན།

EMORY

Office of the President

Education is one of the most potent tools we have for ensuring a better world for ourselves and for generations to come. To be truly effective, however, education must be used responsibly and in service to others. This ideal of an education that molds character as well as intellect is the vision on which Emory University was founded, and the challenges of our time show that the need for such education is as great as ever.

This vision is one that His Holiness the Dalai Lama shares deeply, and it is the reason for the close relationship that has emerged between His Holiness and Emory over the past two decades. On October 22, 2007, it was my pleasure and privilege to welcome His Holiness to Emory to be installed as Presidential Distinguished Professor and to join our community as a most distinguished member of our faculty.

The interdisciplinary and international nature of the Emory-Tibet Science Initiative, the most recent and ambitious project of the Emory-Tibet Partnership, is an example of Emory University's commitment to courageous leadership for positive transformation in the world. This far-reaching initiative seeks to effect a quiet revolution in education. By introducing comprehensive science instruction into the Tibetan monastic curriculum, it will lay a solid foundation for integrating insights of the Tibetan tradition with modern science and modern teaching, through genuine collaboration and mutual respect. The result, we trust, will be a more robust education of both heart and mind and a better life for coming generations.

The Emory-Tibet Partnership was established at Emory in 1998 to bring together the western and Tibetan traditions of knowledge for their cross-fertilization and the discovery of new knowledge for the benefit of humanity. This primer and its three companion primers are splendid examples of what can be accomplished by the interface of these two rich traditions. We at Emory University remain deeply committed to the Emory-Tibet Science Initiative and to our collaboration with His Holiness and Tibetan institutions of higher learning.

To the monastic students who will benefit from these books, I wish you great success in your studies and future endeavors.

James W. Wagner
President

Emory University
Atlanta, Georgia 30322

Translation

EMORY | Office of the President

ཤེས་ཡོན་ནི་ང་ཚོ་རང་ཉིད་དང་རྗེས་རབས་པ་དག་ལ་འཚོ་གནས་ཀྱི་ཁོར་ཡུག་ལེགས་པོ་ཞིག་བསྐྲུན་པར་ཁག་ཐེག་བྱེད་པའི་ལག་ཆ་གལ་ཆེ་ཤོས་གྲས་ཤིག་ཡིན། དེ་ལྟ་ནའང་། ཤེས་ཡོན་དེ་ཉིད་དོན་དམ་པའི་ནུས་ལྡན་ཞིག་ཏུ་བསྒྱུར་བ་ལ་དེ་ཉིད་དཀའ་འཁུར་གྱི་བསམ་པས་ཐེན་ཞིང་གཞན་ཕན་གྱི་ཆེད་དུ་བཀོལ་དགོས་པ་ཡིན། ཀུན་སྤྱོད་དང་རིག་སྟོབས་གཉིས་ཀ་ལེགས་པར་སྦྱོང་བའི་ཡུལ་ལྗོངས་གི་ཤེས་ཡོན་དེ་འདྲ་ཞིག་སྤེལ་རྒྱུ་ནི་ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་འདི་བཙུགས་པའི་ཐུགས་བསམ་ཡིན་ཡང་ཚོའི་ད་ལྟའི་དཀའ་རྙོག་དག་གིས་དེ་ལྟའི་ཤེས་ཡོན་གྱི་རྣམ་པ་དེ་ནི་དུས་ཀུན་ཏུ་དགོས་མཁོ་ཆེན་པོ་ཞིག་ཡིན་པ་སྟོན་བཞིན་ཡོད།

འདི་ནི་༸སྤྱི་ནོར་༸གོང་ས་ཏཱ་ལའི་བླ་མ་མཆོག་གིས་ཀྱང་གཙིགས་སུ་བཟུང་བའི་ཐུགས་བསམ་ཞིག་ཡིན་ལ། འདས་པའི་བགྲང་བྱ་བཅུ་ཕྲག་གཉིས་སྔག་གི་རིང་ལ་༸གོང་ས་མཆོག་དང་ཨེ་མོ་རི་གཉིས་དབར་འབྲེལ་བ་ཟབ་མོ་ཞིག་བྱུང་བའི་རྒྱུ་མཚན་ཡང་འདི་ཉིད་ཡིན། སྤྱི་ལོ་ ༢༠༠༧ ལོའི་ཟླ་༡༠ ཚེས་ ༢༢ ཉིན་༸གོང་ས་མཆོག་ཨེ་མོ་རིའི་ཁྱད་འཕགས་གཙུག་ལག་སློབ་དཔོན་ཆེན་མོར་མངའ་གསོལ་དང་། ང་ཚོའི་ཚོགས་སྡེ་འདིའི་ཆེས་ཁྱད་དུ་འཕགས་པའི་སློབ་དཔོན་དུ་བཞུགས་པར་ཐེབས་བསྒྲུ་ཞུ་ཐུབ་པ་བྱུང་བ་ནི་བདག་གི་སྤྲོ་སྣང་དང་བསོད་ནམས་ཡིན།

ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་མཐུན་ཚོགས་ཀྱི་ཆེས་གསར་པ་དང་ཆེས་མངོན་འདོད་ཆེ་བའི་ལས་རིམ་སྟེ། ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་འདིའི་རིག་གཞུང་སྣ་མང་དང་རྒྱལ་སྤྱིའི་རང་བཞིན་གྱི་རྣམ་པ་འདི་ནི་འཛམ་གླིང་འདི་ཉིད་ལེགས་ཕྱོགས་སུ་ཁ་ཕོ་བསྒྱུར་བར་སྙིང་སྟོབས་ཆེན་པོས་སྣེ་ཁྲིད་རྒྱུའི་ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་གི་ཚོད་སེམས་མཚོན་པའི་དཔེ་མཚོན་ཞིག་ཡིན། ཕྱོགས་རྒྱང་རིང་བའི་ལས་རིམ་འདིས་ཤེས་ཡོན་གྱི་ལོ་རྒྱུས་ཁྲོད་དུ་གསར་བརྗེ་འཇམ་པོ་ཞིག་བསྐྲུན་པར་སྙེག་གིན་ཡོད། བོད་ཀྱི་དགོན་སྡེའི་སློབ་གསོའི་ཁྲོད་དུ་ཚན་རིག་གི་སློབ་ཚན་ཆ་ཚང་བ་ཞིག་ངོ་སྤྲོད་བྱེད་པ་འདིས། དོན་དམ་པའི་མཉམ་ལས་དང་ཕན་ཚུན་བརྩི་བཀུར་བྱེད་པ་བརྒྱུད། དེང་རབས་ཚན་རིག་དང་དེང་རབས་སློབ་ཁྲིད་ཐབས་ལམ་གཉིས་བོད་ཀྱི་སྲོལ་རྒྱུན་རིག་གནས་ཀྱི་ལེགས་བྱང་དག་དང་འགལ་མེད་གྲོགས་སུ་འཁྱེར་བར་རྨང་གཞི་བརྟན་པོ་ཞིག་འདིང་ངེས་རེད། འདིའི་མཇུག་འབྲས་སུ་བྱམས་བརྩེ་དང་རྣམ་དཔྱོད་གཉིས་ཀ་ཕྱུར་བས་ཀྱང་ལེགས་པར་སྦྱོང་བའི་སློབ་གསོ་ཞིག་བཀོད་སྒྲིག་འཛོན་རྒྱུ་དང་། འབྱུང་འགྱུར་མི་རབས་དག་གི་འཚོ་བ་རྗེ་ལེགས་སུ་འགྱུར་རྒྱུ་ཡིན་པར་ང་ཚོས་ཡིད་ཆེས་བྱེད་ཆོག

ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་མཐུན་ཚོགས་འདི་ནི་འགྲོ་བ་མིའི་ཕན་ཐབས་ཀྱི་ཆེད་དུ་ནུབ་ཕྱོགས་དང་བོད་ཀྱི་སྲོལ་རྒྱུན་ཤེས་བྱ་གཉིས་གཞི་གཅིག་ཏུ་འཛོམས་ནས་ཕན་ཚུན་ལེགས་ཆ་སྤེལ་རེས་དང་གོ་རྟོགས་གསར་སྤེལ་བྱེད་པའི་ཆེད་སྤྱི་ལོ་༡༩༩༨ ལོར་ཨེ་མོ་རིར་དབུ་བཙུགས་ཤིང་། སྔོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་འདི་དང་གཞན་གསུམ་པོ་དེ་ནི་སྲོལ་རྒྱུན་ཟབ་མོ་འདི་གཉིས་འབྲེལ་འདྲིས་བྱས་ན་ཅི་ཞིག་མངོན་འགྱུར་ཐུབ་མིན་གྱི་དཔེར་མཚོན་ཡུལ་ལྗོངས་ཞིག་རེད། ང་ཚོ་ཨེ་མོ་རི་ངོས་ནས་ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་འདི་དང་། ༸གོང་ས་མཆོག་དང་བོད་ཀྱི་མཐོ་རིམ་སློབ་གཉེར་ཁང་དག་དང་མཉམ་འབྲེལ་གྱི་ལས་གཞི་ཁག་ལ་ཚོད་སེམས་བརྟན་པོར་གནས་ངེས་ཡིན།

སློབ་དེབ་འདི་དག་དངོས་སུ་བེད་སྤྱོད་བྱེད་མཁན་གྱི་དགོན་སྡེའི་སློབ་ཕྲུག་དག་ལ་ངས་གོ་སྐབས་འདི་བརྒྱུད་ཁྱེད་ཚག་གི་འབྱུང་འགྱུར་གྱི་སློབ་གཉེར་ལ་གྲུབ་འབྲས་གཡུར་ཏུ་ཟ་ཞིང་བྱ་བ་ལམ་སྐྱོང་ཡོང་བའི་སྨོན་འདུན་ཞུ་བ་ཡིན།

ཇེམ་སི་ཝེག་ནར།
གཙོ་འཛིན།

Emory University
Atlanta, Georgia 30322
An equal opportunity, affirmative action university

ACKNOWLEDGEMENTS

The Robert A. Paul Emory-Tibet Science Initiative (ETSI) grew out of the longstanding vision of His Holiness the Dalai Lama and is sustained by His Holiness's continued guidance and support at every step of the way. Not only has His Holiness provided annual operational funds, but he has also provided $1 million towards the ETSI endowment fund thereby ensuring the long-term sustainability of the program. The ETSI also owes its existence to the patronage of Dr. James W. Wagner, President of Emory University, who has allocated considerable funding on behalf of Emory University and from his personal discretionary fund.

The Emory-Tibet Partnership (ETP) was established in 1998 in the presence of His Holiness the Dalai Lama through the collaborative vision and work of Dr. Robert Paul and Geshe Lobsang Tenzin Negi. ETSI is the most ambitious project to grow out of the Emory-Tibet Partnership, and in 2010 ETSI was renamed the Robert A. Paul Emory-Tibet Science Initiative in honor of Dr. Paul's visionary leadership and guidance. We express our heartfelt thanks to both these individuals for helping to establish the many programs of the Emory-Tibet Partnership, including ETSI.

We gratefully acknowledge Geshe Lhakdor, Director of the Library of Tibetan Works and Archives, Dharamsala, India, whose leadership has been invaluable to the establishment and development of this initiative.

The project would also not have been possible without the support of Dr. Gary Hauk, Vice President and Deputy to the President at Emory University, who has guided ETP from the beginning and continues to be one of ETSI's strongest supporters. Additionally, ETSI is greatly indebted to Dr. Robin Forman, Dean of Emory College of Arts and Sciences, for providing critical resources and faculty from Emory College, which houses this initiative, to assist the ongoing development and implementation of the ETSI.

We thank also the ETSI science faculty, who have worked tirelessly to develop the science textbooks and who have traveled to India each summer to teach the science intensives, and the ETSI science translators who have given of their skills and time to contribute an entirely new scientific vocabulary to the Tibetan literary tradition and lexicon. In particular, Drs. Carol Worthman, Arri Eisen, John Malko, and Mark Risjord, team leaders for neuroscience, biology, physics, and philosophy of science respectively, oversee all of the curricular aspects of the ETSI and have been integral to any success experienced by the ETSI. Additionally, the principal ETSI translators, Tsondue Samphel and Geshe Dadul Namgyal oversee the entire translation of all ETSI materials, and with the assistance of ETSI staff members Michael Romano and Carol Beck, manage logistics for the production of the video lectures and textbooks. Without this dedicated team of exceptional faculty members and translators, the ETSI would not be where it is today.

Along with the hard-working staff of the Emory-Tibet Partnership, everyone has labored far beyond the call of duty, showing time and again that their efforts are not only work, but also an act of love.

ལེགས་གསོལ།

རོ་སྦྲར་ཏེ་ཨེ་པློལ་ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་འདི་ནི་༧སྤྱི་ནོར་༧གོང་ས་སྐྱབས་མགོན་ཆེན་པོའི་ཐུགས་ཡུན་རིང་པོའི་འཆར་སྣང་ཕྱིར་མངོན་དུ་ཕྱུར་པ་ཞིག་ཡིན་ཞིང་། འདིའི་བརྒྱུད་རིམ་གྱི་གོམ་སྟབས་རེ་རེར་ཡང་ཁོང་གི་རྒྱུན་ཆད་མེད་པའི་ལམ་སྟོན་དང་རྒྱབ་སྐྱོར་གྱི་ཚན་ཁས་བརྒྱན་ཡོད། ༧གོང་ས་མཆོག་གིས་ལས་རིམ་འདིའི་ལོ་རེའི་འགྲོ་གྲོན་ཐད་རོགས་དངུལ་གསོལ་སྩལ་གནང་ཡོད་པར་མ་ཟད་ལས་རིམ་གྱི་ཐེབས་རྩར་དམིགས་ཏེ་ཨ་སྒོར་ས་ཡ་གཅིག་གསོལ་སྩལ་བཀའ་དྲིན་ཆེ་བས་ལས་གཞི་འདི་ཡུན་རིང་དོན་འཁྱོལ་ཡོང་བར་ངེས་གཏན་གནང་ཡོད། ལས་རིམ་འདིར་ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་གི་གཙོ་འཛིན་སློབ་དཔོན་ཛེམ་སེ་ཝེག་ནར་མཆོག་གིས་ཀྱང་གཟིགས་པ་ཆེན་པོས་རོགས་མགོན་གནང་ཡོད་པ་ནི། ཁོང་གིས་ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་གི་ངོ་ཚབ་ཀྱི་ངོས་ནས་དང་། ཡང་ཁོང་སྐུ་སྒེར་གྱི་ངོས་ནས་ཀྱང་རང་གི་ཐུགས་འདོད་ལྟར་སྤྱོད་ཆོག་པའི་མ་དངུལ་གྱི་ཁོངས་ནས་ད་བར་རོགས་དངུལ་ཡོན་ཆེན་གནང་ཡོད།

དེ་ཡང་སློབ་དཔོན་རོ་སྦྲར་ཏེ་པློལ་དང་ཁུ་ནུ་དགེ་བཤེས་བློ་བཟང་བསྟན་འཛིན་རྣམ་གཉིས་ནས་ལོ་མང་མཉམ་རུབ་ཀྱིས་འཆར་འགོད་དང་ཕྱག་ལས་གནང་བ་བརྒྱུད་ཕྱི་ལོ་ ༡༩༩༨ ལོར་༧གོང་ས་མཆོག་གི་མདུན་སར་ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཐུན་མོང་ཞེས་པའི་ལེའུ་གསར་པ་ཞིག་ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་དུ་འགོ་འཛུགས་གནང་ཞིང་། ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་འདི་ཉིད་ཐུན་མོང་དེའི་ལས་འཆར་སྣ་མང་ཁྲོད་ནས་དམིགས་འདུན་ཆེ་ཤོས་ཀྱི་ལས་རིམ་ཞིག་ཡིན་ལ། ཕྱི་ལོ་ ༢༠༡༠ ལོར་སློབ་དཔོན་པློལ་གྱི་གཟིགས་རྒྱང་རིང་བའི་དབུ་ཁྲིད་དང་ཞལ་ཏ་གནང་བ་བཅས་ལ་ཆེ་མཐོང་འབུལ་ཆེད་ཚན་རིག་གི་ལས་རིམ་འདིར་རོ་སྦྲར་ཏེ་ཨེ་པློལ་ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་ཞེས་པའི་མིང་གསར་དུ་བཏགས། ཚན་རིག་ལས་རིམ་འདི་ཐེ་བའི་ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཐུན་མོང་གི་ལས་འཆར་མང་དག་ཅིག་གསར་འཛུགས་གནང་བར་ང་ཚོས་ཁོང་རྣམ་པ་གཉིས་ལ་སྙིང་ཐག་པ་ནས་ཐུགས་རྗེ་ཆེ་ཞུ་རྒྱུ་ཡིན།

ང་ཚོས་ཧ་ས་བོད་ཀྱི་དཔེ་མཛོད་ཁང་གི་དབུ་འཛིན་དགེ་བཤེས་ལྷག་རྡོར་མཆོག་ལ་འདང་བཀའ་དྲིན་བསམ་ཤེས་ཆེན་པོས་ཡི་རངས་ཞུ་རྒྱུ་ཡིན། ཁོང་གི་རིན་ཐང་བྲལ་བའི་དབུ་ཁྲིད་ལམ་སྟོན་ནི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་འདི་བཙུགས་པ་དང་འཕེལ་རྒྱས་གཏོང་བར་ཕན་ཐོགས་རླབས་ཆེ་བྱུང་ཡོད།

ཐོག་མར་འགོ་བཙུགས་པ་ནས་བཟུང་ཐུན་མོང་དེར་ལམ་སྟོན་གནང་བར་མ་ཟད། ཚན་རིག་ལས་རིམ་འདིར་ཟླ་མཐུད་དེ་རྒྱབ་སྐྱོར་ཤུགས་ཆེ་ཤོས་གནང་མཁན་གྲས་ཀྱི་གཅིག་ནི་ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་གི་གཙོ་འཛིན་གཞོན་པ་དང་གཙོ་འཛིན་རོ་ཚབ་གཅིག་ཕྱོགས་སློབ་དཔོན་གྷེ་རི་ཧྭོག་ཡིན་ཞིང་། ཁོང་གི་རྒྱབ་སྐྱོར་རོགས་འདེགས་མེད་པར་ལས་འཆར་འདི་གྲུབ་མི་ཐུབ་པ་ལྟ་བུ་ཡིན། དེའི་ཐོག་ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་གི་ཚན་རིག་དང་སྒྱུ་རྩལ་མཐོ་སློབ་ཀྱི་འགན་འཛིན་སློབ་དཔོན་རོ་བྷིན་ཕོར་མན་གྱིས་ཚན་རིག་ལས་རིམ་འདིའི་རྒྱུན་ཆགས་པའི་མདུན་སྐྱོད་ལག་ལེན་གྱི་རིམ་པ་བཅས་ལ་ཨེ་མོ་རི་མཐོ་སློབ་ཀྱི་ངོས་ནས་འགངས་ཆེའི་ཆ་རྐྱེན་དང་སློབ་དཔོན་གྱི་མཐུན་རྐྱེན་སྦྱོར་བའི་སྒོ་ནས་ཚན་རིག་ལས་རིམ་འདིར་དྲིན་གྱིས་སྐྱོང་བཞིན་ཡོད།

ཚན་རིག་གི་སློབ་དེབ་ཐེབ་ཕྱེང་བའི་རྩོམ་སྒྲུབ་བྱ་བར་ངལ་བ་སྟོས་མེད་ཀྱིས་འབད་རྩོལ་གནང་དང་གནང་མུས་ཐོག་ལོ་རེ་བཞིན་དབྱར་དུས་སུ་ཚན་རིག་སློབ་ཁྲིད་ཆེད་རྒྱ་གར་ལ་ཆེད་ཕེབས་གནང་བཞིན་པའི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་གྱི་སློབ་དཔོན་རྣམས་དང་། རྣམ་དཔྱོད་དང་དུས་ཀྱི་འགྲོ་གྲོན་བཏང་སྟེ་བོད་ཀྱི་རྩོམ་རིག་སྲོལ་ལུགས་དང་ཐ་སྙད་ཀྱི་ཚོགས་ལ་ཚན་རིག་གི་བརྡ་ཆད་གསར་པའི་ཞབས་འདེགས་ཞུ་བཞིན་པའི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་གྱི་ལོ་ཙཱ་རྣམས་ལ་འདང་ཐུགས་རྗེ་ཆེ་ཞུ་འདོད་མཆིས། ཁྱད་པར་དུ་རིམ་པ་བཞིན་དབང་རྩ་ཚན་རིག་དང་། སྐྱེ་དངོས་རིག་པ། དངོས་ཁམས་རིག་པ། ཚན་རིག་གི་ལྟ་གྲུབ་རིག་པ་བཅས་ཀྱི་སྡེ་ཚན་འགན་འཛིན་སློབ་དཔོན་ཁེ་རོལ་ཝོ་ཐི་མན་དང་། ཨ་རི་ཨ་ཡི་སོན། ཇོན་ནུལ་ཀོ། མཀྭ་རེ་སི་ཇོ་ཊ་བཅས་ནས་ཚན་རིག་ལས་རིམ་གྱི་བསླབ་གཞི་དང་འབྲེལ་བའི་ལས་དོན་ཀུན་ལ་ཡོངས་ཁྱབ་གཟིགས་རྟོག་གནང་ཞིང་། ལས་རིམ་འདིར་གྲུབ་འབྲས་གང་སོན་མཐའ་དག་ལ་ཁོང་རྣམ་པའི་ཕྱག་རྗེས་ཀྱིས་ཁྱབ་ཡོད། དེའི་ཐོག་ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་གྱི་ལོ་ཙཱ་བ་གཙོ་བོ་བཙོན་འགྲུས་བསམ་འཕེལ་དང་དགེ་བཤེས་དགྲ་འདུལ་རྣམ་རྒྱལ་གཉིས་ནས་ཚན་རིག་ལས་རིམ་གྱི་ཕབ་སྒྱུར་བྱ་བ་ཀུན་དང་། གཞན་ཡང་ལས་རོགས་མ་ཡི་ཁལ་རོ་མ་ཇོ་དང་ཁེ་རོལ་ཕྲིག་གཉིས་དང་ལྷན་དུ་སློབ་དེབ་དང་བརྙན་འཕྲིན་དཔར་སྐྲུན་འབྲེལ་བའི་ལས་གཞི་ཚང་མར་ཡོངས་ཁྱབ་ལྟ་སྐྱོང་གནང་བཞིན་ཡོད་པས། ལས་རིམ་འདིར་མཐའ་གཅིག་ཏུ་གཞོལ་ཞིང་རྣམ་དཔྱོད་ཁྱད་དུ་འཕགས་པའི་སློབ་དཔོན་དང་ལོ་ཙཱ་བའི་རུ་ཁག་འདི་འདྲ་ཞིག་མེད་ན་ལས་རིམ་འདི་ད་ཆ་གང་དུ་སོན་པའི་གནས་བབ་འདིར་སླེབས་ཐབས་བྲལ།

ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཐུན་མོང་གི་ལས་ལ་ཏ་ཅང་རེམ་པའི་ལས་བྱེད་རྣམས་ཐེ་བའི་གོང་གསལ་ལས་བྱེད་འདི་ཀུན་གྱིས་རྒྱུན་དུ་སོ་སོའི་ལས་བབ་ལས་བརྒལ་ཏེ་ཕྱག་ལས་གནང་བ་དང་། རང་གི་རྩོལ་བ་དེ་ཉིད་ལས་ཀའི་ངོ་བོ་ཙམ་དུ་མ་ལུས་པར་ལས་ལ་བློ་དགར་བའི་ཐོག་དགའ་སྤྲོ་འཁོལ་བཞིན་དུ་སྒྲུབ་པ་བཅས་ལ་འདང་ཡི་རངས་ཚད་མེད་ཞུ།

We thank all those who have contributed the financial support needed to operate ETSI and ensure its long-term sustainability. We are particularly indebted to Joni Winston for her long-term generous support to ETSI and for her unwavering conviction in the worth of this endeavor. Funding for ETSI has also come from Emory University and Emory College, including the Office of Global Strategy and Initiatives.

Generous support has also come from:

- The Dalai Lama Trust
- The Joni Winston Fund
- The John Templeton Foundation
- Judith McBean Foundation
- Lostand Foundation
- Jaynn Kushner
- Drepung Loseling Monastery, Inc., Atlanta, Georgia

We would also thank these individuals for their guidance and advice:

- Dr. Gary Hauk, Vice President and Deputy to the President, Emory University
- Geshe Thupten Jinpa, Principal English Language Translator for H.H. the Dalai Lama and President, Institute of Tibetan Classics
- Geshe Lhakdor, Director, Library of Tibetan Works and Archives
- Dr. Alan Wallace, President, Santa Barbara Institute
- Dr. Preetha Ram, former Associate Dean for Pre-Health and Science Education, Emory University
- Dr. Arthur Zajonc, former President, Mind and Life Institute
- Dr. Richard Davidson, Director, Center for Investigating Healthy Minds, University of Wisconsin, Madison
- Dr. Robert A. Paul, Charles Howard Candler Professor of Anthropology and Interdisciplinary, Emory University
- Geshe Lobsang Tenzin Negi, Director of Emory-Tibet Partnership, Emory University

We would like to thank the venerable abbots and the administration of the Tibetan monastic institutions for embracing the ETSI curriculum and incorporating this material into the Tibetan monastic core curriculum. Lastly, we thank the highly dedicated monastic students of the Emory-Tibet Science Initiative, who are not only beneficiaries, but also essential collaborators in the success of this program. May the knowledge that they gain through this program and these materials benefit them greatly, and through them, all of humankind.

ཚན་དེ་གི་ཀི་ལས་དེམ་ཁག་ལག་བསྟར་བྱེད་པར་དང་། ལས་འཚར་འདི་ཉིད་ཡུན་གནས་རྒྱུན་འཁྱོངས་ཡོང་བར་མེད་ཐབས་མེད་པའི་རོགས་དྲྭལ་གྱི་མཐུན་གྱུར་གནང་མཁན་ཡོངས་ལ་ང་ཚོས་བཀའ་དྲིན་ཆེ་བའི་ཞེགས་གསོལ་ཁུ་ཡིན། དམིགས་སུ་བཀར་ནས་ཕྱམ་ཇོ་ཤེ་སི་ཀོན་ཀྱིས་ཡུན་དིང་གཉིས་ཙོད་ཆེན་བོས་ཚན་དེ་ལས་དེམ་འདིར་རྒྱབ་སྐྱོང་གནང་བ་དང་། ལས་དོན་ཀྱི་དིན་ཐང་ཡོ་བ་མེད་པའི་ཡིད་ཆེས་བརྟན་བོ་གནང་བའི་བཀའ་ངྲིན་རྣམས་ང་ཚོས་རྟག་ཏུ་བན་བཞིན་ཡོད། ཤེ་མོ་དེ་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་དེ་ག་ལས་དེམ་འདིར་ཤེ་མོ་དེ་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་ལས་ཀྱང་ཁེ་ཕན་ཆུད་པའི་ཤེ་མོ་དེའི་མཐོ་སློབ་བཅས་ནས་ཀྱང་རོགས་དྲྭལ་ཐོབ་ཡོད། གཞན་ཡང་ལས་དེམ་འདིར་གཏོང་ཚེད་ཆེ་བའི་རོགས་སྐྱེད་གང་ལས་གྲུབ་པའི་ཚེ་ལཱ་ཤུ་ཁང་ཞེས་བྱ་ཚང་ཏེ་ཡིན།

- ཀུ་ལའི་བླ་མའི་ཐེབས་རྟ།
- རོ་ཇེ་ཕྱེན་སི་ཀོན་ཐེབས་རྟ།
- ཇོན་ཏེཝ་པལ་ཀོན་དགེ་རྟ།
- ཏུ་ཀི་ཐེ་མེག་ཉེན་དགེ་རྟ།
- ཚ་སི་ཀན་དགེ་རྟ།
- འཇེན་ཀུ་ཤི་ཅར།
- ཇོར་ཌི་ཡ་མངའ་སྡེའི་ཨེ་ཀི་ལན་ཀ་ཐོང་ཁྲེར་ཏུ་རྐེན་གཞི་བྱས་པའི་འབྲས་བུས་བློ་གསལ་གྱིང་ཚང་གི་ཚོས་ཚོགས་བཅས་ཡིན།

ང་ཚོར་ལམ་སྟོན་དང་སློབ་གསོ་གཅང་མཁན་གཤམ་གསལ་ལའང་བྱེད་རྣམས་ལའང་བྱུང་ཚེ་ཁྱབ་སྟེ་ཆེ་ཁུ་སྟེ།

- ཨེ་ཆོ་དེ་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཀྲིར་གི་གཙོ་འཛིན་གཞིན་པ་དང་གཙོ་འཛིན་ངོ་ཚབ་གཅིག་སྟོགས་སློབ་དབོན་ཆེ་དེ་དགེ།
- ལཱཔྷི་ཆོར་ཀོང་ས་སྐྱབས་མགོན་ཆེན་བོ་མཚོག་གི་དབྱིན་སྐད་གསུང་སྐྱོང་གཙོ་འཛིན་ངོ་ཚབ་གཅིག་སློབ་དབོན་ཆེ། བོད་ཀྱི་གཙུག་ལག་ཁང་ཞིབ་དབྱིད་ཀྲིར་གི་གཙོ་འཛིན་དགེ་བཤེས་བྱབ་བསྟན་སྦྱིན།
- ཧ་ས་བོད་ཀྱི་དབེ་མཛོད་ཀྲིར་གི་གཙོ་འཛིན་རྩོལ་གི་ཨ་ཀུ།
- ཤན་ལ་ཐྲབ་ཐུ་འའི་སློབ་གཉེར་ཀྲིར་གི་གཙོ་འཛིན་སློབ་དབོན་ཤེ་ལན་ལྷ་ཤེ་སི།
- ཤེ་ཆོ་དེ་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཀྲིར་གི་ལཕྱོད་བསྟེན་ཚོར་ལའི་དང་ཚན་དེ་གེས་ཡོན་ཀྱི་ལཁན་འཇེན་ལས་རོགས་རྒྱབ་པ་ཀོག་ལར་པིར་ཐ་རྣམ།
- སེམས་དང་སྒོག་གི་བསྟེ་གནས་ཀྲིར་གི་གཙོ་འཇེན་རྒྱབ་པ་ཀོག་ཀོར་ཤར་ཐབ་ཡོང་།
- ཆེ་ཀྱི་སོན་ཏུ་ཡོད་ཡའི་ཤ་ཐི་ཁོན་སི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཀྲིར་གི་བདེ་ཐང་སེམས་ལ་ཞེབ་དབྱོད་བསྟེ་གནས་ཀྲིར་གི་དབྱ་འཇེན་ལས་རོགས་རྒྱབ་པ་ཀོག་ལར་དི་ཚང་ཀྱི། ཅ་ཤི་ཀྱི་སོན་ཏུ།
- ཤེ་ཆོ་དེ་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཀྲིར་གི་ཨི་དིགས་དིག་པ་དང་། བསྟབ་གཞི་འཇེས་ཚན་ཡའི་སློབ་གཉེར་ཚན་ལེ་སི། ཏ་ཤ་ཀྱི། ཁེན་ཀྱི་ལས་སློབ་དབོན་ཆེན་ཨོ་ཀོག་ལར་རོ་ཁྲབ་ཏེ། ཨེ། བློ་ལ།
- ཨེ་ཨོ་དེ་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཀྲིར་གི་ཨེ་ཨོ་དེ་དང་བོད་ཀྱི་ཁྱན་ཚོགས་ཀྱི་དབྱ་འཇེན་ཁྲ་ཏུ་དགེ་བཤེས་བློ་བཟང་བསྟན་འཇེན་བཅས་ཡིན།

གཞན་ཡང་དགོན་སྡེ་ཀག་གི་མཁན་དིན་བོ་ཆེ་རྣམ་པ་དང་འཇེན་སྐྱོང་ལས་སྟེར་རྣམ་པས་ཨེ་ཨོ་དེ་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་དེ་ལས་དིམ་ཀྱི་བསྟབ་གཞིའི་ཆུ་ཚ་དང་ལེན་ཀྱིས་དགོན་སྡེ་གྲྭ་ཚང་སོ་སོའི་ཆུན་ལྡན་བསྟབ་གཞིའི་ཐས་སྐུ་འཇོག་བསྟབ་གཞི་ཁག་ཏུ་ཚང་སོ་སོའི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་དེ་ལས་དིམ་ཀྱི་སློབ་གཉེར་པ་གྲྭ་བཙུན་རྣམས་ལ་ང་ཚོས་ཐུགས་རྗེ་ཆེ་ཞུ་ཆུ་ཡིན། རྒོང་རྣམས་ནི་ལས་དིམ་འདིའི་ཐབ་ཀྱེ་བཤད་ཁྲིད་ཀྱི་ཐབས་ཤེས་ཡིན་ཚུལ་ཁོ་ན་ཨིན་ལས། ལས་འཚར་འདི་ལམ་སྟོང་ཡོང་བ་མེད་པའི་ཡིད་ཆེས་བརྟན་པོ་གནང་བའི་བཀའ་ངྲིན་རྣམས་ང་ཚོས་ཐུགས་རྗེ་ཆེ་ཞུ་ཆུ་ཡིན། མཐའ་དོན་ཏུ་ཤྲག་བསམས་ཤིན་ཏུ་ཆེ་བའི་ཤེ་མོ་དེ་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་དེ་ལས་དིམ་ཀྱི་སློབ་གཉེར་པ་གྲྭ་བཙུན་རྣམས་ལ་ང་ཚོས་ཐུགས་རྗེ་ཆེ་ཞུ་ཆུ་ཡིན། ཁོང་རྣམས་ཀི་ལས་དིམ་འདིའི་ཐབ་ཐོག་བྱུ་ཡལ་ཙམ་མིན་པར། ལས་འཚར་འདི་ལམ་སྟོང་ཡོང་བར་ཁོང་རྣམས་ཤེད་ཏུ་མི་ཏུང་བའི་མཉམ་ལས་པའང་ཡིན། ལས་འཚར་འདི་དང་སློབ་ཚས་འདི་དག་ལས་ཤེས་ཡོན་གང་ཐོབ་པ་དེས་ཁོང་རྣམས་ལ་ཐུགས་ཚན་ཆེར་གྱུར་ཏེ་ཡོད་པ་ཨིན།

SUPPORT AND INSPIRATION

This primer on Development & Physiology was developed with the help of many scien-tist-educators from the Emory Tibet-Science Initiative and beyond. The teaching and development of this material involved Emory University Biology Department faculty members Arri Eisen, Rustom Antia, Chris Beck, and Alex Escobar. Arri Eisen wrote and organized most of this text with significant contributions from Rustom Antia and Alex Escobar, as well as Veronique Perrot. The interpreters in our classes and the trans-lators of this text have not simply translated words, but transformed difficult concepts from one culture to another, and have taught us professors much more than we could have imagined. The main translator of this text is Geshe Dadul Namgyal. He was assisted by Tsondue Samphel. The interpreters for our classes include Tsondue Samphel, Tenzin Sonam, Sangye Tashi, Karma Thupten, Tenzin Paldon, Nyima Gyaltsen.

Catherine Cai was vital in support of the teaching of the material and played a key role in editing this volume and in identifying and developing the complementary materials included. Jim Wynn is the glue that holds it all together.

The spiritual leaders and guiding lights of the Emory-Tibet Science Initiative are Geshe Lhakdor, Director of the Library of Tibetan Works and Archives, and Geshe Lobsang Tenzin Negi, Director of the Emory-Tibet Partnership. The seed and inspiration for this work is His Holiness the 14th Dalai Lama of Tibet.

The Emory-Tibet Science Initiative Life Sciences Team

Emory University, 2016.

ཐོག་མའི་རྒྱལ་སྲིད་དང་རྒྱབ་སྐྱོར།

ལྷས་ཀྱི་འཚང་འཕེལ་དང་ལྷས་ཁམས་གནས་ལུགས་སྐོར་གྱི་ངོ་སྤྲོད་སྲོག་དེབ་འདི་ནི་ཨེ་སོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་ཁོངས་ཀྱི་ཚན་རིག་པ་དང་ཤེས་ཡོན་ཆེད་ལས་པ་རྣམས་དང་། གཞན་ཡང་སྐྱེ་བོ་མང་དག་ཅིག་གི་རན་འདེགས་ལ་བརྟེན་ནས་བསྒྲིགས་པ་ཞིག་ཡིན། འདིའི་རྩོམ་སྒྲིག་དང་སློབ་ཁྲིད་ལས་རིམ་ནང་དངོས་སུ་ཚ་ཤས་བཞེས་མཁན་གྱས་སུ་ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་གི་སྐྱེ་དངོས་རིག་པའི་སྟེ་ཚན་གྱི་སློབ་དཔོན་སྐུ་ཞབས་ཚེས་པའི་ཇོན་དང་། ར་སི་ཀྲམ་ཨེན་ཏི་ཡ། ཀི་རི་སི་བེག ཨེ་ལེག་སི་ཨེ་སི་ཀོ་སྦར་བཅས་ཡོད། སློབ་དེབ་འདིའི་རྩོམ་འབྲི་དང་སྒྲིགས་སྒྲིག་གནང་མཁན་གཙོ་བོ་སློབ་དཔོན་ཨེ་རི་ཚ་ཡི་ཇོན་ཡིན་ལ། དེར་སློབ་དཔོན་ར་སི་ཀྲམ་ཨེན་ཏི་ཡ་དང་། ཨེ་ལེག་སི་ཨེ་སི་ཀོ་སྦར། གཞན་ཡང་ཉེ་རོ་ནེག་ཡེ་རོ་ཏ་བཅས་ནས་འབྲི་རྩོམ་གྱི་ཞལ་འདེབས་རྒྱ་ཆེ་གནང་ཡོད། སློབ་ཚན་འདི་འཛོག་གྲའི་ནང་སློབ་ཁྲིད་ཉེད་སྐབས་དང་སློབ་དེབ་ཚབ་སྒྲུར་ཉེད་སྐབས་ལོ་ཙྪ་བ་ནམས་ཀྱིས་སྒྲའི་ཐ་སྙད་ཚམ་ཐད་ཀར་ཚབ་སྒྲུར་བྱས་པ་ལྟ་བུ་མིན་པར། འདིའི་ནང་དོན་ནམ་གཞག་དཀའ་མོ་ནམས་རིག་གཞུང་གཅིག་ནས་གཞན་དུ་ཚབ་ལེན་འཚམ་སྒྲིག་འཐུས་ཚང་བྱས་པས་མ་ཟད། དེའི་བརྒྱུད་ངེད་ཙག་སློབ་དགེ་ནམས་ལའང་བསམ་ཡུལ་ལས་འདས་པའི་བློ་སྐྱེད་མང་དག་ཐོབ་ཡོད། སློབ་དེབ་འདི་དངོས་སུ་ཡིག་སྒྲུར་ཞུ་མཁན་དགེ་བཤེས་དབྱ་འདུལ་ནམ་རྒྱལ་ཡིན་ཞིང་། ཁོང་ལ་བཙོན་འགྲས་བསམ་འཚེལ་གྱིས་རམ་འདེགས་བྱས་ཡོད། སློབ་ཚན་འདི་འཛོག་ཁང་ནང་སློབ་ཁྲིད་ཉེད་སྐབས་ཀྱི་སྒྲ་སྒྲུབ་བའི་ཁོངས་སུ་བཙོན་འགྲས་བསམ་འཚེལ། བསྟན་འཛིན་བསོད་ནམས། སངས་རྒྱས་བཀྲིས། ཀཱརྨ་ཐུབ་བསྟན། བསྟན་འཛིན་དཔལ་སྒོན། ཇེ་མ་རྒྱལ་མཚན་བཅས་ཡོད་པ་རེད།

འདིའི་ནང་དོན་བསྒབ་གཞི་རྣམས་སློབ་ཁྲིད་ཉེད་སྐབས་དང་། གཞན་ཡང་སློབ་དེབ་འདིར་ཞུ་དག་དང་། འདི་ནང་གི་སྒྱོང་བརྡར་ཚན་པ་ཁག་བཟོ་སྒྲིག་གི་བྱ་བར་ལྷམ་སྐུ་ཀེ་ཕི་རེན་ཚ་ཡི་ནས་རམ་འདེགས་རྒྱ་ཆེ་གནང་ཡོད། ལས་གཞི་འདིར་འབྲེལ་ཡོད་ཀུན་དང་ཐན་ཚུན་ལས་ཀའི་ཐབས་ཤེས་ཡོན་ཏན་ཁྱད་པར་ཅན་གྱི་ཚུལ་ཁྲིམས་ཀྱི་ཁྱབ་ཁོངས་ནང་ཚུད་ཡོད་པ་རེད།

ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་འདིའི་ཐོག་མའི་ས་བོན་དང་བར་དུ་སྐུལ་ཤུགས་ཀྱི་སྐུལ་སློང་གནང་མཁན་ཤག་གཅིག་ཡུ་དེ་ནི་བོད་གངས་ཅན་ལྷོར་ས་ཤ་སྐྱས་མའོན་ཆུ་ལའི་ཐྲ་མ་སྐུ་ཁེང་བཙུ་བཞི་པ་ཆེན་པོ་མཆོག་ཡིན་པ་དང་། ལས་རིམ་འདིའི་རྒྱུན་གཏན་གྱི་ཆོས་སྲོག་སློབ་སྟོན་པ་དང་ལམ་བུ་གསལ་བའི་སློན་མེ་ནི་ཆ་ས་བོད་ཀྱི་དཔེ་མཛོད་ཁང་གི་འཁན་འཛིན་དགེ་བཤེས་ལྷག་རོད་ཡིན་ལ། ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཐུན་མོང་སློབ་དཔོན་ཨེ་རི་ཚ་ཡི་ཇོན་ཡིན་པ་དང་། ཨེ་ལེག་སི་ཨེ་སི་ཀོ་སྦར་བཅས་ཡོད།

ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་འདིའི་ཐོག་མའི་ས་བོན་དང་བར་དུ་སྐུལ་ཤུགས་ཀྱི་སྐུལ་སློང་གནང་མཁན་ཤག་ཅིག་ཡུ་དེ་ནི་བོད་གངས་ཅན་ལྷོར་ས་ཤ་སྐྱས་མའོན་ཆུ་ལའི་ཐྲ་མ་སྐུ་ཁེང་བཙུ་བཞི་པ་ཆེན་པོ་མཆོག་ཡིན་པ་དང་། ལས་རིམ་འདིའི་རྒྱུན་གཏན་གྱི་ཆོས་སྲོག་སློབ་སྟོན་པ་དང་ལམ་བུ་གསལ་བའི་སྐྱོན་མེ་ནི་རྒྱ་སོ་བོད་ཀྱི་དཔེ་མཛོད་ཁང་གི་འཁན་འཛིན་དགེ་བཤེས་ལྷག་རོད་ཡིན་ལ། ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཐུན་ཚོགས་ཀྱི་འཁན་འཛིན་དགེ་བཤེས་ལྷག་རོད་ཡིན་པ་རེད།

ཨེ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་ཀྱི་ཆེ་སྒོག་ཚན་རིག་སྟེ་ཚན་ནས།

ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་། ཟླ་ལོ་ ༢༠༡༦ ལ།

Life Sciences Primer III

Development and Physiology

ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སྔོན་འགྲེའུ་སྒོ་བ་དེ་བཞུགས་པ།

ཕུས་ཀྱི་འཚར་འཛེལ་དང་ཕུས་ཁམས་གནས་ཕུགས།

Did you ever stop to wonder how you came to be you, yourself, one biological organism composed of millions and millions of cells? How is it that your brain cells wound up in your brain and your hand cells in your hand? And how is it possible that your hand cells and your brain cells can communicate with each other if, for example, you burn your hand or, for another example, when I touch the computer keyboard to type these words?

In this primer, we will investigate these questions at two levels. First, we will look at the processes involved in making an organism, starting with one cell; these processes are collectively known as development. Then, we will look at the results of development in mature humans, our diverse physiological systems and how they support life.

DEVELOPMENTAL BIOLOGY: THE CENTRAL QUESTIONS

Even for seemingly simple organisms like amoebae, we still do not fully understand how development occurs in detail, but we're beginning to get some good ideas. The more work and thinking we do, the better idea we have at least of the right questions to ask. As you know, half the battle in figuring out any problem is knowing what question to ask in the first place.

The big developmental biology question is how can one cell—the fertilized egg—become two cells, then four, and eventually develop into you, a walking, talking person composed of 50,000,000,000,000 cells?!!

Developmental biologists break down this one big question further into these questions:

- What makes one cell in a multi-celled organism different from another (given, as we've learned, that all the DNA in each cell is the same)? And how does each cell reach its final state and maintain it?

- How do cells that are at first all the same become different? How do these cells move and sort themselves out so they're in the right place at the right time for the next stages of development?

- How, why, and when do cells divide and proliferate?

- How do cells organize into spatial patterns?

- How do cells accomplish coordinated movement and growth?

ཁོང་ཉིད་དུ་ལྟའི་ཁོང་དེ། ཐུ་ཐུང་སྐ་ཡ་ཐུག་དུ་མས་གྲུབ་པའི་སྐྱེ་ལྟེ་ཁུན་ནས་ཡོ་ལེར་གཟུགས་པའི་ཁོང་དུ་དེ་ལྟར་གྲུབ་ཚུལ་ཐད་ཁོང་ཀྱིས་སྔོན་ཚད་འདང་ཞིག་བརྒྱབ་རྗེང་ངམ། ཁོང་ཀྱི་ཀུད་པའི་ཐུ་ཐུང་རྣམས་ཁོང་ཀྱི་ཀུད་པའི་ཁུལ་དུ་དང་། ཁོང་ཀྱི་ལག་པའི་ཐུ་ཐུང་རྣམས་ཁོང་ཀྱི་ལག་པའི་ཁུལ་དུ་འཁོད་པ་འདི་ཅིས་ཡིན་ནམ། དེར་མ་ཟད། དཔེར་ན་ཁྱེད་ཀྱི་ལག་པ་མེས་འཚོག་པའམ། ཡང་ན་དཔེར་མཚོན་གཞན་ཞིག་སྤྱད་ན། མིང་ཚིག་གི་རྣམ་གྲངས་འདི་དག་འབྲི་བའི་ཆེད་ངོས་ནས་སྤྲོག་ཀྱི་མཐེབ་གཉུང་སྐྱེར་རེག་སྤྱན་ཁྱེད་པ་ན་ཀྱང་པའི་ཐུ་ཐུང་དང་ལག་པའི་ཐུ་ཐུང་རྣམས་ཞན་ཚུན་བརྡ་ལན་སྤྲོད་ལེན་ཁྱེད་པ་འདི་ཇི་ལྟར་སྒྲིག་བར་གྱུར་ཏམ།

སྟོན་འགྲོའི་སྤོག་དེབ་འདིའི་ནང་གོང་གསལ་བྱེ་བ་རྣམས་ལ་བང་རིམ་གཞིས་ནང་བརྟག་པ་བྱ་སྟེ། དང་པོར་ནི་ཐུ་ཐུང་ལེར་རྒྱབ་ཀྱི་རྒྱུ་ཚན་ཞིག་ནས་འགྲོ་སྟངས་དཔྱིད་ཀ་ཡིན་ལ། ཕྱི་མར་ནི་ཐུ་ཐུང་ལེར་ཀུང་ཞིག་ནས་ཕྱི་ཟླ་ཁ་ཤས་ཀྱི་བར་ཁྱད་པར་ཅི་ཙམ་ཞིག་ཡོད་ཚུལ་ཐད་ཁོང་ཚོས་ཀྱང་ཞིབ་ཕྲའི་ཐོག་ནས་ཤེས་ཀྱི་ཡོད་པ་ཞིག་ཡིན། དེ་ནས་ང་ཚོས་འཚར་འཛེལ་བྱེད་རིམ་གྱི་རྩེས་འབྲས་གང་དག་ཁོ་ལག་རྩོལ་བའི་མིའི་འགྲོ་བར་མངའ་བ་དག་ལ་བལྟ་བར་བྱ་ལ། དེ་དག་ནི་ང་ཚོའི་རྒྱུད་ཀྱི་རྣམ་གངས་མང་བའི་ལུས་གནས་མ་ལག་དག་དང་དེ་དག་གིས་ཚེ་སྲོག་རྟེ་ལྟར་ཐུབ་ལ་བཅས་ལ་ཞེར་བ་རེད།

འཚར་འཛེལ་རྒྱུ་དངོས་རིག་པ། དྲི་བ་སྐྱིང་པོ་རྣམས།

སྤྱང་ཚོད་དུ་ཆེས་སྲོག་མེད་སྤུལས་བདེ་ཡིན་པའི་རྒྱུ་དངོས་ཙ་མི་རྒྱ་ཐྱ་སྲིན་ལྟ་བུ་ལ་མཚོན་ནའང་། ང་ཚོས་དེར་ཞེབས་པའི་འཚར་འཛེལ་ཀྱི་འབྲུང་ལུགས་དཔྱིས་ཕྱིན་པ་ཞིག་ད་ལྟའང་ཤེས་ཀྱི་མེད། དེ་ལྟ་ནའང་དེ་འབྲེལ་ཀྱི་རིག་པ་འོས་འཚམས་འགའ་རེ་སོན་འགོ་ཚུགས་ཡོད། ང་ཚོས་ཇི་ཙམ་འདང་མང་བ་རྒྱག་པ་དང་། ཇི་ཙམ་ལས་འགྱལ་མང་བ་རྩོམ་པ་དེའི་ཚོད་ཀྱིས་ཐ་ན་འོས་འཚམས་ཀྱི་ཏྲེ་བ་འདོན་པར་ཞན་པའི་རིག་པ་བཟང་བ་ཞིག་ཡིན་ཡང་ཆེད་རྒྱུ་རེད། ཁྱེད་ཀྱིས་ཤེས་གསལ་ལྟར། དཀའ་ངྔག་ཅི་འདྲ་ཞིག་ཡིན་ཡང་དེ་བསལ་བའི་འབད་རྩོལ་ཀྱི་ཐྲེད་ནི་དང་ཐོག་འགོད་པའི་དྲྭ་བ་ཤིན་ནས་ཆུ་རེད།

དེས་ན་འཚར་འཛེལ་སྐྱེ་དངོས་རིག་པའི་གནད་ཆེ་བའི་ཏྲི་བ་ནི། ལམས་འདུས་ས་བོན་ཏེ་ཐུ་ཐུང་ཆིག་རྒྱུད་གི་གོང་གྲུ་ཞིག་རིམ་གྱིས་ཐུ་ཐུང་ཤེས་ལྡན་དང་། དེ་ནས་བཞི་ལྡན། མཐར་ཐུ་ཐུང (ooooooooooooo རབ་བཀྲམ་ལྡ་ཐམ་པ་) ལྡན་པའི་སྐྱེས་ཤིང་གོམ་ཁ་སྐྱོ་ཐྲག་པའི་སྐྱེ་བོ་ཁྱེད་ཤུ་བུ་ཞིག་ཏུ་དེ་ཤུར་འཚར་འཛེལ་བྱང་བ་ཡིན་ནམ་ཞེས་པ་འདི་རེད།

འཚར་འཛེལ་སྐྱེ་དངོས་རིག་པ་བ་དག་གིས་གོང་གསལ་གནད་ཆེ་བའི་ཏྲི་བ་གཅིག་པུ་དེ་ཤིད་གཤམ་གསལ་ཏྲི་བའི་རྣམ་གངས་དག་ཏུ་དབྱེ་གསེལ་ཁྱེད་ལ། དེ་དག་ནི།

- ཐུ་ཐུང་མང་ལྡན་གྱི་སྐྱེ་དངོས་ཤེག་ལ་ཚང་བའི་ཐུ་ཐུང་རྣམས་(ང་ཚོས་གོང་དུ་སྨྲངས་པ་ཤུར། ཐུ་ཐུང་ཀུན་གྱི་ཉི་ཞེན་ཞེ་གཅིག་གྱུར་ཡིན་བཞིན་དུ་)ཐན་ཚུན་མི་མཚུངས་པ་དེ་གང་གིས་ཁྱེད་དམ། ཐུ་ཐུང་ལེར་ཀུང་རེ་རེ་ནས་རང་རང་གི་ཁོ་ལག་རྩོལ་གྱི་ཐན་ཐབས་དེར་ཚུལ་ཏི་ཤུར་སོན་ནམ། གནས་སྟངས་དེ་ཉིད་ཏི་ཤུར་བདག་གཞིར་ཁྱེད་དམ།

- དང་ཐོག་གཅིག་སྐྱུར་ཡིན་པའི་ཐུ་ཐུང་དེ་དག་དུས་ཐྱིས་ཐན་ཚུན་མི་འདྲ་བར་ཏི་ཤུར་འགྱུར་རམ། འཚར་འཛེལ་ཀྱི་རིམ་པ་རྩེས་མ་རྣམས་སུ་རན་འཚམས་ཀྱི་དུས་ཚོགས་སོ་སོར་རན་འཚམས་ཀྱི་ས་ཁུལ་སོ་སོར་འཁོད་ཆེད་ཐུ་ཐུང་འདི་དག་གིས་རང་ཉིད་ཚུལ་ཏི་ཤུར་འདེམས་གསེས་ཁྱེད་ཅིང་། ཚུལ་ཏི་ཤུར་བསྒུལ་བར་ཁྱེད་དམ།

- ཐུ་ཐུང་རྣམས་ཚུལ་ཏི་ཤུར་དང་། རྒྱུ་མཚན་གང་གིས་དང་། དུས་ནམ་ཀྱི་ཚེ་སོ་སོར་འགྱེ་ཞིང་ཁྲབ་གདལ་དུ་འགྱོའམ།

- ཐུ་ཐུང་རྣམས་གཟུགས་འགྱུར་ཀྱི་རྣམ་པ་སོ་སོར་ཏི་ཤུར་འཚམ་འགྱིག་ཁེབས་སམ།

- ཐུ་ཐུང་དག་གི་འཁུལ་བསྐྱོད་དང་འཚར་སྐྱེའི་བྱ་གཞག་དབར་ཐན་ཚུན་འཚམ་འགྱིག་འཐུས་ཚང་དེ་འབྲ་ཏི་ཤུར་འབྱུང་ངམ། བཅས་རེད།

Developmental biologists study all these questions drawing heavily on the underlying themes of biology that emerge in Life Science Primers I and II, since developmental biology relies on the basic principles of evolution, and of genes and cells we discuss in those two primers.

In Life Sciences Primer II we talked about what makes cells different—in genes and cells, like hair cells or nerve cells. The fates of these cells are already decided—they are committed to being and remaining hair or nerves—and if all works well, they stay that way. But how do they get to be that kind of cell in the first place? What strategies do cells and communities of cells use to take on their diverse personalities?

The beginnings of answers to many questions in developmental biology—like in any branch of biology—are found in natural history, in the evolution of life on Earth, past and present. Remember from LSPI that since life began to evolve on our planet, evolution has saved strategies that work, conserving strategies that allow one population of organisms to survive and reproduce better than another population in any given environment. And when strategies are conserved, the life molecules that underlie those strategies—genes and the proteins they encode, as well as lipids, and carbohydrates— also tend to be conserved.

As we discussed in LSPI, this basic principle has enormous implications that resonate through biology, society, and culture. For our purposes, as developmental biologists trying to understand the basic questions we ask above about how cells develop different personalities, the power of evolution is especially relevant at two levels.

ONE ORGANISM, MANY JOBS

How is it biologically possible for one organism to do two or three or more very different biological jobs—eat, sleep, make energy, think, communicate? For millions of years, all organisms on earth were single-celled. So, the only way one of these cells could do more than one job was to alter the expression of its own genes, that is the DNA being transcribed into RNA and then into proteins within that one cell at any given moment (These processes are described in LSPII).

For example, if the single-celled organism needed energy, genes would be turned on that were responsible for helping search for, digest, and use food to create the needed energy. Of course, this is still true of any single-celled organism living today. But there is at least one more way one organism can do several jobs at once.

YOUR TURN: THE POSSIBILITIES OF SINGLE-CELLED ORGANISMS

How might single cells of a single-celled organism collaborate to improve the chances each single cell will survive longer and have more offspring? Draw pictures of single-celled organisms like bacteria and see if you can come up with different ways that acting together as a community of single cells, instead of acting alone as single cells, in response to certain challenges from the environment might help these cells.

འཚར་འཕེལ་སྐྱེ་དངོས་རིག་པ་བ་རྣམས་ཀྱིས་ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སྔོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་དང་པོ་དང་གཉིས་པར་གསལ་བའི་སྐྱེ་དངོས་རིག་པའི་རྨང་གཞིའི་རྣམ་གཞག་དག་ལ་རྒྱ་ཆེར་བསྙེ་བཞིན་དུ་གོང་གསལ་དྲི་བ་ཀུན་ལ་དཔྱེ་ཞིབ་བྱེད་པར་ཞུགས་ལ། དེའི་རྒྱུ་མཚན་ནི་འཚར་འཕེལ་སྐྱེ་དངོས་རིག་པས་སྔོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་དེ་དག་ཏུ་གླེང་བའི་རིགས་རྫས་དང་ཕྲ་ཕུང་སྐོར་དང་། འཕེལ་འགྱུར་རིག་པའི་གཞི་རིམ་གྱི་རྩ་འཛིན་དེ་དག་ལ་ཆེས་ཆེར་བརྟེན་པས་རེད།

དེ་ཡང་ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སྔོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་གཉིས་པར་ངེད་ཚོས་སྐྲ་སྤུའི་ཕྲ་ཕུང་ངམ། ཡང་ན་དབང་རྩའི་ཕྲ་ཕུང་དཔེར་བཟུང་ནས་སྤྱིར་ན་ཕྲ་ཕུང་ཕན་ཚུན་རིགས་མི་གཅིག་པར་འགྱུར་བྱེད་དེ་ཕྲ་ཕུང་དང་རིགས་རྫས་ཁོག་ནང་གི་རྒྱུ་ཆ་གང་ཞིག་ཡིན་མིན་ཐད་ང་ཚོས་གྲོས་མོལ་བྱས་ལ། ཕྲ་ཕུང་འདི་དག་གི་མདུན་ལམ་སྔོན་ཚུད་ནས་གཏན་ཁེལ་ཟིན་པ་སྟེ། འདི་དག་སྐྲ་སྤུའམ་དབང་རྩའི་ངོ་བོར་སུ་མཐུད་དེ་གནས་རྒྱུར་གཅིག་ཏུ་གཞོལ་ལ། ཅི་སྟེ་ཆ་རྐྱེན་ཡོད་ཚད་བཟང་ཐོག་ཏུ་འཁྱོལ་ཚེ་དོན་དངོས་སུའང་དེ་དག་དེ་ལྟར་དུ་གནས་པ་རེད། འོན་ཀྱང་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་དེ་ལྟའི་རིགས་ཅན་དུ་གྲུབ་པ་འདི་ཇི་ལྟར་བྱུང་བ་ཡིན་ནམ། དེ་ལྟ་བུ་རང་གཤིས་ཐ་དད་འཆང་བའི་སྐྱེ་དངོས་སུ་གྲུབ་པར་ཕྲ་ཕུང་དང་ཕྲ་ཕུང་གི་སྡེབ་ཚོ་དག་གི་ངོས་ནས་ཐབས་བྱུས་གང་ཞིག་སྤྱོད་སྒོར་བསྟེན་ནམ།

སྐྱེ་དངོས་རིག་པའི་ནང་གསེས་སྡེ་ཚན་ཅི་རིགས་པ་ཀུན་དང་མཚུངས་པར་འཚར་འཕེལ་སྐྱེ་དངོས་རིག་པའི་དྲི་བ་མང་དག་ཅིག་ལ་གདབ་རུང་བའི་ལན་འདེབས་དག་གི་འགོ་ཁུངས་རྣམས་སའི་གོ་ལའི་སྟེང་བྱུང་དང་འབྱུང་བཞིན་པའི་ཚེ་སྲོག་གི་འཕེལ་འགྱུར་དང་། རང་བྱུང་ཁམས་ཀྱི་བྱུང་རབས་ཁྲོད་ཉིད་དུ་ཡོད་ལ། སྔར་ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སྔོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་དང་པོར་གསལ་བ་བཞིན། ངེད་ཚོའི་སའི་གོ་ལ་འདིའི་སྟེང་ཚེ་སྲོག་གི་རྣམ་པ་དོད་པའི་འགོ་ཚུགས་པ་ནས་བཟུང་རང་བྱུང་གི་ཐབས་ཇུས་ལམ་དུ་ཞུགས་པ་རྣམས་ལ་འཕེལ་འགྱུར་གྱིས་ཞར་ཚགས་བྱས་པ་སྟེ། ཁོར་ཡུག་གི་གནས་སྟངས་ངེས་བཟུང་ཞིག་གི་ནང་སྐྱེ་དངོས་ཚོགས་འདུས་ཤིག་ལ་ཚོགས་འདུས་གཞན་ལས་ལྷག་པའི་རིགས་རྒྱུད་སྐྱེ་སྤེལ་དང་འཚོ་སྐྱོད་རྒྱུན་འཁྱོངས་ཀྱི་ལམ་འགྲོ་སྟེར་བའི་རང་བྱུང་གི་ཐབས་ཇུས་རྣམས་འཕེལ་འགྱུར་གྱིས་ཞར་ཚགས་བྱས་པ་དེ་འདིར་དྲན་དགོས། གང་གི་ཚེ་རང་བྱུང་ཐབས་ཇུས་དེ་འདྲ་ཞར་ཚགས་བྱས་ཙ་ན་དེ་དག་གི་རྨང་གཞིར་གྱུར་པའི་ཚེ་སྲོག་འདུས་རྡུལ་ཏེ། དཔེར་ན་རིགས་རྫས་དང་རིགས་རྫས་ཀྱིས་བཟོ་སྒྲིག་བྱེད་པའི་སྤྲི་རྫས་རྣམས་དང་། གཞན་ཡང་ལི་ཕིལ་དང་ཁར་སྦོ་མངར་བཙུད་དག་ལའང་བསྒྲི་ཚགས་ཐེབས་ངེས་རེད།

ངེད་ཚོས་སྔར་ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སྔོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་དང་པོར་གྲོས་སྡུར་བྱས་པ་བཞིན། གཞི་རིམ་གྱི་རྩ་འཛིན་འདི་ཧ་ཅང་ཤུགས་རྐྱེན་ཆེ་བས།,ལུས་ཁམས་དང་། སྤྱི་ཚོགས་དང་། རིག་གཞུང་གི་ཁྲོད་དུའང་འདིའི་བྱེད་ནུས་མངོན་པར་གསལ་ལ། དེར་མ་ཟད། ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ད་གཟོད་རང་གཤིས་ཐ་དད་ཅན་དུ་ཇི་ལྟར་འགྱུར་ཚུལ་དང་འབྲེལ་བའི་གཞི་རྩའི་དྲི་བ་དེར་ཡང་འཚར་འཕེལ་སྐྱེ་དངོས་རིག་པ་བའི་ངོས་ཐད་ནས་ངེད་ཚོས་གོ་གསེད་འཚོལ་བའི་སྐབས་འདིར་འཕེལ་འགྱུར་གྱི་བྱེད་ནུས་དེ་གཤམ་དུ་གླེང་བའི་གོ་རིམ་གཉིས་པོའི་ནང་དམིགས་བསལ་འབྲེལ་བ་ཆགས་ཡོད།

སྐྱེ་དངོས་གཅིག ལས་སྒོ་དུ་མ།

ཟས་ཟ་བ་དང་། གཉིད་ཉལ་བ། ནུས་པ་བསྐྱུན་པ། བསམ་བློ་གཏོང་བ། བཟ་ལན་སྤྲོད་ལེན་བྱེད་པ་ལྟ་བུ་སྐྱེ་དངོས་དང་འབྲེལ་བའི་ལས་སྒོ་ཆེས་ཐ་དད་པ་དེ་འདྲ་གཉིས་སམ། གསུམ་མམ། དེ་ལས་མང་བ་སྐྱེ་དངོས་གཅིག་གིས་འགྲུབ་ཐུབ་པ་འདི་སྐྱེ་དངོས་གནས་ལུགས་ཀྱི་ཆ་ནས་ཇི་ལྟར་སྲིད་དམ། དེ་ཡང་ལོ་ངོ་ས་ཡ་དུ་མའི་རིང་སའི་གོ་ལ་འདིའི་སྟེང་གི་སྐྱེ་དངོས་ཐམས་ཅད་ཕྲ་ཕུང་ཆིག་ལྡན་ཞེ་ཅིག་ཡིན་པས། ཕྲ་ཕུང་འདི་དག་ཁྲོད་ནས་གང་ཞིག་གིས་ལས་སྒོ་གཅིག་ལས་མང་བ་འགྲུབ་ཐུབ་པ་བྱུང་བ་ནི་རང་གི་རིགས་རྫས་ཀྱི་རྣམ་པ་སད་ལུགས་ལ་ཁ་སྒྱུར་ཐེབས་པ་ཁོ་ན་མ་གཏོགས་ཐབས་ལམ་གཞན་མེད། རིགས་རྫས་ཀྱི་རྣམ་པ་སད་ཅེས་པའང་དུས་ཚིགས་ངེས་བཟུང་ཞིག་གི་སྟེང་ཕྲ་ཕུང་གཅིག་པུ་དེའི་ནང་དུ་དང་ཐོག་ཊི་ཨེན་ཨེ་དེ་ཉིད་ཨར་ཨེན་ཨེའི་ངོ་བོར་ཕབ་ལེན་ཐེབས་པ་དང་། དེ་ནས་དེ་ཉིད་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་ངོ་བོར་ཕབ་ལེན་ཐེབས་པ་ལ་ཟེར། (བྱེད་རིམ་འདི་དག་ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སྔོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་གཉིས་པའི་ནང་རྒྱས་བཤད་བྱས་ཟིན།)

དཔེར་ན། གལ་ཏེ་ཕྲ་ཕུང་ཆིག་ལྡན་གྱི་སྐྱེ་དངོས་དེར་ནམ་ཞིག་ནུས་པ་ཡི་དགོས་མཁོ་བྱུང་ཚེ། ཟས་འཚོལ་བ་དང་། འཇུ་བ་དང་། རང་ལ་མཁོ་བའི་ནུས་པ་བསྐྱུན་ཆེད་ཟས་དེ་སྤྱོད་སྒོར་བསྟེན་པ་བཅས་ལ་འགན་འཁུར་བའི་རིགས་རྫས་རྣམས་སད་སློང་ཐེབས་ཀྱི་ཡོད། ཤེས་གསལ་ལྟར་འགྲོ་ལུགས་འདི་ནི་ད་རིང་གི་དུས་སུ་འཚོ་སྐྱོད་བྱེད་བཞིན་པའི་ཕྲ་ཕུང་ཆིག་ལྡན་གྱི་སྐྱེ་དངོས་ཅི་རིགས་པ་ཀུན་ལ་དུས་ད་ལྟའང་གཅིག་མཚུངས་ཡིན། དེ་ལྟ་ནའང་སྐྱེ་དངོས་ཁེར་རྐྱང་ཞིག་དུས་གཅིག་ལ་ལས་སྒོ་དུ་མར་ཞུགས་ཐུབ་པ་འདི་འདྲ་བྱུང་བར་ནི་མ་མཐར་ཡང་ཐབས་ལམ་ལྷག་པོ་གཞན་ཞིག་ཀྱང་ཡོད་ཚོག

ཁྱོད་ཀྱི་རེས་མོས། ཕྲ་ཕུང་ཆིག་ལྡན་གྱི་སྐྱེ་དངོས་ཀྱིས་འགྲུབ་སྲིད་པའི་བྱ་གཞག

རང་ཉིད་རིང་དུ་འཚོ་བ་དང་རང་གི་རིགས་རྒྱུད་དུ་མ་སྐྱེད་སྲིད་ཐུབ་པའི་མདུན་ལམ་བཟང་པོ་གཏོད་ཆེད་ཕྲ་ཕུང་ཆིག་ལྡན་གྱི་སྐྱེ་དངོས་དག་ལ་ཡོད་པའི་ཕྲ་ཕུང་ཁེར་གཟུགས་དེ་དག་གིས་གཞན་དང་མཉམ་ལས་ཀྱི་བྱེད་རིམ་ཅི་འདྲ་ཞིག་སྤེལ་སྲིད་དམ། ཁྱོད་ཀྱིས་ཕྲ་སྲིན་ལྟ་བུའི་ཕྲ་ཕུང་ཆིག་ལྡན་གྱི་སྐྱེ་དངོས་དག་གི་པར་རིས་དེ་འདྲ་བྲིས་ལ། དེ་རྗེས་ཕྱིའི་ཁོར་ཡུག་ནས་འཕྲད་སྲིད་པའི་དཀའ་ཁག་དག་ལས་གྲོལ་ཆེད་ཕྲ་ཕུང་ཁེར་གཟུགས་དེ་དག་གིས་གྲོགས་མེད་གཅིག་ཕུར་གདོང་ལེན་བྱེད་པ་ལྟ་བུ་མིན་པར། ཕྲ་ཕུང་ཁེར་གཟུགས་ཀྱི་འདུས་ཚོགས་ཤིག་གི་ཚུལ་དུ་དེ་དག་གིས་སྤེལ་སྲིད་པའི་ཐབས་ལམ་སྣ་ཚོགས་ཀྱི་རིག་པ་དེ་འདྲ་ཁྱོད་ཀྱིས་འདོན་ཐུབ་མིན་ལ་ལྟོས།

MULTICELLULARITY AND SPECIALIZATION

Through the processes of evolution we discuss in LSPI, some single-celled organisms began to evolve strategies that went beyond just their own individual welfare.

Imagine that cell A begins to spend time in the same area as a closely related single-celled organism B. Cell B is especially good at finding food. So, cell B finds food and as long as cell A stays nearby, it also has access to food. In such a case, cell A doesn't need to spend its own resources finding food, and perhaps could concentrate on something else, like making its eating or digesting processes more efficient. In this way, cell A and B begin to collaborate, and may even share nutrients or energy. Cell B finds food really well (which helps cell A), and cell A now turns that food into useful nutrients really well (and shares them with cell B). Both cells become really good at their particular jobs and become more and more dependent on each other—eventually becoming inseparable: a two-celled organism, a two-celled organism that may well be better at both finding and digesting food than cell A alone or cell B were originally.

Such cooperative strategies are also seen in bacteria, single-celled organisms living on earth today. To help understand collaboration, imagine cells as people. Individual people can achieve success, but often a community of people with a diversity of expertise—some good at making food, some good at teaching, some good at growing food, some good at music—results in a more successful set of individuals and thus a more successful overall community.

At some point in evolution, then, it is likely that single-celled organisms, probably ones already working together in ways like those described above and in the sidebar, found such great mutual benefits that they became inseparable. And the first multicellular organism was born.

Here is the second major solution that evolved to handle the problem of how an organism can do more than one thing: specialization. Instead of one cell having to do all the work, now we had subsets of cells within one organism that could specialize in one particular task—some might be responsible for covering and protecting the organism, others for movement, and still others for different roles.

While all these cells share the same genetic material and the same basic cellular functions, different groups of cells would have specific talents, and these cells would evolve over time to become especially effective at one or just a few processes. What do you think are some of the benefits and costs of this type of specialization?

IN-DEPTH: BACTERIAL COLONIES ARE COMMUNITIES OF SINGLE-CELLED ORGANISMS

Even though bacteria are single-celled organisms, they interact and form communities much like multicellular organisms. In certain environments, bacteria form colonies, single communities composed of thousands of cells. Depending on where in the colony each cell is and in response to communication among the different cells of the colony, different single bacteria in the colony express different genes and have different functions within the colony community. Single bacteria cells of the same species also communicate with each other by quorum sensing; this process allows the cells to sense how many of them are present, and when they reach a critical mass they form a community called a biofilm. Biofilms help protect all the single cells in the community and make infectious bacteria more infectious and resistant to the immune systems of their hosts. Another recently discovered cooperative strategy of bacteria is that cells that are resistant to a drug will protect other bacteria of the same species who are not resistant to the drug.

ཕྲ་ཕྱང་མང་ལྡན་གྱི་རྣམ་པ་དང་། ཆེད་ལས་རང་བཞིན།

ཕྲ་ཕྱང་ཆིག་ལྡན་གྱི་སྐྱི་དངོས་འགའ་རེས་སྔར་ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སྔོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་དང་པོར་ང་ཚོས་གྲོས་སྟུར་བྱས་པའི་འཕེལ་འགྱུར་བྱེད་རིམ་དེ་དག་བརྒྱུད་ནས་རང་ཁེར་རྐྱང་གི་བདེ་ཐབས་ལ་གཞོལ་བའི་རང་བཞིན་དེ་ལས་བརྒལ་བའི་ཐབས་ཇུས་དེ་འདྲ་གསར་དུ་གཏོད་ཅིང་བསྟེན་པའི་འགོ་བཙམས་ལ།

དེ་ཡང་དཔེར་མཚོན་ཙམ་གྱི་ཆེད་ཁྱེད་ཀྱིས་འདི་ལྟར་བློས་བསླངས་བྱེད་རིགས་ཏེ། ཕྲ་ཕྱང་"ཀ"ཞིག་རང་དང་ཉེ་བར་འབྲེལ་བའི་ཕྲ་ཕྱང་ཆིག་ལྡན་གྱི་སྐྱི་དངོས་"ཁ"ཡི་ཉེ་འཁྲིས་སུ་སྡོད་རྒྱུར་འགོ་བཙམས་ལ། ཕྲ་ཕྱང་"ཁ"དེ་ཉིད་ཟས་འཚོལ་རྒྱུར་དམིགས་བཀར་གྱིས་ལས་ཆོད་ཆེ་བ་ཞིག་ཡིན། དེས་ན་ཕྲ་ཕྱང་"ཁ"དེས་མུ་མཐུད་དུ་ཟས་འཚོལ་གྱིན་དུ་ཞུགས་ཤིང་། ཇི་སྲིད་དུ་ཕྲ་ཕྱང་"ཀ"ཡང་དེའི་ཉེ་འཁྲིས་སུ་གནས་པ་དེ་སྲིད་དུ་དེར་ཡང་རང་ཤུགས་ཀྱིས་ཟས་ཀྱི་སྐལ་བ་རྒྱུན་པར་འཐོབ་གྱིན་དུ་གནས་སོ།། གནས་སྐབས་དེའི་འོག་ཕྲ་ཕྱང་"ཀ"དེར་ཟས་འཚོལ་ཞུལ་གྱི་བྱ་བར་རང་གི་ནུས་པའི་གྲོན་པ་ཆུང་བས། རང་གི་ནུས་པ་དེ་དག་ཟས་ཟ་བའམ། ཡང་ན་ཟས་འཇུ་བ་ལྟ་བུའི་བྱེད་རིམ་གཞན་དག་འཕྲུས་སྒོ་ཇི་ཆང་དུ་གཏོང་བར་བེད་སྤྱོད་བྱེད་དུ་ཡོད་པར་གྱུར། ཚུལ་དེ་ལྟར་དུ་ཕྲ་ཕྱང་"ཀ"དང་"ཁ"གཉིས་ཕན་ཚུན་མཉམ་ལས་ཀྱི་འགོ་བཙམས་པར་མ་ཟད། ཕན་ཚུན་ཟས་བཅུད་དམ་ནུས་པ་བགོ་འགྲེམས་ཀྱང་བྱས་ཆོག་པར་གྱུར། དེ་ལྟར་ཕྲ་ཕྱང་"ཁ"དེས་ཟས་འཚོལ་བའི་ལས་ལ་རེམ་པར་གནས་པ་(འདི་ཕྲ་ཕྱང་"ཀ"ལ་ཁ་ལས་དགེ་བར་གྱུར་པ་)ཇི་བཞིན་དུ། ཕྲ་ཕྱང་"ཀ"ཡིས་ཟས་སྣ་དེ་སྤྱོད་སྒོ་ཆེ་བའི་ཟས་བཅུད་ཀྱི་ངོ་བོར་སྒྱུར་གྱིན་དུ་(དང་ཕྲ་ཕྱང་"ཁ"དང་མཉམ་དུ་བགོ་བཤའ་བྱེད་ཀྱིན་དུ་)གནས་པས། རིམ་གྱིས་ཕྲ་ཕྱང་དེ་གཉིས་རང་རང་གི་ལས་སྒོ་དམིགས་བཀར་བ་སོ་སོར་ཕ་ཅང་མཐུ་རྩལ་ཆེ་བར་གྱུར། དེ་དང་དུས་མཚུངས་སུ་དེ་གཉིས་སྔར་བས་ཕན་ཚུན་ལྟོས་ཚབས་ཇེ་ཆེར་གྱུར་ཅིང་། མཐར་ཕན་ཚུན་འབྲལ་མི་རུང་བའི་ཕྲ་ཕྱང་ཉིས་ལྡན་གྱི་སྐྱི་དངོས་ཤིག་ཏུ་གྱུར་པ་སྟེ། ཟས་འཚོལ་བ་དང་འཇུ་བའི་ལས་སྒོ་གཉིས་ག་སྔར་ཕྲ་ཕྱང་"ཀ"དང་"ཁ"སོ་སོས་བསྒྲུབས་པ་ལས་ཀྱང་འཕྲུས་སྒོ་ཆང་བར་སྒྲུབ་ནུས་པའི་ཕྲ་ཕྱང་ཉིས་ལྡན་གྱི་སྐྱི་དངོས་བྱེ་བྲག་པ་ཞིག་ཏུ་གྱུར་པ་རེད།

དེ་ལྟའི་མཉམ་འབྲེལ་གྱི་ཐབས་ཇུས་དེ་འདྲ་སའི་གོ་ལའི་སྟེང་དུ་ལྟ་འཚོ་སྡོད་བྱེད་བཞིན་པའི་ཕྲ་ཕྱང་ཆིག་ལྡན་གྱི་ཕྲ་སྲིན་ཁྲོད་དུའང་མཐོང་དུ་ཡོད། མཉམ་ལས་ཀྱི་བྱེད་རིམ་འདི་ལ་གོ་གསེད་ལེགས་པོ་འཐོབ་ཆེད་ང་ཚོས་ཕྲ་ཕྱང་རྣམས་མིའི་འགྲོ་བའི་ངོ་བོར་བལྟས་ནས་བློས་བསླངས་བྱས་ཆོག་པ་ནི། སྤྱིར་ན་མི་བུ་ཁེར་རྐྱང་ཞིག་ཡིན་ཡང་སྐྱེས་བུ་བྱས་པ་ཅན་ཞིག་ཏུ་འགྱུར་སྲིད་ལ། འོན་ཀྱང་སྐབས་དུ་མར་ལས་རིགས་སྣ་མང་ལ་མཁས་པའི་སྐྱེ་བོའི་འདུས་ཚོགས་ཏེ། འགའ་རེ་ཟས་སྦྱོར་བར་མཁས་པ་དང་། འགའ་རེ་སློབ་ཁྲིད་བྱེད་མཁས་པ། འགའ་རེ་བཟའ་ཆས་འདེབས་སྐྱོང་ལ་མཁས་པ་དང་། ཡང་འགའ་རེ་རོལ་མོ་དཀྲོལ་བར་མཁས་པ་ལྟ་བུ་སྐྱེ་བོའི་རིགས་དུ་མ་གཅིག་ཏུ་འདུས་ཆེ་བྱས་པ་ཅན་གྱི་སྐྱེ་བོའི་ཚོགས་ཤིག་བསྐྱེད་པར་ཕན་ཞིང་། དེ་ལ་བརྟེན་ནས་བྱས་པ་ཅན་གྱི་མི་སྡེའི་འདུས་ཚོགས་ཆ་ཚང་བ་ཞིག་བསྐྲུན་པའི་དགེ་མཚན་ཡང་འབྱུང་ངེས་ཡིན།

དེས་ན་འཕེལ་འགྱུར་བྱུང་རབས་ཀྱི་དུས་མཚམས་ཤིག་ཏུ་ཕྲ་ཕྱང་ཆིག་ལྡན་གྱི་སྐྱི་དངོས་(གོང་གི་ལེ་ཚན་དང་ཟུར་ངོས་ཀྱི་འགྲེལ་བརྗོད་དག་ཏུ་གསལ་བ་བཞིན་མཉམ་ལས་ལ་རོལ་བཞིན་དུ་འཚོས་པའི་སྐྱི་དངོས་ལྟ་བུ་)དག་གིས་ཕན་ཚུན་གཉི་གར་ཐོབ་པའི་དགེ་མཚན་བསྙོན་མེད་མཐོང་སྟེ་ཕན་ཚུན་འབྲལ་མེད་དུ་གྱུར་པ་ཕལ་ཆེར་ཡིན་སྲིད་ལ། དེ་ལས་ཕྲ་ཕྱང་མང་ལྡན་གྱི་སྐྱི་དངོས་ཐོག་མ་དེ་བྱུང་བ་ཡིན་སྲིད།

ཡང་སྐྱི་དངོས་ཤིག་ལས་སྒོ་གཅིག་ལས་མང་བ་བསྒྲུབ་ནུས་པ་དེ་འདྲར་འཕེལ་འགྱུར་ཇི་ལྟར་བྱུང་ཆོག་པའི་དཀའ་ཁག་དེ་སེལ་བར་གཏུགས་པའི་རིག་པ་གཉིས་པ་ཞིག་ཡོད་པ་ནི་ཆེད་ལས་རང་བཞིན་ཞེས་པ་འདི་ཡིན། དེ་ནི་ཕྲ་ཕྱང་གཅིག་ཁེར་རྐྱང་གིས་ལས་སྒོ་ཀུན་བསྒྲུབ་རྒྱུའི་ཚབ་ཏུ། སྐྱི་དངོས་གཅིག་གི་ཁོག་ནང་དུ་ལས་སྒོ་དམིགས་བཀར་བ་རེ་རེ་ཙམ་ལ་དམིགས་བཙུགས་ཏེ་བསྒྲུབ་པའི་ཕྲ་ཕྱང་གི་ནང་གསེས་ཚན་པ་སོ་སོ་ཡོད་པ་སྟེ། འགའ་རེས་སྐྱི་དངོས་དེ་ཉིད་གཡོག་ཅིང་བསྐྱོད་པའི་འགན་འཁུར་བ་དང་། འགའ་རེས་འགྲུལ་བསྐྱོད་ལ་འགན་འཁུར་བ་ཡང་འགའ་རེས་དོན་གནད་གཞན་ལ་འགན་འཁུར་བའི་ནང་གསེས་ཚན་པ་སོ་སོ་ཡོད་པ་དེར་ཟེར།

ཕྲ་ཕྱང་འདི་ཀུན་ལ་རིགས་རྗེས་ཀྱི་གཞི་རྒྱུ་དང་ཕྲ་ཕྱང་གི་རྨང་གཞིའི་བྱེད་ལས་གཅིག་སྙོམས་སུ་ཡོད་པ་འདྲ་ནའང་། ཕྲ་ཕྱང་གི་སྡེ་ཚོགས་མི་འདྲ་བ་སོ་སོར་དམིགས་བཀར་གྱི་ལས་རྩལ་སོ་སོ་ཡོད་ཅིང་། དེ་ལྟའི་ཕྲ་ཕྱང་གི་ཚོགས་རྣམས་དུས་ཀྱི་རྒྱུན་ཐག་ཁྲོད་བྱེད་རིམ་གཅིག་གམ་འགའ་རེའི་ཐད་དམིགས་བཙུགས་ཏེ་ལས་ཆོད་ཆེ་བར་གྱུར་ཆོག་པ་ཡིན། དེས་ན་ཁྱེད་ཀྱིས་བལྟས་ན་འདི་ལྟའི་ཆེད་ལས་རང་བཞིན་དེར་དགེ་མཚན་དང་སྐྱོན་མཚང་གང་དང་གང་མཆིས་སམ།

གཏིང་ཚུགས་པའི་ལྟ་ཞིབ། ཕྲ་སྲིན་གྱི་གཞིས་ཀ་དག་ནི་ཕྲ་ཕྱང་ཆིག་ལྡན་གྱི་སྐྱི་དངོས་ཀྱིས་གྲུབ་པའི་སྡེབ་ཚོ་དེ་འདྲ་རེད།

ཕྲ་སྲིན་ནི་ཕྲ་ཕྱང་ཆིག་ལྡན་གྱི་སྐྱི་དངོས་ཞི་ཅིག་ཡིན་ཡང་། དེ་དག་ཕྲ་ཕྱང་མང་ལྡན་གྱི་སྐྱི་དངོས་དང་མཚུངས་པར་ཕན་ཚུན་འབྲེལ་སྦྱོར་གྱི་བྱ་བར་ཞུགས་ཤིང་སྡེབ་ཚོའི་ངོ་བོར་ཡང་འགྲུབ་རུང་བ་རེད། དེ་ཡང་ཁོར་ཡུག་ངེས་བཟུང་འགའ་རེའི་ཁྲོད་ཕྲ་སྲིན་གྱི་གཞིས་ཀ་སྟེ། ཕྲ་ཕྱང་སྟོང་ཕྲག་དུ་མ་ལས་གྲུབ་པའི་སྡེབ་ཚོ་སོ་སོ་བ་དེ་འདྲ་འགྲུབ་རུང་ལ། ཕྲ་ཕྱང་རེ་རེ་ནས་རང་ཉིད་གང་དུ་གནོགས་པའི་གཞིས་ཀ་དེའི་ཁྱོན་དུ་རང་ཉིད་ཕྱོགས་ས་གང་དུ་འཕོད་མིན་དང་། གཞིས་ཀ་དེའི་ཕྲ་ཕྱང་དབར་འགྲུབ་པའི་བརྡ་ལན་སྤྲོད་ལེན་ནང་རང་གིས་ཆ་ཤས་གང་ལེན་མིན་དབང་གིས་གཞིས་ཀ་གཅིག་པུ་དེར་གནོགས་པའི་ཕྲ་ཕྱང་སོ་སོར་རིགས་རྗེས་སད་ལུགས་ལ་མི་འདྲ་བ་ཡོད་ཆོག་པ་དང་། གཞིས་ཀ་དེའི་ནང་རང་ལ་འཁྲི་བའི་ལས་འགུར་ཡང་མི་འདྲ་བ་ཡོད་ཆོག དེར་མ་ཟད། ཉེ་རིགས་གཅིག་པ་ཡིན་པའི་ཕྲ་སྲིན་གྱི་ཕྲ་ཕྱང་ཁེར་རྐྱང་པ་རྣམས་གྲངས་ལོངས་འབྲེལ་གཏུགས་ཀྱི་ལམ་ནས་ཕན་ཚུན་འབྲེལ་མཐུད་ཀྱང་བྱེད་ནུས། བྱེད་རིམ་འདི་ལ་བརྟེན་ནས་དེ་དག་གིས་རང་གི་ཉེ་རིགས་སུ་གཏོགས་པའི་རིགས་མང་ཞུང་ཇི་ཙམ་ཞིག་ཕྱོགས་དེར་ཡོད་མེད་ཤེས་ཚོར་ཐུབ་ཅིང་། ནམ་ཞིག་གྲངས་འབོར་གྱི་ཚད་གཞི་ལོངས་ཆེ་དེ་དག་གི་སྡེབ་ཚོ་ཟུར་གསལ་ཞིག་གྲུབ་ཀྱི་ཡོད། སྡེབ་ཚོ་དེའི་གྲས་ལ་སྐྱི་དྲིག་ཟེར་བ་རེད། སྐྱི་དྲིག་དེ་དག་གིས་རང་གི་སྡེབ་ཚོ་སོ་སོར་གཏོགས་པའི་ཕྲ་ཕྱང་ཁེར་གཟུགས་དེ་དག་བསྲུང་བར་རམ་འདེགས་བྱེད་ཅིང་། གཉན་ཁ་སློང་བའི་ཕྲ་སྲིན་རྣམས་ཀྱི་གཉན་སློང་རང་གཤིས་ཇེ་ཟབ་ཏུ་གཏོང་བ་དང་། གནས་ཚང་ཕྱང་པོའི་ནད་འགོག་མ་ལག་ལ་འགོག་རྐྱོལ་བྱེད་ནུས་པ་བཟོ་ཡི་ཡོད། གཞན་ཡང་ཕྲ་སྲིན་ལ་ལྡན་པའི་མཉམ་ལས་ཐབས་རྩལ་གཞན་ཞིག་ཚན་རིག་པ་རྣམས་ལ་ཉེ་ལམ་རྟོགས་བྱུང་བ་ནི་འདི་ལྟ་སྟེ། སྨན་རྫས་ཤིག་ལ་འགོག་རྐྱོལ་བྱེད་ནུས་པའི་ཕྲ་ཕྱང་དག་གིས་དེ་ལྟར་མི་ནུས་པའི་རང་དང་ཉེ་རིགས་གཅིག་པའི་ཕྲ་ཕྱང་གཞན་རྣམས་ལ་སྲུང་སྐྱོབ་བྱེད་པ་དེ་རེད།

IN DEPTH: COSTS AND BENEFITS OF SPECIALIZATION

Benefits of specialization are evident in the discussion in the text you can cooperate, share energy and resources, become expert as a community in more areas. But can you think of any disadvantages of specialization? The more specialized and refined a system becomes, the more things can go wrong, the more energy you have to make to monitor more things. More and more specialized is not always better.

SEARCHING FOR A MODEL

If evolution from single- to multi-celled organisms proceeded as we hypothesize, then we might be able to identify a currently living organism that represents a transition state between single and multicelllular organisms, that is, an organism that shows characteristics of both a single-celled and a multi-celled organism. Identification of such a system would allow us to examine the above questions as that system evolves, thus giving us great insight into the process at its relatively simple evolutionary beginnings.

As you know, the core processes evolved and understood in such 'simple' organisms are conserved by evolution and tend to change very little over the eons. We already see, in the sidebar about cooperating bacteria above, a step toward cell-to-cell interactions among single-celled organisms. Are there contemporary organisms that have taken the next step and evolved into a lifestyle that includes both single-celled stages and multi-celled stages?

SLIME MOLD: LIFE CYCLE

John Tyler Bonner, a scientist at Princeton University, has been studying just such an organism—a slime mold called Dictyostelium discoideum—for more than 70 years. These slime molds have a fascinating life cycle shown in sum in Figure 1 and in action in the video found at *http://www.youtube.com/watch?v=bkVhLJLG7ug*. Slime mold live on forest floors throughout the world. As long as the bacteria they eat are plentiful, slime mold exist as single-celled amoebae (single cells with the capacity to crawl and search for food), crawling along the ground and eating. But once food runs short, the slime mold amoebae begin to aggregate and form a many-celled slug that crawls around like a bag of amoebae. This 'bag' has a clearly defined front (anterior) and back (posterior) and it moves away from the food-depleted area, searching for food.

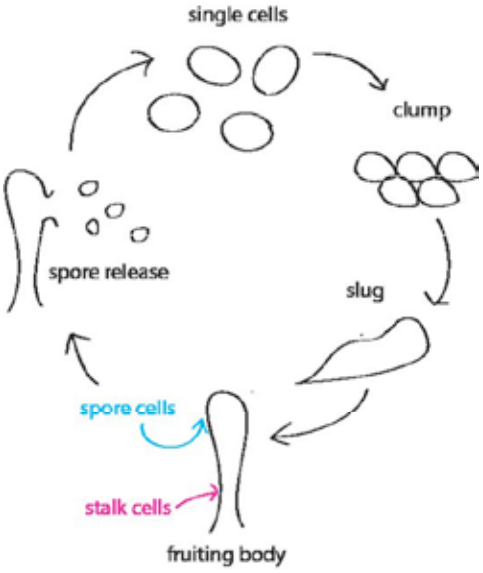


Figure 1: Slime molds have a fascinating life cycle.

If no food is found, the bag of single cells undergoes a dramatic transition (Figure 1) into two distinctive types of cells, stalk cells and spore cells, and forms a structure containing both. Spores contain live amoebae encapsulated in a fruiting body with a tough protective coat. The stalk cells die, sacrificing themselves for the spore cells at the top of the stalk. These spores now have the potential when the fruiting body breaks

གཏིང་ཚུགས་པའི་ལྟ་ཞིབ། ཆེད་ལས་ཀྱི་དགེ་མཚན་དང་སྐྱོན་མཚང་།

སྤྱིར་ན་ཆེད་ལས་རང་བཞིན་ལ་དགེ་མཚན་ཡོད་པ་ནི་སློབ་དེབ་འདིའི་སྔྲུང་བཤད་ཀྱི་རིམ་པ་དག་ལས་མངོན་པར་གསལ་ཏེ། རང་བཞིན་དེའི་དབང་གིས་ངེད་ཚོ་ཕན་ཚུན་མཉམ་སྦྲེལ་བྱེད་ནུས་པར་འགྱུར་ཞིང་། ནུས་པ་དང་རྒྱུ་ཆ་རྣམས་ཕན་ཚུན་བརྗེ་འགྲེམས་བྱེད་པ་དང་། དེ་བཞིན་དུ་སྤྱི་ཚོགས་ཤིག་གི་ཆ་ནས་ངེད་ཚོ་གནས་དོན་མང་དག་ཅིག་ལ་བྱུང་ཆ་དོད་པར་གྱུར་ཐུབ། འོན་ཀྱང་ཁྱོད་ཀྱིས་ཆེད་ལས་རང་བཞིན་འདིའི་སྐྱོན་མཚང་འགའ་རེ་ཐེར་འདོན་བྱེད་ཐུབ་བམ། ཆ་ལག་གང་ཞིག་ཇི་ཙམ་ཆེད་ལས་ཅན་དུ་གྱུར་པ་དང་། ཇི་ཙམ་ཞིབ་ཆ་ཆེ་བར་གྱུར་པ་དེ་ཙམ་དུ་དེ་ཉིད་འཚོར་ཉེན་ཆེ་ཞིང་། དེའི་ཡན་ལག་གི་ཆ་དག་ལ་བྱ་ར་བྱེད་ཆེད་ནུས་པའི་དགོས་མཁོ་ཡང་ཇེ་མཐོར་འགྱུར་ཉེན་ཡོད། དེས་ན་ཆེད་ལས་རང་བཞིན་ཅན་དུ་ཇེ་མཐོ་ནས་ཇེ་མཐོར་གྱུར་པ་ནི་རྣམ་པ་ཀུན་ཏུ་བཟང་ཤིས་པ་ཞིག་མིན།

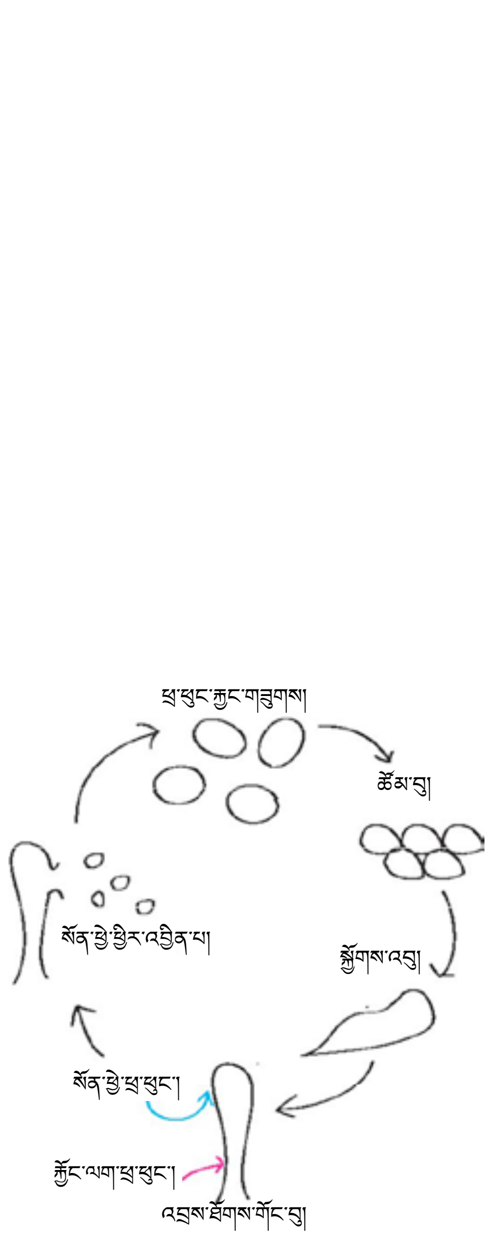
དཔེ་གཞི་ཞིག་འཚོལ་བ།

གལ་སྲིད་ཕྲ་ཕུང་ཆིག་ལྡན་གྱི་སྐྱེ་དངོས་ཤིག་ནས་ཕྲ་ཕུང་མང་ལྡན་གྱི་སྐྱེ་དངོས་ཤིག་ཏུ་འཕེལ་འགྱུར་བརྒྱུད་ཚུལ་དེ་གོང་དུ་ང་ཚོས་ཚོད་རྩིས་བརྒྱབ་པ་ཇི་བཞིན་དོན་ལ་གནས་པ་དེ་འདྲ་ཡིན་ན། ཧན་ཏན་ད་ལྟ་འཚོ་གནས་བྱེད་བཞིན་པའི་སྐྱེ་དངོས་ཀྱི་ཁྲོད་ནས་ཀྱང་དེ་ལྟའི་འཕོ་འགྱུར་བྱེད་རིམ་མཚོན་ཐུབ་པའི་སྐྱེ་དངོས་གསོན་པོ་དེ་འདྲ་ང་ཚོར་རྙེད་ཚོག་པ་རེད། དེ་ནི་ཕྲ་ཕུང་ཆིག་ལྡན་དང་མང་ལྡན་གཉིས་ཀའི་ཁྱད་ཆོས་ཚང་བའི་སྐྱེ་དངོས་ཀྱི་རྣམ་པ་གཅིག་ངོ་རྟགས་ཚོད་པ་ལ་ཟེར། དེ་འདྲའི་སྐྱེ་དངོས་ཀྱི་རྣམ་པ་ངོས་འཛིན་ཐུབ་པས་ནི་འཕེལ་འགྱུར་འགྲོ་བཞིན་པའི་སྐྱེ་དངོས་ཤིག་གི་སྙིང་གོང་གསལ་དྲི་བ་རྣམས་ཞིབ་དཔྱོད་བྱེད་དུ་ཡོད་པར་གྱུར་ལ། དེ་ལ་བརྟེན་ནས་ལྟོས་འཛོག་གི་སླ་བསྡུས་ཡིན་པའི་འཕེལ་འགྱུར་གྱི་འགོ་མའི་བརྒྱུད་རིམ་སྐོར་ང་ཚོར་ངེས་ཤེས་ཟབ་མོ་རྙེད་སྲིད།

ཁྱོད་ཀྱིས་ཤེས་གསལ་ལྟར། དེ་ལྟའི་ཆེས་དཀྱུས་མ་དང་སྟབས་བདེ་ཡིན་པའི་སྐྱེ་དངོས་རྣམ་པ་དེ་དག་དང་འབྲེལ་བའི་བྱེད་རིམ་སྙིང་པོ་གང་དག་ད་བར་རིམ་འགྱུར་ཐེབས་ཤིང་ཤེས་རྟོགས་བྱུང་བ་རྣམས་ནི་རང་བྱུང་འཕེལ་འགྱུར་གྱི་ཁྲོད་དུ་བསྲི་ཚགས་བྱས་ཡོད་ཅིང་། དེ་དག་ནི་བསྐལ་བ་དུ་མའི་རིང་ལའང་འཕོ་འགྱུར་ཏ་ཙང་ཞུང་ངུ་ལས་མི་འགྲོ་བར་ཤེས་ཡོད། གོང་དུ་མཉམ་ལས་བྱ་བར་ཞུགས་པའི་ཕྲ་སྲིན་གྱི་སྐོར་གྱི་ཟུར་ངོས་འགྲེལ་བརྗོད་ནང་ཕྲ་ཕུང་ཆིག་ལྡན་གྱི་སྐྱེ་དངོས་ཁྲོད་ཕྲ་ཕུང་ཕན་ཚུན་དབར་འགྲུབ་པའི་འབྲེལ་སྦྱོར་ལ་ཁ་ཕྱོགས་པའི་གོམ་སྟབས་ཀྱི་རྣམ་འགྱུར་ཞིག་ཀྱང་ང་ཚོས་མཐོང་ཡོད། དེས་ན་ད་ལྟ་འཚོ་སྡོད་བྱེད་བཞིན་པའི་སྐྱེ་དངོས་ཁྲོད་གོམ་པ་མདུན་སྤོ་བྱས་ཏེ་ཕྲ་ཕུང་ཆིག་ལྡན་གྱི་དུས་རིམ་དག་དང་ཕྲ་ཕུང་མང་ལྡན་གྱི་དུས་རིམ་རྣམ་པ་གཉིས་ག་ཚུད་པའི་འཚོ་ཐབས་རོལ་བཞིན་པ་དེ་འདྲ་ཞིག་མཐོང་རྒྱུ་ཡོད་དམ།

སྨུག་ཕུང་། ཚེའི་འཁོར་རྒྱུན།

པི་རིན་སི་ནོན་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་གི་ཚན་རིག་པ་མིང་ལ་ཇོན་ཏ་ཡེ་ལར་སྦོ་ནར་ཟེར་བ་ཞིག་གིས་ད་ཕན་ལོ་ངོ་བདུན་ཅུ་ལྷག་རིང་ཧྲག་ཧྲག་རང་དེ་འདྲའི་སྐྱེ་དངོས་ཤིག་ལ་ཞིབ་འཇུག་བྱེད་ཀྱིན་བསྡད་ཡོད་ལ། སྐྱེ་དངོས་ཀྱི་རྣམ་པ་དེ་ནི་ཌིཀ་ཏོའི་སིཏེ་ལིཡམ་ཌིསི་ཀོཡི་ཌེམ་དུ་འབོད་པའི་སྨུག་ཕུང་གི་རིགས་ཤིག་རེད། (སྐྱེ་དངོས་འདི་གང་ཏུ་གཏོགས་སའི་རྒྱུད་ཀྱི་མིང་ལ་ཌིཀ་ཏོའི་སིཏེ་ལིཡམ་དང་། ཉེ་རིགས་ཀྱི་མིང་ལ་ཌིསི་ཀོཡི་ཌེམ་ཟེར།) སྨུག་ཕུང་འདི་རིགས་ལ་ཡིད་དབང་འཕྲོག་པའི་ཚེའི་འཁོར་རྒྱུན་ཞིག་ལྡན་པ་དེ་དཔེ་རིས ༡ ནང་སྤྱི་སྒོམ་གྱི་ཚུལ་དུ་བསྟན་ཡོད་ལ། དེར་མ་ཟད་དྲ་ཐག་http://www.youtube.com/watch?v=bkVhLJLG7ugའདིར་བརྙན་འཕྲིན་བརྒྱུད་གསོན་པོར་ཡང་མཐོང་དུ་ཡོད། སྨུག་ཕུང་འདི་དག་འཛམ་གླིང་ཁྱོན་ཡོངས་སུ་ནགས་ཚལ་གྱི་མཐིལ་ཞལ་ངོས་སུ་འཚོ་སྡོད་བྱེད་ཅིང་། ཇི་སྲིད་དུ་དེ་དག་གི་ཟས་སུ་གྱུར་པའི་ཕྲ་སྲིན་གྱི་རིགས་མང་པོ་ཡོད་པ་དེ་སྲིད་དུ་སྨུག་ཕུང་དེ་རྣམས་ཀྱང་ཕྲ་ཕུང་ཆིག་ལྡན་གྱི་ཨ་མི་བྷ་ཕྲ་སྲིན་གྱི་ཚུལ་དུ་ཟས་ལ་རོལ་བཞིན་དུ་ས་ཐོག་ཏུ་ནུར་ཞིང་འཚོ་སྡོད་བྱེད་ལ། འོན་ཀྱང་ནམ་ཞིག་ཟ་ཆས་དཀོན་མོར་གྱུར་ཙ་ན་སྨུག་ཕུང་དུ་གྱུར་པའི་ཨ་མི་བྷ་ཕྲ་སྲིན་དེ་དག་ཁྲུལ་གཅིག་ཏུ་ཚུབ་འདུ་བྱས་ཏེ་ཕྲ་ཕུང་མང་འདུས་ཀྱི་སྐྱོགས་འབུ་ཞིག་ཏུ་གྱུར་ནས། ཨ་མི་བྷ་ཕྲ་སྲིན་གྱིས་གྲུབ་པའི་རྒྱལ་པ་ཞིག་གི་ཚུལ་དུ་ཕན་ཚུན་ནུར་ནས་འགྲོ་བ་རེད། “རྒྱལ་པ”ལྟ་བུའི་ལུས་ཕུང་འདིར་རྒྱབ་མདུན་(མགོ་མཇུག་)གྱི་མཚམས་ཚིགས་མངོན་གསལ་དུ་ཡོད་པས་འདི་ཉིད་ཟས་ཡོད་པའི་ཕྱོགས་སུ་ནུར་ཞིང་འགྲོ་ལ། ཟས་ཀྱིས་དབེན་པའི་ཕྱོགས་ནས་ཕྱིར་ལྡོག་པར་བྱེད།



དཔེ་རིས། ༡ སྨུག་ཕུང་དག་གི་ཡིད་དབང་འཕྲོག་པའི་ཚེའི་འཁོར་རྒྱུན།

གལ་ཏེ་ད་དུང་ཟས་མ་རྙེད་ཚེ་ཕྲ་ཕུང་རྒྱང་གཟུགས་མང་པོ་འདུས་པའི་རྒྱལ་པ་དེར་ངོ་མཚར་བའི་འཕོ་འགྱུར་(དཔེ་རིས། ༡)ཞིག་ཐེབས་པ་ཡིན། དེ་ནི་དེ་ཉིད་རྐྱོང་ལག་ཕྲ་ཕུང་དང་སོན་ཕྱེ་ཕྲ་ཕུང་སྟེ་ཕྲ་ཕུང་གི་རིགས་ཐ་དད་ངེས་ཅན་གཉིས་སུ་ཕྱེས་ནས་རིགས་དེ་གཉིས་ཀ་འདུས་པའི་གཟུགས་བཀོད་ཅིག་གི་ངོ་བོར་འཕོས་འགྲོ་བ་དེ་རེད། དེ་ཡང་སོན་ཕྱེ་དག་ནི་ཕྱི་ནས་སྲུང་སྐྱོབ་ཀྱི་གཡོག་སྲ་པོས་འཐུམས་ནས་ཡོད་པ་དང་། ནང་དུ་ཨ་མི་བྷ་ཕྲ་སྲིན་གསོན་པོ་གཟུང་ཞིང་འབྲས་བུ་ཐོགས་པའི་གོང་བུའི་རྣམ་པར་ཡོད། འོན་ཀྱང་རྐྱོང་ལག་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་རྐྱོང་ལག་དེའི་རྩེར་འཁོད་པའི་སོན་ཕྱེ་ཕྲ་ཕུང་དག་གི་ཆེད་དུ་རང་སློས་གཏོང་གིས་འཆི་རུ་འཇུག་པ་དག་ཡིན།

because they are raised up above the forest floor to disperse across a wide area, increasing the chance they will fall in an area containing food. When spores do land near food, they lose their protective coats and become active single-celled amoebae again; if no food is present where they land, the spores can stay alive and stable for long periods of time, until food is again available.

SLIME MOLD: EVOLUTION OF DEVELOPMENT

What has happened here? How did it happen? You should see that in addressing these questions, we are addressing the central questions of development outlined above, because in the slime mold we have an organism that can be either single- or multi-celled. *The single-celled version* ***in which all the cells are the same*** *changes into a* ***multi-celled version in which new and different kinds of cells occur***.

To accomplish these stages, slime mold cells move and grow in a coordinated fashion. So, here we have a perfect model system to study. If the 'simple' slime mold can lead us to answers to the basic questions of developmental biology, this will also help us understand who we are.

Although slime molds might at first seem unrelated to us, they do indeed hold answers, or at least the beginnings of answers, to many basic questions about what makes us what we are. Let's see if we can convince you of this. We'll start with the question 'what has happened here?' and then consider how it happened.

In a very general sense, Figure 1 and the slime mold video outline what happens in the slime mold life cycle. But, let's look at this cycle from an evolutionary perspective and ask more specifically this question: In evolutionary time, how might a single-celled organism, an ancestor of Dictyostelium, have evolved into the multi-celled slug and stalk-and-spore?

In a research paper in Evolution & Development, Dr. Bonner outlines a proposed answer for this question that is based very much on the logic of Darwin we used above for why a single cell might benefit from spending time with another single cell.

Bonner starts with the assumption that evolution here was driven by selection for better dispersal of slime mold spores; better dispersal means more spores get spread over a wider area, increasing the chance of a spore landing near food, increasing the chance of that organism and its genes being passed on to more offspring. Perhaps the first event (step 1) was **a chance interaction between two spores** (sometimes called cysts in different mold species). Maybe a 'glue molecule' usually involved in building

དེས་ན་ནམ་ཞིག་འབྲས་ཐོགས་གོང་བུ་དེ་ཉིད་ཁ་གས་པ་ན་སོན་སྦུ་འདི་དག་སླར་ཡང་གསོན་པོར་འཚོ་བར་ནུས་ལྡན་དུ་གྱུར་ཡོད་ལ། དེ་དག་ནགས་ཚལ་གྱི་མཐིལ་ཞལ་ལ་ལྷོས་ཏེ་ཡར་བརྟེགས་ནས་འཕོད་ཡོད་པས་གས་འཐོར་གྱི་སྐབས་ས་ཁྲོན་ཁྲབ་ཆེར་འགྲམས་རུང་ཞིང་། དེ་ལས་དེ་དག་ཟ་ཆས་ཡོད་པའི་ས་ཁུལ་དག་ཏུ་ལྷུང་བའི་གོ་སྐབས་ཀྱང་མཐོར་འདེགས་བྱེད། དོན་དངོས་མར་ཡང་སོན་སྦུ་དེ་དག་ཟ་ཆས་ཀྱི་ཉེ་འཁྲིས་སུ་བབས་ཙ་ན་དེ་དག་རང་གི་གཡོག་ཁེབས་དོར་ནས་སླར་ཡང་ཕྲ་ཕུང་ཆིག་ལྡན་གྱི་ཨ་མི་བྷ་ཕྲ་སྲིན་གསོན་པོ་ཞིག་གི་ངོ་བོར་ལོག་ལ། གལ་ཏེ་སོན་སྦུ་དེ་དག་གང་དུ་བབས་སའི་ཕྱོགས་དེར་ཟས་མ་རྙེད་ན་འང་དེ་དག་དུས་ཡུན་རིང་པོར་ཟས་མེད་པར་བརྟན་ལ་གསོན་པོར་འཚོ་སྡོད་བྱེད་ནུས།

སྦྱག་ཕུང་གི་འཚར་འཕེལ་བྱུང་རིམ།

དེས་ན་འདིར་གང་ཞིག་བྱུང་བ་རེད་དམ། དེ་ཇི་ལྟར་བྱུང་བ་རེད་དམ་ཞེ་ན། དྲི་བ་འདི་དག་ལ་གདོང་ལེན་བྱེད་པ་ནི་གོང་དུ་ཕྱོགས་ཙམ་གླེང་བའི་འཚར་འཕེལ་གྱི་དྲི་བ་སྙིང་པོ་རྣམས་ལ་གདོང་ལེན་བྱེད་པར་ཁྱོད་ཀྱིས་ཤེས་ཐུབ་སྟེ། སྦྱག་ཕུང་གི་མཚན་གཞི་འདིའི་སྟེང་ཁྱེད་ཀྱིས་ཕྲ་ཕུང་ཆིག་ལྡན་དང་ཕྲ་ཕུང་མང་ལྡན་ཅི་རིགས་པར་འགྱུར་རུང་བའི་སྐྱེ་དངོས་ཀྱི་རྣམ་པ་ཞིག་མཐོང་བའི་ཕྱིར། དེ་ཡང་རང་ལོངས་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་ཀུན་རིགས་གཅིག་ཞེ་ཅིག་ཡིན་པའི་ཕྲ་ཕུང་ཆིག་ལྡན་གྱི་རྣམ་པ་དེ་འདྲ་ཞིག་ད་གཟོད་རིགས་མི་གཅིག་ཅིང་གསར་པ་ཡིན་པའི་ཕྲ་ཕུང་དེ་འདྲ་འདུས་པའི་ཕྲ་ཕུང་མང་ལྡན་གྱི་རྣམ་པ་ཞིག་ཏུ་འཕོ་འགྱུར་འགྲོ་བའི་གནས་སྟངས་ཤིག་མཚོན་པ་རེད།

གོམ་སྟབས་འདི་དག་སྔོ་བར་སྦྱག་ཕུང་གི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ཕན་ཚུན་འཚམ་འགྲིག་ཟབ་པོའི་སྒོ་ནས་འགུལ་བསྐྱོད་དང་འཚར་སྐྱེ་བྱེད་ལ། དེས་ན་འདི་ནི་ངེད་ཚོས་སྦྱོང་ཚན་དུ་སྦྱོད་རུང་བའི་དཔེ་གཞི་མ་ལག་འཕྲུས་ཚང་ཞིག་རེད། གལ་ཏེ་“ཆེས་དཀྱུས་མ་དང་སྟབས་བདེ་”ཡིན་པའི་སྦྱག་ཕུང་འདིས་འཚར་འཕེལ་སྐྱེ་དངོས་རིག་པའི་རྨང་གཞིའི་དྲི་བའི་ལན་གྱི་ཕྱོགས་སུ་ངེད་ཚོའི་བློ་སྒོ་འབྱེད་ཆེ། དེ་ལས་ང་ཚོ་རང་ཉིད་སུ་ཡིན་མིན་ཤེས་རྒྱུར་ཡང་རམ་འདེགས་འཐོབ་ངེས་རེད།

དེ་ལ་དང་ཐོག་སྦྱག་ཕུང་འདི་དག་ང་ཚོ་དང་འབྲེལ་མེད་ཅིག་ཏུ་མཐོང་སྲིད་རུང་། དེ་དག་གིས་མིའི་འགྲོ་བ་རྣམས་ད་ལྟའི་རྣམ་པར་རྒྱུ་གང་ཞིག་གིས་བྱས་མིན་གྱི་རྨང་གཞིའི་དྲི་བ་མང་དག་ལ་ལན་དངོས་སུ་ལྡོན་པའམ། མ་མཐར་ཡང་ལན་ལྡོན་པའི་འགོ་རྩོམ་པ་ནི་དངོས་འབྲེལ་ཡིན། དེ་ལྟ་ནའང་དེ་ལྟར་ཡིན་པ་ངེད་ཚོས་ཁྱེད་ལ་ངེས་ཤེས་བསྐྱེད་ཐུབ་མིན་ལ་བལྟ་དགོས། དེ་ཡང་ང་ཚོས་ཐོག་མར་“འདིར་གང་ཞིག་བྱུང་བ་རེད་དམ།”ཞེས་པའི་དྲི་བ་ནས་འགོ་རྩོམ་ལ། དེ་ནས་དེ་ཉིད་ཇི་ལྟར་བྱུང་བའི་ཚུལ་ལ་བསམ་གཞིག་བྱའོ།།

སྦྱག་ཕུང་གི་ཚེའི་འཁོར་རྒྱུན་ནང་ཅི་ཞིག་འབྱུང་མིན་སྐོར་ཆེས་སྤྱིར་བཏང་གི་གནས་ཚུལ་ཙམ་ཞིག་ནི་དཔེ་རིས་ ༧ དང་སྦྱག་ཕུང་སྐོར་གྱི་བརྙན་འཕྲིན་དག་གིས་འགྲེལ་སྟོན་བྱེད་ཡོད། འོན་ཀྱང་ངེད་ཚོས་ནི་ཚེའི་འཁོར་རྒྱུན་འདིར་འཕེལ་འགྱུར་གྱི་ངོས་ཐད་ནས་བལྟ་བར་བྱ་ལ། དེ་ཡང་དམིགས་བཀར་གྱིས་ཌིཀ་ཊོ་ཡི་སི་ཊེ་ལི་ཡམ་(ཡི་རྒྱུད་དུ་གཏོགས་པའི་སྲོག་ཆགས་)ཀྱི་མེས་པོར་གྱུར་པའི་ཕྲ་ཕུང་ཆིག་ལྡན་གྱི་སྐྱེ་དངོས་ཤིག་རིམ་གྱིས་ཕྲ་ཕུང་མང་ལྡན་གྱི་སྐྱོགས་འབུ་དང་། རྐང་ལག་དང་སོན་སྦུ་སྦྲགས་མ་རུ་ཇི་ལྟར་འཕེལ་འགྱུར་བྱུང་ངམ་ཞེས་པའི་དྲི་བར་བལྟ་བར་བྱའོ།།

རང་གི་དཔྱད་ཞིབ་ཡིག་ཆ་“འཕེལ་འགྱུར་དང་འཚར་འཕེལ་”ཞེས་པའི་ནང་འབུམ་རམས་པ་སྦྲོ་ནར་གྱིས་གོང་གསལ་དྲི་བ་དེར་གདབ་རུང་བར་བཟུང་བའི་རང་གི་ལན་འདེབས་ཀྱི་སྙིང་དོན་བཤད་ཡོད་ཅིང་། དེར་ཁོང་གིས་གོང་དུ་ང་ཚོས་བཀོལ་བའི་ཌར་ཝིན་གྱི་རིགས་པ་སྟེ། ཕྲ་ཕུང་རྐྱང་པ་ཞིག་ཕྲ་ཕུང་རྐྱང་པ་གཞན་དང་ལྷན་དུ་དུས་ཚོད་བསྐྱལ་བ་ལས་རང་ལ་དགེ་མཚན་འབྱུང་རིགས་པར་བསྒྲུབ་པའི་སྒྲུབ་བྱེད་དེར་ཆེས་བརྟེན་པ་ཞིག་ཡིན་འདུག

དེ་ཡང་སྦྲོ་ནར་གྱིས་སྐབས་འདིའི་འཕེལ་འགྱུར་ནི་གང་དུ་སྦྱག་ཕུང་སོན་སྦུ་དག་གི་གདལ་ཁ་བཟང་ས་དེའི་ཕྱོགས་སུ་རང་བྱུང་འདེམས་སྒྲུག་ཐེབས་ཆེ་བར་བཟུང་བའི་ཚོད་རྩིས་དེ་ནས་འགོ་བརྩམས་ཡོད། དེ་ལ་གདལ་ཁ་བཟང་བ་ཞེས་པས་ཁྱོན་ཡངས་པར་སོན་སྦུ་མང་བ་འགྲམས་པ་ལ་ཟེར་བ་ཡིན་ཏེ། དེ་ལྟར་བྱུང་ན་སོན་སྦུ་རྣམས་ཟས་ཀྱི་ཉེ་འཁྲིས་སུ་འཕོད་པའི་སྲིད་ཚད་ཆེ་བར་འགྱུར་ལ། དེ་ལྟར་བྱུང་ན་སྐྱེ་དངོས་དེ་དང་དེའི་རིགས་རྫས་རྣམས་རྒྱུད་འཛིན་ཕྲུ་གུ་མང་བར་བརྒྱུད་སྤྲོད་ཐུབ་པའི་རྒྱུ་མཚན་གྱིས་རེད། ཕལ་ཆེར་ཆེས་ཐོག་མའི་བྱུང་བ་(གོམ་སྟབས་དང་པོ་)དེ་ནི་སོན་སྦུ་གཉིས་(སོན་སྦུ་ཉེ་རིགས་འདྲ་མིན་ཁྲིད་རྙེད་པའི་རྣམ་པ་འདི་དག་ལ་སྐབས་འགར་ལྷང་བུ་ཞེས་སུ་འབོད།)དབར་སྐྱེས་དབང་གིས་འཕྲད་སྦྱོར་བྱུང་བ་ཞིག་ཡིན་སྲིད། རྒྱུན་དུ་སོན་སྦུ་དག་གི་སྦུང་གོས་འགྲུབ་པར་འབྲེལ་བ་ཡོད་པའི་འབྱུར་

the spores' protective coats accidentally glued together two spores instead (Figure 2). This interaction gave these two cells an advantage in dispersal because, for example, they may have been more likely to be eaten by a worm and then spread around when that worm excreted its waste at another location. These spores are unable to be digested, so the worms served as dispersal agents. Consistent with such a sequence of events, there are contemporary species of mold that disperse spores in this way, rather than by the formation of stalks with spores.

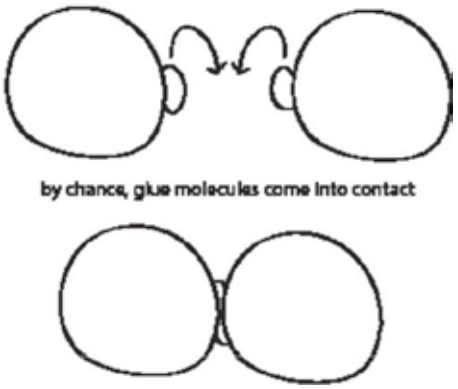


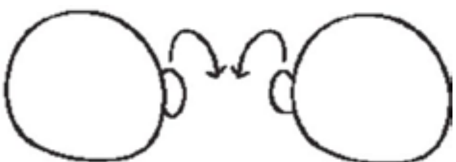
Figure 2: Spores produce a 'glue molecule' to help build a protective outer coat, but these glue molecules may have accidentally glued two neighboring spore cells together instead.

Next (step 2), across thousands and millions of generations, since aggregation of spores gave an advantage to an evolving slime mold, any strategy that evolved to increase aggregation therefore gave advantage. Perhaps a signaling molecule that these cells were using for something else (sending messages inside the cell) was 'borrowed' to instead signal externally to encourage aggregation. Such a process of movement in response to a molecule or chemical is called **chemotaxis**.

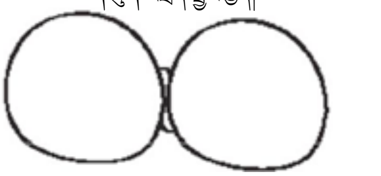
Aggregates or collections of spores that happened to be the biggest and stuck up in the air from the forest floor the highest would have an advantage because their spores could be dispersed further, increasing chances of finding food and reproducing. These evolving organisms could also take their chemotaxis ability a step further and evolve the ability to move together as many cooperating cells (a slug) to look for new food. This would of course also be an advantage in terms of finding more food; here the evolving organism would be carrying out the same role on its own that the worm does for other mold species, that is, carrying far and wide the source of its future generations, its genes and cells.

The evolution of a stalk would make it easier to get the spores higher in the air and thus to increase dispersal distance. Bonner points out that this evolutionary moment is the key point where we move, as discussed above, from one type of cell to two. This is the evolution of a **division of labor**; two types of cells arise from one—one type of cell does one job, build a stalk and die, and another type does another job, stay as living cells (in the spores) to pass on to the next generation.

In Bonner's model, the most active, energetic amoebae are at the front of the slug and eventually are the cells that form a stalk, lifting the other amoebae into the air as spores. With time, this process would evolve to be carefully regulated, monitoring, for example how long slugs search before stopping to form stalks and spores, how fast the slugs move or the stalks grow, and how many spores appear in the fruiting body.



འཕྱར་བག་འདུས་རྫུལ་དེ་དག་སྟེས་དབང་གིས་ནང་ཕན་ཚུན་འཕྲད་སྦྱོར་བྱེད།



དཔེ་རིས། ༣ སྦྱིར་ན་རང་གི་ཕྱིའི་སྲུང་གོས་འགྲུབ་པར་རམ་འདེགས་འཐོབ་ཆེད་སོན་ཕྲེ་དག་གིས་འཕྱར་བག་འདུས་རྫུལ་རིགས་སྐྱེད་སྐྲུན་བྱེད་ཀྱང་། སྐབས་རེ་འཕྱར་བག་འདུས་རྫུལ་འདི་རྣམས་རང་གི་སྐབས་འབྲེལ་བྱ་བ་འགྲུབ་རྒྱུའི་ཚབ་ཏུ་སྟེས་དབང་གིས་ཉེ་འཁྲིས་ཀྱི་སོན་ཕྲེ་ཕྲ་ཕུང་གཉིས་མཉམ་དུ་འཆིང་ཞིང་སྦྱོར་བའི་ལས་ལ་ཞུགས་ཚོག

བག་འདུས་རྫུལ་དག་གིས་ཕལ་ཆེར་སྟེས་དབང་གིས་སོན་ཕྲེ་གཉིས་གཅིག་ཏུ་སྦྱོར་བ་ཡིན་སྲིད་(དཔེ་རིས། ༣)། སྦྱོར་སྟེབ་འདི་རིགས་ཀྱིས་ཕྲ་ཕུང་དེ་གཉིས་ལ་ཁྱབ་གདལ་འགྲོ་བའི་ཁེ་ཕན་སྦྱིན་ཏེ། དཔེར་ན་སོན་ཕྲེ་དེ་དག་འབུ་སྲིན་ཞིག་གིས་ཟོས་རྗེས། འབུ་སྲིན་དེས་རང་གི་སྐྱིགས་མ་དོར་བ་དང་མཉམ་དུ་སོན་ཕྲེ་དེ་དག་ཕྱིར་བུད་པ་ལས་དེ་དག་ས་ཁུལ་གཞན་དུ་འགྲམས་ཤས་ཆེ་བའི་ཕྱིར། དེ་ལ་སོན་ཕྲེ་འདི་དག་ནི་སུས་ཀྱང་འཇུར་མི་བཏུབ་པས་གནས་སྐབས་དེ་དག་ཏུ་འབུ་སྲིན་རྣམས་དེའི་འགྲེམས་བྱེད་ཙམ་དུ་གྱུར་པ་རེད། དེང་རབས་ཀྱི་སྨུག་ཕུང་ཉེ་རིགས་ཁྲོད་དུའང་སྔར་ལྟར་སྨུག་ཕུང་གཟུང་བའི་རྐྱེན་ལག་འགྲུབ་པའི་བྱེད་རིམ་དེ་བརྒྱུད་མི་དགོས་པར་གོང་གི་བྱུང་བའི་རིམ་པ་དག་དང་མཐུན་པར་ཚུལ་འདིའི་སྒོ་ནས་སྨུག་ཕུང་རྒྱ་ཁྱབ་ཏུ་འགྲམས་པ་དེ་འདྲ་མཐོང་དུ་ཡོད།

སོན་ཕྲེ་ཕུང་གསོག་བྱས་པ་དེས་འཕེལ་འགྱུར་འགྲོ་བཞིན་པའི་སྨུག་ཕུང་ལ་ཁེ་ཕན་བྱིན་པའི་དབང་གིས། དེའི་རྗེས་སོར་(གོམ་སྟབས་གཉིས་པར་)རྒྱུད་རབས་སྔོང་ཕྲག་དང་ས་ཡ་དུ་མའི་རིང་སོན་ཕྲེ་ཡི་འདུས་ཕུང་འགྲུབ་པར་རྟེང་སྐྱལ་གཏོང་བའི་ཐབས་རྩལ་གྱི་རིགས་ཐམས་ཅད་ཀྱིས་ཁེ་ཕན་བྱིན་ཡོད། དེར་མ་ཟད། རྒྱུན་དུ་ཕྲ་ཕུང་འདི་དག་གིས་སྦྱོད་སྒོ་གཞན་དུ་(ཕྲ་ཕུང་ནང་སྦུག་ཏུ་བཟ་འཕྲིན་གཏོང་ཆེད་དུ་)བཀོལ་བའི་འཕྲིན་གཏོང་འདུས་རྫུལ་ཞིག་ཕལ་ཆེར་སྐབས་དེ་དག་ཏུ་དེ་ལྟའི་ཕུང་གསོག་བྱ་བ་བསྐྱུལ་བའི་ཆེད་ཕྲ་ཕུང་གི་ཕྱི་རོལ་ནས་བཟ་འཕྲིན་གཏོང་ཆེད་དུ་གཡར་སྐྱི་བྱས་ཡོད་སྲིད། འདུས་རྫུལ་ལམ་རྗེས་དངོས་ཤིག་ལ་ཡ་ལན་གྱི་ཚུལ་དུ་བསླངས་པའི་འགྱུལ་བསྐྱོད་ཀྱི་བྱེད་རིམ་འདི་རིགས་ལ་རྗེས་འབྲེལ་ཕྱོགས་བསྐྱོད་ཟེར་བ་རེད།

སོན་ཕྲེའི་ཕུང་པོའམ་ཚོགས་གང་ཞིག་བོངས་ཚད་ཀྱི་ཆ་ནས་ཆེ་ཤོས་ཡིན་པ་དང་ནགས་ཚལ་གྱི་མཐིལ་ཞལ་ནས་མཁའ་དབྱིངས་སུ་ཡར་མཐོ་ཤོས་སུ་བརྟེགས་པ་གང་ཡིན་པ་དེར་ལམ་འགྲོའི་དམིགས་སྒོ་བཟང་ཤོས་ཡོད་དེ། དེ་རྣམས་རྒྱང་ཐག་རིང་ཤོས་སུ་ཁྱབ་གདལ་འགྲོར་སྲིད་པའི་ཕྱིར་དང་། དེའི་དབང་གིས་དེ་དག་ལ་ཟས་རྙེད་པའི་དམིགས་སྒོ་མཐོར་འདེགས་སུ་འགྱུར་བའི་ཕྱིར། དེར་མ་ཟད་འཕེལ་འགྱུར་བརྒྱུད་བཞིན་པའི་སྐྱེ་དངོས་འདི་དག་ལ་ལྡན་པའི་རྗེས་འབྲེལ་ཕྱོགས་བསྐྱོད་ཀྱི་ནུས་པ་དེ་ཉིད་གོམ་གང་ཡར་འཕེལ་དུ་གྱུར་ཏེ། ཕྲ་ཕུང་དེ་ཀུན་(སྐྱོགས་འབུའི་ཚུལ་དུ་)མཉམ་སྒྲིལ་གྱི་སྒོ་ནས་ཟས་འཚོལ་བའི་བྱ་བར་ཞུགས་ནུས་སུ་འཕེལ་འགྱུར་བྱུང་རུང་ཞིང་། དེ་ལྟར་བྱུང་བས་ཟས་རྙེད་པའི་དམིགས་སྒོ་ཡང་སྔར་ལས་གོང་མཐོར་འགྱུར་ངེས། དེ་ལྟར་གྱུར་ཚེ་སྔར་འབུ་སྲིན་གྱིས་སྨུག་ཕུང་གི་ཉེ་རིགས་གཞན་གྱི་ཆེད་དུ་འགྲུབ་པའི་བྱ་གཞག་སྟེ། སྨུག་ཕུང་གི་རྒྱུད་རབས་ཕྱི་མ་དག་གི་འབྱུང་ཁུངས་སུ་གྱུར་པའི་རིགས་རྗེས་དང་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ག་ས་གང་དུ་དབོར་འདྲེན་བྱེད་པའི་བྱ་གཞག་དེ་ཉིད། སྐབས་འདིར་འཕེལ་འགྱུར་འགྲོ་བཞིན་པའི་སྐྱེ་དངོས་དེ་ཉིད་ཀྱིས་བསྒྲུབ་ཐུབ་པ་འབྱུང་ངོ་།།

རིམ་གྱིས་རྐྱེན་ལག་ཅིག་ཕྱིར་དོད་པ་དེས་སོན་ཕྲེ་རྣམས་མཁའ་དབྱིངས་སུ་ཇེ་མཐོར་འདེགས་པར་འཇུག་པ་བདེ་རུ་གཏོང་ངེས་ཤིང་། དེས་དེ་དག་ས་ཕྱོན་རྒྱ་ཆེ་སར་ཁྱབ་གདལ་འགྱུར་བར་ཡང་ཕན་ཐོགས་འབྱུང་ངེས་རེད། འདི་ཐད་སྔོ་ནར་གྱིས་གསལ་སྟོན་བྱེད་པ་ནི། འཕེལ་འགྱུར་གྱི་མཚམས་འདི་གོང་དུ་ངེད་ཚོས་གྲོས་སྟུར་བྱས་པ་བཞིན་ཕྲ་ཕུང་གི་རིགས་གཅིག་ནས་གཉིས་སུ་མཆེད་པའི་ས་མཚམས་གནད་ཆེན་ཞིག་མཚོན་པ་རེད་ཟེར། ཚུལ་འདི་ནི་ལས་རྗེས་བགོ་འགྲེམས་བྱེད་པའི་འཕེལ་འགྱུར་གྱི་རྣམ་པ་ཞིག་སྟེ། དེ་ཡང་ཕྲ་ཕུང་རིགས་གཅིག་ལས་རིགས་ཐ་དད་པ་གཉིས་ཐོན་པ་དེ་ལ་བྱེད་དེ། དེ་ལས་ཕྲ་ཕུང་རིགས་གཅིག་གིས་རྐྱེན་ལག་བསྐྱེད་དེ་རང་ཞིག་ཏུ་འགྲོ་བའི་ལས་སྒོ་རྩོམ་པ་དང་། རིགས་གཞན་དེས་(སོན་ཕྲེ་ཡི་ཁོག་ནང་དུ་)ཕྲ་ཕུང་གསོན་པོའི་ངོ་བོར་གནས་ཏེ་རྒྱུད་རབས་རྗེས་མར་བརྒྱུད་སྤྲོད་བྱེད་པའི་ལས་སྒོ་གཞན་དེ་རྩོམ་མོ།།

སྔོ་ནར་གྱི་དཔེ་གཞི་དེ་གཞིར་བཞག་བྱས་ན་ཨ་མི་བྷ་ཕྲ་སྲིན་ཁོངས་ནས་ལས་ལ་ཆེས་རེམ་ཞིང་ཧ་ཅང་ལས་ཆོད་ཆེ་བ་རྣམས་སྐྱོགས་འབུའི་མདུན་ངོས་སུ་ཆགས་ཡོད་པས། ཨ་མི་བྷ་ཕྲ་སྲིན་གཞན་རྣམས་སོན་ཕྲེ་ཡི་རྣམ་པར་ནམ་མཁར་འདེགས་མཁན་དང་། ནམ་ཞིག་རྐྱེན་ལག་གི་ངོ་བོར་དོད་པ་ཡང་འདི་དག་ཉིད་ཡིན། དུས་རིམ་གྱིས་སོང་བ་དང་མཉམ་དུ་གནས་འགྱུར་གྱི་བྱེད་རིམ་འདི་ཉིད་འཚམ་འགྲིག་རན་ཞིང་སྣང་ངེས་འཛིན་གོ་འཕེར་ཞིག་ཏུ་འགྱུར་བས། དཔེར་ན་སྐྱོགས་འབུ་དག་གིས་རྐྱེན་ལག་དང་སོན་ཕྲེ་བསྐྱེད་རྒྱུ་འགོ་མ་འཛུགས་གོང་དུས་ཡུན་ཇི་ཙམ་རིང་ལྷུ་མཐུད་དུ་འཚོལ་ཞུལ་གྱི་བྱ་བ་འགྲུབ་དགོས་མིན་དང་། སྐྱོགས་འབུ་དག་སྨུར་བུལ་གྱི་ཚོད་ཇི་ཙམ་དུ་འགྱུལ་བསྐྱོད་བྱེད་མིན། རྐྱེན་ལག་སྐྱེད་སྲིང་བྱེད་མིན། འབྲས་ཐོགས་གོང་བུའི་ཁོག་པར་སོན་ཕྲེ་ཡི་གྲངས་ཚད་ཇི་ཙམ་འབུ་མི་འབུ་བཅས་ལའང་བྱེད་རིམ་འདིས་སྣང་འཛིན་འཚམ་འགྲིག་བྱེད་པ་རེད།

FROM ONE CELL TO MANY: HOW DOES IT HAPPEN?

We've looked at a description of what happens in slime mold development and at an explanation of how such a developmental program may have evolved. Now, let's look at the underlying principles of what is known about how this program happens.

MONKS BUILD A TEMPLE

First, an analogy: imagine you want to build a small temple in your monastery. You have 1,000 monks in a huge room at your disposal. At first, in the room, all the monks are doing their own independent thing—studying, eating, and singing. You are about to start your temple-building project, so you enter in the main door of the room and you call out loudly: 'Everyone, I have a project! We need to build a temple! Please come with me!' The monks closest to you hear your yelling the best, the ones further away less well; the sound of your voice is distributed in a **gradient**—loudest closest to you and then less loud the further from you (Figure 3).

The monks closest to you receive the signal; inside each monk, just like inside each cell, the signal is interpreted, and the bodies of the monks arrange so that they orient toward you and start moving. Once other monks, ones that didn't hear your yelling as well or even at all, get the message of what's going on from watching or asking other monks, they begin to move toward you also. Finally there's a large group of monks clustered around you. You start talking to the first monks right away and giving them directions. They respond to you and send other signals to later arriving monks. As new monks join the group from far across the room, the first monks are already taking on new jobs.

You have assigned the first few monks that reach you to lead three separate groups and to recruit others of the 1000 monks to help them. One group is to gather building materials for the temple; another is to clear out the land for the temple, and a third is to study the architectural plans. There are about 330 monks in each group. Once assigned to a group, the monks in each group have to move as a group to a particular location (and must communicate to do so); also monks **within one group** take on more specific tasks. For example, in the group assigned to gather building materials, some are directing the others, some are lifting wood, some are carrying tools. Within each group, the monks communicate with and rely on each other to get their particular jobs done; in addition, each group relies on each of the other groups and adjusts what they do both to monks within their own group and to what the other groups are doing.

In the end, if all goes well (which it often doesn't), the temple is built. Given

IN DEPTH: AN EVOLUTIONARY PERSPECTIVE ON ALTRUISM

We already saw in the previous sidebar that even single-celled organisms appear to exhibit some altruism. Now we have a case, of many more to come, of what might be considered the ultimate altruistic act: self-sacrifice. The slime mold stalk cells die in order to allow their close genetic relative spore cells to survive and pass on their genes. Evolutionary and developmental biologists have spent a lot of time studying altruism and self-sacrifice—some reducing it to simply a means of allowing one's genes to continue, others adding more nuanced interpretations—from the mathematical to the psychological

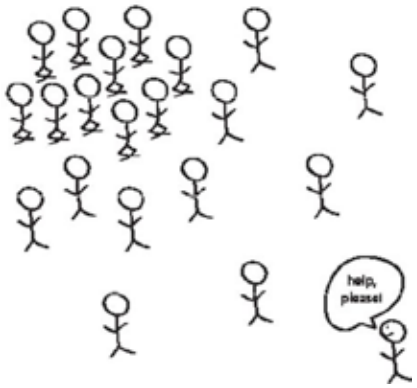


Figure 3: Monks Building a Temple. If you call to a group of people to come help you with your project, those closest to you will be able to hear you better than the people in the back. The people in the front will begin moving toward you immediately, while the people in the back take longer to respond. This creates a gradient.

གཏིང་ཚུགས་པའི་ལྟ་ཞིབ། གཞན་ཕན་གྱི་གཤིས་སྤྱོད་ལ་འཕེལ་འགྱུར་གྱི་ལྟ་ཕྱོགས་ནས་འགྲེལ་ལུགས།

གོང་དུ་ཟུར་ངོས་ཀྱི་དཔེ་རིས་ཤིག་ནང་ཕྲ་ཕུང་ཆེག་ལྡན་གྱི་སྐྱེ་དངོས་དག་གིས་ཀྱང་གཞན་ཕན་བྱ་སྤྱོད་ལ་ཞུགས་ཚུལ་ངེད་ཚོས་མཐོང་ཡོད། འདིར་སླར་ཡང་ངེད་ཚོའི་མདུན་སྣར་རང་བློས་གཏོང་གི་ཐག་གཅོད་དེ། གཞན་ཕན་བྱ་སྤྱོད་ཀྱི་མཐར་ཐུག་གི་རྣམ་འགྱུར་དུ་བལྟས་ཆོག་པའི་དཔེ་མཚོན་ཞིག་སླེབས་ཡོད་ལ། དེ་ལྟའི་དཔེ་མཚོན་མང་དག་ཅིག་རྙེད་པའི་ཁོངས་ནས་འདི་ཉིད་གཅིག་རེད། དེ་ནི་རང་གི་ཐག་ཉེའི་རིགས་རྫས་ཉེ་འབྲེལ་དུ་གཏོགས་པའི་སོན་ཕྱི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་སུ་མཐུད་དུ་འཚོ་སྡོད་བྱེད་པ་དང་། དེ་དག་གི་རིགས་རྫས་རྣམས་རྒྱུད་རབས་ཕྱི་མ་རྣམས་སུ་བརྒྱུད་སྤྲོད་ཐུབ་ཆེད་ཀྱིས་སྐམ་ཕུང་གི་རྐྱང་ལག་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ཀྱིས་རང་སྲོག་བླྭོས་བཏང་བ་ཞིག་རེད། དེ་ནི་རང་གི་ཐག་ཉེའི་རིགས་རྫས་ཉེ་འབྲེལ་དུ་གཏོགས་པའི་སོན་ཕྱི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་སུ་མཐུད་དུ་འཚོ་སྡོད་བྱེད་པ་དང་། དེ་དག་གི་རིགས་རྫས་རྣམས་རྒྱུད་རབས་ཕྱི་མ་རྣམས་སུ་བརྒྱུད་སྤྲོད་ཐུབ་ཆེད་སྨུག་ཕུང་གི་རྐྱང་ལག་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ཀྱིས་རང་སྲོག་བློས་བཏང་བའི་རྣམ་པ་དེ་རེད། འཕེལ་འགྱུར་སྐྱེ་དངོས་རིག་པ་བ་དང་འཚར་འཕེལ་སྐྱེ་དངོས་རིག་པ་བ་དག་གིས་ད་བར་གཞན་ཕན་བྱ་སྤྱོད་དང་རང་བློས་གཏོང་གི་གཤིས་སྤྱོད་ལ་དབྱེ་ཞིབ་རྒྱུན་རིང་བསྐྱངས་པའི་མཇུག་འབྲས་སུ་དེར་འགྲེལ་བཤད་རྒྱག་ཚུལ་རྣམ་གྲངས་ཁ་ཤས་ཐོན་ཡོད་པ་ནི། འགའ་རེས་བྱ་སྤྱོད་དེ་ཉིད་རང་གི་རིགས་རྫས་ཀྱི་རྒྱུན་སྲུ་མཐུད་དུ་གནས་པའི་ཐབས་ཙམ་དུ་ལྟ་གིན་ཡོད་ལ། ཡང་འགའ་རེས་དེར་རྩིས་རིག་ནས་སེམས་ཁམས་རིག་པའི་བར་རིག་གནས་ཅི་རིགས་པའི་རྩ་འཛིན་གྱི་རྒྱུས་བཏབ་སྟེ་ལྟ་སྣང་ས་ཙུང་ཟབ་ཕྱོགས་སུ་འགྲེལ་བཞིན་ཡོད།

དཔེ་རིས། ༡ གྲྭ་པ་ཆོས་ལྷ་ཁང་ཞིག་བཞེངས་བཞིན་པ། གལ་ཏེ་ཁྱོད་ཀྱིས་མིའི་ཚོགས་ཤིག་ལ་རང་གི་ལས་འཆར་ཐོག་རམ་འདེགས་བྱེད་པར་འབོད་སྐུལ་བྱས་ཆེ། མི་ཚོགས་དེའི་མདུན་གྲལ་དུ་འཁོད་པ་དག་གིས་ཁྱོད་ཀྱི་འབོད་སྒྲ་གསལ་པོར་གོ་ཐུབ་ཀྱང་། རྒྱབ་གྲལ་དུ་འཁོད་པ་དག་གིས་དེ་ཙམ་གསལ་པོར་གོ་མི་ཐུབ། དེར་བརྟེན་མདུན་ངོས་སུ་འཁོད་པའི་སྐྱེ་བོ་རྣམས་འཕྲལ་མར་མདུན་དུ་བསྐྱོད་དེ་རམ་འདེགས་ཀྱི་བྱ་བར་ཞུགས་ན་ཡང་། རྒྱབ་ངོས་སུ་འཁོད་པ་དག་གིས་ཡ་ལན་སྤྲོད་རྒྱུར་ཅུང་ཟད་འགོར་སྲིད། འདིས་གཟར་གཤིས་རྣམ་པ་ཞིག་བསྟན་པ་མཚོན་པ་རེད།

ཕྲ་ཕུང་ཆེག་རྐྱང་ཞིག་ནས་དུ་མའི་བར། འདི་ཇི་ལྟར་འབྱུང་དམ།

ངེད་ཚོས་ད་བར་སྨུག་ཕུང་གི་འཚར་འཕེལ་རྒྱུད་རིམ་ནང་ཅི་ཞིག་འབྱུང་སྐོར་གྱི་བཤད་པ་བསླགས་ལ། མ་ཟད། དེ་ལྟའི་འཚར་འཕེལ་རྒྱུད་རིམ་དེ་ཇི་ལྟར་འཕེལ་འགྱུར་བྱུང་ཚོད་ཀྱི་གསལ་བཤད་ཀྱང་མཐོང་ཡོད། ད་ནི་ངེད་ཚོས་འབྱུང་རིམ་འདི་ཇི་ལྟར་བྱུང་ཆོག་པའི་སྐོར་གང་ཤེས་པ་རྣམས་ཀྱི་སྙང་གཞིར་ཕུལ་པའི་རྩ་འཛིན་དག་ལ་བལྟ་བར་བྱའོ།།

གྲྭ་བ་ཆོས་ལྷ་ཁང་བཞེངས་ཚུལ་དཔེར་བྱས་པ།

དེ་ཡང་ཐོག་མར་མཐུན་དཔེའི་ལམ་ནས་བཤད་ན། ཁྱེད་ལ་ཁྱེད་ཀྱི་དགོན་པར་ལྷ་ཁང་ཞིག་བཞེངས་རྒྱུའི་འདུན་པ་ཡོད་པ་དང་། ཁྱེད་ལ་ལས་རོགས་གྲྭ་པ་སྟོང་ཕྲག་གཅིག་ཡོད་པ་དེ་རྣམས་ཤག་མིག་ཆེན་པོ་ཞིག་ནང་བསྡད་ཡོད་པའི་དབང་དུ་བཏང་། དང་ཐོག་གྲྭ་པ་དེ་ཀུན་རང་རང་སྤྱོད་བྱེད་པ་དང་། ཟས་ལ་རོལ་བ། རྟ་དབྱངས་ལ་གཞོལ་བ་ལྟ་བུ་རང་རང་མི་བུ་སྒེར་གྱི་ལས་བྱ་རང་དགར་རོལ་བཞིན་དུ་གནས་ཡོད་ལ། དེ་ནས་མི་རིང་བར་ཁྱེད་ཉིད་ལྷ་ཁང་བཞེངས་བསྐྲུན་གྱི་ལས་གཞི་བརྩམ་རྒྱུའི་བསམ་པ་འཆང་བཞིན་དུ་ཤག་མིག་དེའི་སྒོ་ཆེན་ནས་འཛུལ་ཏེ། སྐད་གསང་མཐོན་པོས་དེར་ཡོད་དགེ་འདུན་པ་རྣམས་ལ་འདི་ལྟར། ཀྱེ་ཀྱེ་གསོན་དང་དགེ་འདུན་པ་རྣམས། ངེད་ཚོས་ལྷ་ཁང་ཞིག་བཞེངས་དགོས་པས། ཁྱེད་རྣམས་ཁོ་བོའི་ལྷན་དུ་ཕེབས་རོགས་གནོངས། ཞེས་འབོད་བསྐུལ་བྱས། སྐབས་དེར་ཁྱེད་ཀྱི་ཉེ་འཁྲིས་སུ་འཁོད་པ་རྣམས་ཀྱིས་ཁྱེད་ཀྱི་རེ་སྐུལ་གསལ་ལེར་གོ་ལ། འོན་ཀྱང་ཁད་རྒྱང་དུ་འཁོད་པ་དག་གིས་དེ་ཙམ་གསལ་པོར་གོ་མེད་པ་སྲིད། དེས་ནི་ཁྱེད་ཀྱི་སྐད་སྒྲ་དེ་གཟར་གཤིས་ཀྱི་རྣམ་པར་འགྲམས་པ་མཚོན་ཏེ། ཁྱེད་ཀྱི་ཉེ་འཁྲིས་སུ་འཁོད་པ་དག་གིས་སྒྲ་ཤུགས་ཆེ་ཤོས་སུ་ཐོས་པ་དང་། ཐག་རྗེ་རྒྱང་དུ་འཁོད་པ་དག་གིས་སྒྲ་རྗེ་ཆུང་དུ་གོ་བའི་ཕྱིར (དཔེ་རིས། ༡)།

ཐག་ཉེ་ཤོས་སུ་འཁོད་པའི་གྲྭ་པ་དེ་ཆོས་ཁྱེད་ཀྱི་གསལ་བསྒྲགས་ཐོས་མ་ཐག་ཇི་ལྟར་ཕྲ་ཕུང་རེའི་ཁོག་ནང་དུ་འགྲུབ་པ་ཇི་བཞིན་གྲྭ་པ་དེ་དག་རེ་རེའི་ཁོག་ནང་དུའང་གསལ་བསྒྲགས་དེར་དམིགས་པའི་གློག་འགྲེལ་གྱི་བྱ་བ་བསྒྲུབས་རྗེས། གྲྭ་པ་དེ་དག་གི་ལུས་པོ་ཡང་ག་ལེར་ཁྱེད་ཀྱི་ཐད་དུ་ཕྱོགས་ཏེ་འགྲུལ་བསྐྱོད་ཀྱི་བྱ་བ་བརྩམས། ཁྱེད་ཀྱི་བརྡ་ལན་དེ་ཙམ་གསལ་པོར་མ་གོ་བའམ། ཡང་ན་གཏན་མ་གོ་བའི་གྲྭ་པ་གཞན་དག་གིས་ཀྱང་རང་རང་གི་མཐོང་བ་སྤྱོང་བའི་ལག་རྗེས་དང་གཞན་ལ་དངོས་སུ་དྲིས་པའི་འབྲས་བུར་གསལ་བསྒྲགས་དེའི་གོ་དོན་རིམ་གྱིས་རྟོགས་རྗེས། དེ་དག་ཀྱང་ཁྱེད་ཀྱི་ཕྱོགས་སུ་འདུ་བའི་འགོ་བརྩམས་པས། མཐར་ཁྱེད་ཀྱི་མཐའ་སྐོར་དུ་གྲྭ་པའི་ཚོགས་ཆེན་པོ་ཞིག་འདུས། ཁྱེད་ཀྱིས་འཕྲལ་མ་ཉིད་དུ་གྲྭ་པ་སྤྱི་མ་རྣམས་ལ་ཁ་བརྡ་བྱེད་པ་དང་དུས་མཚུངས་སུ་ལས་སྣོའི་བགོད་པ་ཡང་བཏང་བས་དེ་དག་གིས་ཡ་ལན་ཚུལ་མཐུན་དུ་བྱས་ལ། གྲྭ་པ་ཕྱི་མ་དག་ལའང་དེ་བཞིན་དུ་སྐབས་འཚམས་ཀྱི་བགོད་པ་བཏང་། དེ་ལྟར་གྲྭ་པ་གསར་པ་རྣམས་ཤག་མིག་དེའི་མཐའ་མཚམས་ནས་ཁྱེད་ཀྱི་ཉེ་འཁྲིས་སུ་འཁྱོར་བ་དང་དུས་མཚུངས་སུ་གྲྭ་པ་སྔ་མ་རྣམས་ལས་སྣོ་སོ་སོར་ཞུགས་ཐུབ་པ་བྱུང་།

དེ་ཡང་ཁྱེད་ཀྱིས་གྲྭ་པ་སྔ་མ་དག་ལས་ཞུང་ཤས་ཤིག་གྲྭ་པའི་རུ་ཁག་དག་གི་འགོ་འཁྲིད་དུ་མངགས་ལ། དེར་མ་ཟད་གྲྭ་པ་ལྷག་མ་རྣམས་རུ་ཁག་གསུམ་དུ་སོ་སོར་བགོ་འགྲེམས་བྱེད་དུ་བཅུག དེ་ལས་རུ་ཁག་གཅིག་ལ་ལྷ་ཁང་གི་ཨར་པོའི་རྒྱུ་ཆ་བསྒྲུབ་ཏུ་བཅུག་ལ། རུ་ཁག་གཉིས་པར་ས་གཞོང་བྱེད་པར་མངགས། རུ་ཁག་གསུམ་པར་ལྷ་ཁང་གི་བཟོ་བཀོད་འཆར་གཞི་དེར་དབྱེ་ཞིབ་སློབ་སྦྱོང་བྱེད་དུ་བཅུག དེའི་ཚུལ་དུ་རུ་ཁག་རེ་རེ་ནས་ཚོགས་མི་༡༡༠སྐོར་ལས་གྲུབ་པར་གྱུར། དེ་ལྟར་རུ་ཁག་སོ་སོར་བགོས་འགྲེམས་གྲུབ་ཙ་ན་རུ་ཁག་རེར་གཏོགས་པའི་གྲྭ་པ་རྣམས་སྔེ་ཁག་གཅིག་གི་ཚུལ་དུ་ས་ཁུལ་ངེས་བཟུང་དག་ལ་སྟེབ་སྐྱོད་(དེའི་ཆེད་དུ་ཕན་ཚུན་འབྲེལ་མཐུད་ཀྱང་བྱེད་)བྱེད་པར་མ་ཟད། རིམ་གྱིས་རུ་ཁག་སོ་སོའི་ནང་གི་གྲྭ་པ་ནང་ཁུལ་དུའང་ནང་གསེས་ལས་བགོས་ཐེབས། དེ་ཡང་དཔེར་ན། ཨར་པོའི་རྒྱུ་ཆ་བསྒྲུབ་པར་ཞུགས་པའི་རུ་ཁག་དེར་འགག་འ་རེས་ཚོགས་མི་བྱིངས་ལ་བཀོད་སྒོམ་བྱེད་ཅིང་། འགའ་རེས་ཤིང་ཆ་དབོར་འདྲེན་བྱེད་པ་དང་། གཞན་འགའ་རེས་ལག་ཆ་སྐྱེལ་འདྲེན་བྱེད་པ་བཞིན་ནོ།། རུ་ཁག་སོ་སོའི་ཚོགས་མི་རྣམས་ནང་ཁུལ་འབྲེལ་མཐུད་བྱེད་བཞིན་དུ་ཕན་ཚུན་ལ་བརྟེན་ནས་དམིགས་བཀར་གྱི་ལས་དོན་རྣམས་བསྒྲུབ་པར་མ་ཟད། རུ་ཁག་གསུམ་པོ་ཕན་ཚུན་བརྟེན་ཞིང་ཁུངས་སོ་སོའི་ཚོགས་མི་དང་རུ་ཁག་གཞན་གྱི་ཚོགས་མི་དག་གིས་གང་ཞིག་བསྒྲུབ་བཞིན་པ་དེར་གཞིགས་ཏེ་སྐབས་འབྲེལ་གྱི་ལས་བྱ་རན་འཚམ་གྱིས་ཞུགས་སོ།།

དེ་ལྟར་བསྒྲུབ་ཀྱིན་དུ་མཐར་གལ་ཏེ་ལས་བྱ་ཀུན་ལམ་དུ་སོང་ན་(རྒྱུན་དུ་ལམ་དུ་མ་སོང་བ་མང་)ལྷ་ཁང་དེ་འགྲུབ་ངེས་པ་ཡིན། འོན་ཀྱང་གྲྭ་པ་སྟོང་ཚོ་ཙམ་གྱིས་གྲུབ་པའི་རུ་ཁག་མི་འདྲ་བས་བཟོ་བཀོད་འཆར་གཞི་གཅིག

a different group of 1,000 monks and the same architectural plan, chances are in the end, you would probably get a very similar, but not identical temple.

This is development.

One important difference between the building-the-temple analogy and the development of an actual organism is that the organism, even after it matures, never really stops being built, growing, and changing. An organism and all of its cells are dynamic, always interacting with and responding to its environment.

CHEMOTAXIS: THE SLIME MOLD VERSION

Peter Devreotes has done some of the more intriguing research in slime molds toward giving us a greater understanding of basic developmental processes, especially chemotaxis. As we mention above chemotaxis is defined as directed movement of cells in response to a chemical signal.

Chemical signals, like the sound of your voice calling the people in the analogy above, is most concentrated at its source and then, as we saw, decreases with distance from the source. As noted, this gradual change in concentration with distance is called a gradient. The theme of gradients returns again and again in developmental biology because gradients establish a difference in space, and exposure to a gradient establishes a corresponding difference in cell shape and orientation key to the initiation of many developmental processes.

For example slime mold amoebae use gradients to move toward bacteria, their food source; slime mold move and respond to a gradient of folate, a waste product of bacteria, and, therefore, a sign of their presence. Similarly, the major signal that establishes a gradient for single slime-mold cells to aggregate upon starvation, is cyclic AMP (cAMP) (Figure 4 Above). As we'll see, this molecule is also used for signaling in mammals and other multicellular organisms. Once a single slime-mold cell has run out of food, it emits waves of cAMP into its surrounding environment, establishing gradients of the molecule in all directions (Figure 4 Below).

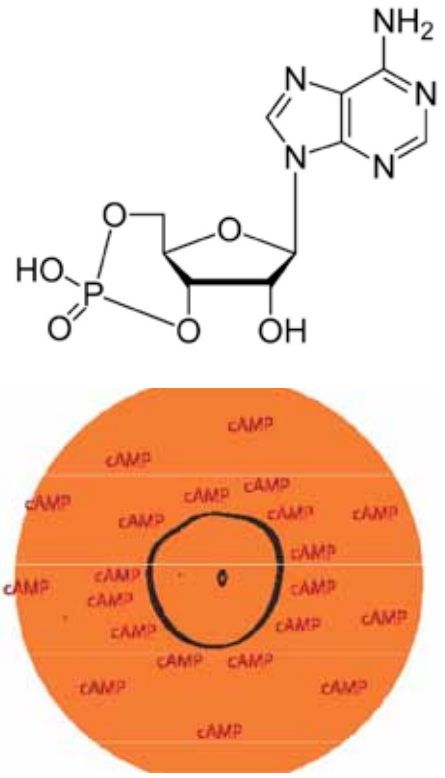


Figure 4: Above, molecular structure of cAMP. Below, as cAMP is released from the single slime-mold cell, a gradient of the molecule is established. Here the black line represents the cell, and the orange area the nearby external environment of the cell.

Other single-celled slime mold amoebae respond to this cAMP signal through the process of chemotaxis. Chemotaxis, response to cAMP or any other gradient, can be broken down into three discrete steps—polarization, directional sensing and migration. In polarization a cell, like a monk in the example above, must first develop a difference on one of its sides versus the others in response to the chemical signal. The difference in

རང་ལ་འབབ་རྩོམ་བྱེད་པའི་གནས་སྟངས་འདི་འདྲའི་འོག་སྔོན་འཆར་གྱི་ལྟ་ཁང་དང་ཆ་མཐུན་པ་ཞིག་འགྲུབ་རུང་ཡང་། ཇི་མ་ཇི་བཞིན་དུ་གྲུབ་པ་ནི་ཕལ་ཆེར་མི་འོང་།

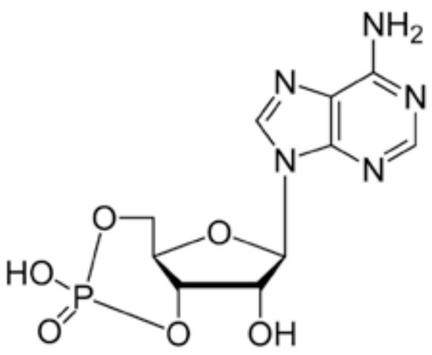
འདི་ནི་འཆར་འཕེལ་གྱི་རང་བཞིན་རེད།

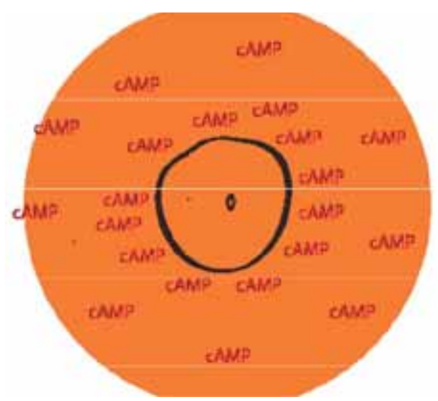
དེ་ལྟ་ནའང་ལྟ་ཁང་བཞེངས་སྐྱུན་གྱི་དཔེ་མཚོན་འདི་དང་སྐྱེ་དངོས་ངོ་མ་ཞིག་གི་འཆར་འཕེལ་གཉིས་དབར་གནད་ཆེ་བའི་མི་འདྲ་ས་ཞིག་ནི། སྐྱེ་དངོས་ཀྱི་རྣམ་པ་ཞིག་ཕོ་ལག་ཇོགས་པར་གྲུབ་རྗེས་སུའང་དུ་དུང་དོན་དངོས་སུ་སྐྱེ་བ་དང་། འཆར་བ། འཕོ་འགྱུར་འགྲོ་བའི་བྱེད་རིམ་མཚམས་མི་ཆོད་པ་དེ་རེད། དེ་ནི་སྐྱེ་དངོས་དང་དེའི་རྒྱུད་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་ཀུན་གསོན་ཤུགས་ལྡན་པའི་རང་བཞིན་ཅན་ཡིན་པས་རྟག་ཏུ་རང་གི་ཁོར་ཡུག་དང་མཉམ་དུ་སྦྲེལ་སྦྱོར་བྱེད་བཞིན་དུ་དང་། དེར་ཡ་ལན་སྤྲོད་བཞིན་དུ་གནས་པས་རེད།

རྫས་འབྲེལ་ཕྱོགས་བསྒྱོད་བྱ་བ། སྨུག་ཕུང་གི་སྟེང་དུ་མཐོང་བའི་རྣམ་པ།

རྨང་གཞིའི་འཆར་འཕེལ་གྱི་རྒྱུད་རིམ་སྤྱི་དང་། དམིགས་སུ་བཀར་ནས་རྫས་འབྲེལ་ཕྱོགས་བསྒྱོད་དང་འབྲེལ་བའི་གོ་རྟོགས་གོང་མཐོར་གཏོང་བའི་ཕྱོགས་སུ་པི་ཏར་ཊེ་ཕ་རི་འོ་ཊེས་ཀྱིས་སྨུག་ཕུང་སྟེང་ཡིད་དབང་འགུགས་པའི་ཞིབ་འཇུག་མང་པོ་བསྒྲུབས་ཡོད། དེ་ཡང་ངེད་ཚོས་གོང་དུ་སྨྲས་པ་བཞིན་རྫས་འབྲེལ་ཕྱོགས་བསྒྱོད་ཅེས་པ་རྫས་འགྱུར་གྱི་བརྡ་འཕྲིན་ཞིག་ལ་ཡ་ལན་གྱི་ཚུལ་དུ་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ཀྱིས་ཆེད་དུ་གཏོང་པའི་འགུལ་སྐྱོད་ཀྱི་བྱ་བ་དེར་ཟེར།

གོང་གི་དཔེ་མཚོན་ནང་སྐྱེ་པོ་གཞན་གྱི་ངོ་སྣང་འགུག་ཆེད་བྱེད་ཀྱིས་བསྒྲགས་པའི་འབོད་སྒྲ་དེས་མཚོན་པའི་རྫས་འགྱུར་གྱི་བརྡ་འཕྲིན་ཀུན་རང་གི་འགོ་ཁུངས་ཀྱི་ཁུལ་དུ་ཆེས་ཚགས་དམ་པོར་གྲུབ་ལ། རིམ་གྱིས་འགོ་ཁུངས་ནས་ཇེ་རྒྱང་དུ་སོང་བ་དང་དུས་མཚུངས་སུ་དེ་དག་གི་འབྲམས་མཆེད་ཀྱི་ཚགས་ཤྲོད་དུ་འགྲོ། སྔར་གླེང་བ་བཞིན་ཚུལ་འདི་ལྟར་དུ་རྒྱང་ཐག་འགྱུར་བ་དང་མཉམ་དུ་འབྲམས་ཚད་ལ་ཐེབས་པའི་འགྱུར་བ་འདི་ལ་གཟར་གཤིས་ཟེར་ཞིང་། གཟར་གཤིས་འདི་འཆར་འཕེལ་སྐྱེ་དངོས་རིག་པའི་ནང་བསྐྱར་ནས་ཡང་དུ་གླེང་བའི་དོན་གནས་ཤིག་རེད། དེའི་རྒྱུ་མཚན་ནི། གཟར་གཤིས་ལ་བརྟེན་ནས་གོ་སའི་ཁྱད་པར་གྲུབ་ལ། གཟར་གཤིས་རྣམ་པ་ཞིག་དང་འཕྲད་པ་དེས་རྣམ་པ་དེ་དང་འཚམས་པའི་ཕྲ་ཕུང་གི་ཁ་ཕྱོགས་དང་ཆགས་བཀོད་ལ་ཁྱད་པར་གཏོང་པ་ཡིན། ལྟོས་འཚམས་ཀྱི་ཁྱད་པར་འདི་ནི་འཆར་འཕེལ་གྱི་རྒྱུད་རིམ་མང་པོ་ཞིག་གི་འགོ་སློང་བར་གནད་འགག་ཆེ།





དཔེ་རིས། ༩ སྟེང་།༽འཁོར་རྒྱུན་རང་བཞིན་གྱི་ཨེ་ཨེམ་པི་ཡི་འདུས་རྫུལ་རིམ་པའི་ཆགས་བཀོད། འོག༽སྨུག་ཕུང་གི་ཕྲ་ཕུང་ཁེར་རེ་མ་ཞིག་ལས་འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྫུལ་གློད་འདོན་འབྱུང་སྐབས་འདུས་རྫུལ་དེའི་གཟར་གཤིས་རྣམ་པ་འགྲུབ་ཀྱི་ཡོད། འདིའི་ཐིག་གོར་ནག་པོ་དེས་ཕྲ་ཕུང་མཚོན་པ་དང་། ས་ཁྲོན་ལི་ཕྲང་དེས་ཕྲ་ཕུང་ཉེ་འཁོར་གྱི་ཁྱིའི་ཁོར་ཡུག་མཚོན།

དེ་ཡང་དཔེར་ན། སྨུག་ཕུང་ཨ་མི་བྷ་རྣམས་ཀྱིས་རང་རང་གི་གཟན་ཆས་ཀྱི་འབྱུང་ཁུངས་སུ་གྱུར་པའི་ཕྲ་སྲིན་གྱི་ཕྱོགས་སུ་ནུར་པར་གཟར་གཤིས་ལ་བརྟེན་ཚུལ་ནི། དེས་ལོ་ཆགས་སྐྱུར་གྱི་གཟར་གཤིས་རྣམ་པར་ཡ་ལན་སྤྲོད་ཀྱིན་དུ་ནུར་བགྲོད་བྱེད་པ་ལས་ཤེས་ཐུབ། དེ་ལ་ལོ་ཆགས་སྐྱུར་ནི་ཕྲ་སྲིན་གྱི་ཐོན་རྫས་སྙིགས་རོ་ཞིག་ཡིན་ལ། དེར་བརྟེན་དེས་ཕྲ་སྲིན་ཡོད་པ་མཚོན་ཐུབ། དེ་བཞིན་དུ། ལྟོགས་སྨུག་ཐེབས་པའི་སྐབས་སྨུག་ཕུང་ཕྲ་ཕུང་ཁེར་རེ་མ་རྣམས་ཕྱོགས་གཅིག་ཏུ་འདུ་རུབ་བྱེད་པར་ཕན་པའི་གཟར་གཤིས་རྣམ་པ་ཞིག་བསྐྲུན་པའི་བརྡ་འཕྲིན་གཙོ་བོ་དེ་ནི་འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྫུལ་(དཔེ་རིས། ༩ སྟེང་།)ཟེར་བ་དེ་རེད། ང་ཚོས་འོག་ནས་ཤེས་རྒྱུ་ལྟར་འདི་ནི་ནུ་གསོས་སེམས་ཅན་དང་ཕྲ་ཕུང་མང་ལྡན་གྱི་སྐྱེ་དངོས་གཞན་དག་ཁྲོད་དུ་ཕན་ཚུན་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་ལེན་བྱེད་པར་བཀོལ་བའི་འདུས་རྫུལ་གྱི་རྣམ་པ་ཞིག་རེད། སྨུག་ཕུང་ཕྲ་ཕུང་ཁེར་རེ་མ་ཞིག་ཟས་ཀྱིས་ཕོངས་པར་གྱུར་པ་ན་དེས་རང་གི་ཕོ་ར་ཁོར་ཡུག་ཏུ་འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྫུལ་གྱི་རླབས་ཕྲེང་འགྲེམས་པར་བྱེད་ལ། དེ་ལ་བརྟེན་ནས་ཕྱོགས་ཐམས་ཅད་དུ་འདུས་རྫུལ་དེའི་གཟར་གཤིས་རྣམ་པ་གྲུབ་པར་བྱེད་པ་རེད་(དཔེ་རིས། ༩ འོག)།

དེ་ཡང་ཕྲ་ཕུང་ཆིག་རྐྱང་པའི་སྨུག་ཕུང་ཨ་མི་བྷ་གཞན་རྣམས་ཀྱིས་རྫས་འབྲེལ་ཕྱོགས་བསྒྱོད་ཀྱི་རྒྱུད་རིམ་ལ་བརྟེན་ནས་འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྫུལ་དུ་གྱུར་པའི་བརྡ་འཕྲིན་དེར་ཡ་ལན་སྤྲོད་པ་རེད། རྫས་འབྲེལ་ཕྱོགས་བསྒྱོད་དེ། འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྫུལ་ལམ། ཡང་ན་དེ་ལས་གཞན་པའི་གཟར་གཤིས་རྣམ་པ་ཅི་རིགས་པར་སྤྲོད་པའི་ཡ་ལན་གྱི་རྒྱུད་རིམ་འདི་མཚམས་ཆིགས་ངེས་པའི་བང་རིམ་གསུམ་དུ་བགོས་ཆོག་སྟེ། སྣེ་འཕྲུལ་བྱེད་པ་དང་། ཁ་ཕྱོགས་ཤེས་ཆོར་བྱེད་པ། གནས་སྤོར་བྱེད་པ་བཅས་ཡིན། དེ་ཡང་སྣེ་འཕྲུལ་བྱེད་པའི་བང་རིམ་སྐབས་གོང་གི་དཔེ་མཚོན་ཁྲོད་གྲྭ་པ་ཞིག་ལ་བྱུང་བ་ཇི་བཞིན། རྫས་འགྱུར་གྱི་བརྡ་འཕྲིན་ལས་ཤུགས་རྐྱེན་ཐེབས་པའི་ཚུལ་དུ་ཕྲ་ཕུང་ཞིག་གི་ངོས་གཅིག་གི་སྟེང་དུ་ངོས་གཞན་དག་ལ་མ་དོད་པའི་ཁྱད་པར་གྱི་རྣམ་པ་ཞིག་ངེས་པར་འགྲུབ་དགོས། དཔེར་ན་ཕྲ་ཕུང་གི་ཕྱི་ངོས་སུ་བྱུང་བའི་འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྫུལ་གྱི་གར་ཚད་ཀྱི་ཁྱད་པར་དེས་ཕྲ་ཕུང་གི་ནང་རོལ་ཏུ་ཁྱད་པར་གྱི་རྣམ་པ་ཞིག་བསྐྲུན་པ་ལྟ་བུ་ཡིན། ཧང་སངས་དོན་མེད་པ་ཞིག་ལ། སྨུག་ཕུང་ཕྲ་ཕུང་གི་ཁྲོད་དུ་ཡ་མ་ཟུང་གི་

YOUR TURN: WHAT MOLECULES ARE RESPONSIBLE FOR CREATING THE DIFFERENCES BETWEEN CELLS?

Think about our discussions in Life Sciences Primer II, Genes and Cells, about cells, their parts and how they work. Based on what types of molecules might be involved in setting up a difference, an asymmetry, within cells, a difference between one side of a cell and another based what you learned there, predict on response to a signal. Where in the cell do you think these molecules are? How might you experimentally identify candidates for such molecules, and then how would you test to see if you were correct in your hypotheses?

cAMP concentration outside the cell is translated into a difference inside the cell.

Not surprisingly, most of the molecules that establish an asymmetry or polarization in the slime mold cells are in the cell membrane, since that is the part of the cell in contact with the environment external to the cell where the cAMP gradient forms. Remember from LSPII that the cell membrane is composed of membrane proteins and a class of molecules called phospholipids. Several membrane proteins and at least one membrane phospholipid move into the part of the amoeba closest to where cAMP is released, that is, closer to the highest concentration of cAMP relative to that cell. In addition, some proteins involved in cell movement concentrate at the opposite end of that cell. So the proteins themselves form a kind of gradient inside the cell, reflecting the gradient outside the cell (Figure 5).

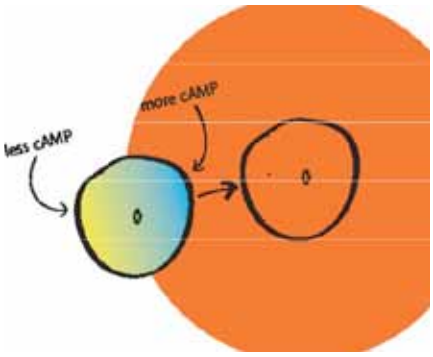


Figure 5: Gradients form within a cell in response to the cAMP gradient outside of that cell. Here one cell (in blue and green) is attracted to the gradient of cAMP released by the other (in orange). The blue and green within the attracted cell represents gradients of molecules within that cell.

The cAMP-binding receptor proteins are called cAR's (cA for cAMP, R for receptor). cAR's are evolutionarily related in structure to receptors that bind signals called neurotransmitters in the nervous system. We discussed such receptors in LSPII and in the Neurosciences primers. It shouldn't be too surprising that cAR's and neurotransmitter binding receptors are similar in structure, given their similarity in function.

Interestingly, the cAMP-binding receptors are spread equally around the amoebae cell membranes and so are not concentrated on the end closest to high cAMP concentration. Clearly, though, the cAR's at that end are more occupied by cAMP than receptors at the other end, and this, together with the intracellular molecules that are more concentrated on the high-concentration end, helps send a signal to the movement proteins (actins and myosins) inside the cell, a signal that tells them to contract and move the cell toward the greater concentration of cAMP, eventually leading to the source.

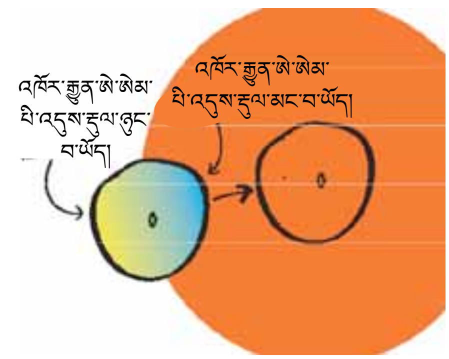
In addition to activating cell directional movement, binding of cAR's at the high-concentration end of the cell also activates many other cellular processes. These include (1) turning on the genes encoding the proteins that cluster at one end or another of the amoebae and (2) activating the production by each cell of more waves of cAMP that leave the cell and begin to polarize, orient, and move other amoebae. These amoebae

ཁྱོད་ཀྱི་རིས་མོས། ཕྲ་ཕུང་ནང་ཁུལ་ལ་མཐོང་བའི་ཁྱད་པར་རྣམས་འདུས་རྡུལ་གང་དང་གང་གིས་བསྐྱེད་པ་ཡིན་ནམ།

སྔར་ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སྔོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་གཉིས་པ་"རིགས་རྗེས་དང་ཕྲ་ཕུང་"ཞེས་པར་ཕྲ་ཕུང་དང་། ཕྲ་ཕུང་གི་ཡན་ལག་དང་། ཡན་ལག་དེ་དག་གི་བྱེད་ལས་སྐོར་ངེད་ཚོས་བསླབས་པའི་གྲོས་སྟུར་རྣམས་འདིར་ཕྱིར་དྲན་བྱེད་དགོས། སྐབས་དེར་ཁྱེད་ཀྱིས་གང་སྦྱངས་པ་རྣམས་གཞི་ལ་བཟུང་ནས་བརྟག་འཕྲིན་ཞིག་ལ་ཡ་ལན་སྤྲོད་ཚུལ་གྱི་དབང་གིས་ཕྲ་ཕུང་ཁེར་རྐྱང་གཅིག་ལའང་རང་གི་ཕྱོགས་སོ་སོར་ཡ་མ་ཟུང་གི་རྣམ་པའི་ཁྱད་པར་འབྱུང་བ་དེ་འདུས་རྡུལ་གྱི་བྱེ་བྲག་གང་ཞིག་གི་ཤུགས་རྐྱེན་ཡིན་མིན་ཁྱེད་ཀྱིས་སྔོན་དཔག་བྱེད་ཐུབ་མིན་བལྟ་དགོས། ཁྱེད་ཀྱི་ལྟར་ན་འདུས་རྡུལ་འདི་རིགས་ཕྲ་ཕུང་གི་ཆ་ཤས་གང་དུ་འཁོད་ཡོད་དམ། འདུས་རྡུལ་གྱི་རིགས་འདི་རྣམས་ཁྱོད་ཀྱིས་བརྟག་དཔྱད་ཀྱི་ལམ་ནས་ཇི་ལྟར་ངོས་འཛིན་བྱའམ། ཁྱོད་ཀྱིས་གང་ངོས་བཟུང་བ་དེ་དག་མ་འཁྲུལ་བ་ཡིན་པར་ཤེས་ཕྱིར་ཁྱོད་ཀྱིས་དངོས་བཤེར་ཁུངས་སྐྱེལ་ཇི་ལྟར་བྱའམ།

རྣམ་པའམ་སྣེ་འཕྲུལ་བྱས་པའི་འདུས་རྡུལ་དེའི་རིགས་ཕལ་ཆེ་བ་ཕྲ་ཕུང་སྙི་མོའི་ནང་དུ་འཁོད་ཡོད་ལ།

དེ་ནི་དེ་ཉིད་ཕྲ་ཕུང་ཕྱི་རོལ་གྱི་ཁོར་ཡུག་གང་དུ་འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྡུལ་གྱི་གཟར་གཤིས་ཆགས་ས་དེ་དང་ཐད་ཀར་འཕྲད་པའི་ཕྲ་ཕུང་གི་ཆ་དེ་ཡིན་པའི་དབང་གིས་རེད། དེ་ལ་ཕྲ་ཕུང་སྙི་མོ་ནི་སྔར་ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སྔོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་གཉིས་པའི་ནང་བཤད་པ་བཞིན་སྙི་མོའི་སྤྲི་རྫས་དང་འོད་མའི་ལི་ཚིལ་དུ་འཐོད་པའི་འདུས་རྡུལ་གྱི་སྡེ་ཚན་གཉིས་པོ་དེས་གྲུབ་པ་ཞིག་རེད། འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྡུལ་གློད་འདོན་བྱེད་ས་དང་ཉེ་འཁོར་སུ་འཁོད་པའི་ཨ་མི་བྷ་ཕྲ་སྲིན་གྱི་ལུས་ཀྱི་ཆ་ཤས་དེར་སྙི་མོའི་སྤྲི་རྫས་མང་པོ་དང་འོད་མའི་ལི་ཚིལ་རྫས་ཉུང་མཐར་གཅིག་བཅས་བགྲོད་ལ། དེ་ནི་ཕྲ་ཕུང་དེ་ལ་གཞིགས་ཏེ་འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྡུལ་འདུ་གསོག་ཆེ་ཤོས་གང་ན་ཡོད་པ་དེ་དང་ཐག་ཇེ་ཉེར་དྲངས་པ་དང་གོ་དོན་གཅིག་རེད། དེར་མ་ཟད། ཕྲ་ཕུང་གི་འགྱུལ་བསྐྱོད་དང་འབྲེལ་བ་ཡོད་པའི་སྤྲི་རྫས་ཁག་ཅིག་ཕྲ་ཕུང་དེའི་ལྷོག་སྣེར་འདུ་རུབ་བྱེད་ལ། དེ་བས་ན་ཕྲ་ཕུང་གི་ཕྱི་རོལ་ཏུ་ཆགས་པའི་གཟར་གཤིས་རྣམ་པ་དེའི་ལྷོག་བརྟན་གྱི་ཚུལ་དུ་ཕྲ་ཕུང་དེའི་ནང་རོལ་ཏུའང་སྤྲི་རྫས་རྣམས་གཟར་གཤིས་ཀྱི་རྣམ་པར་གྲུབ་ཡོད་པ་རེད་(དཔེ་རིས། ༥)།



དཔེ་རིས། ༥ ཕྲ་ཕུང་གི་ཕྱི་རོལ་ཏུ་གྲུབ་པའི་འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྡུལ་གྱི་གཟར་གཤིས་རྣམ་པ་དེར་ཡ་ལན་གྱི་ཚུལ་དུ་ཕྲ་ཕུང་གི་ནང་རོལ་ཏུའང་གཟར་གཤིས་རྣམ་པ་དེ་འདྲ་འགྲུབ་ལ། འདིར་སྔོན་པོ་དང་ལྗང་ཁུ་འདྲེས་མར་གསལ་བའི་ཕྲ་ཕུང་དེ་ཉིད་(ལི་ཤང་ཅན་གྱི་)ཕྲ་ཕུང་གཞན་དེས་གློད་པའི་འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྡུལ་གྱི་གཟར་གཤིས་ཀྱི་ཕྱོགས་སུ་འགུགས་པ་མཚོན་ཡོད། དེ་ལྟར་བཀུག་པའི་ཕྲ་ཕུང་དེའི་ཁྱོན་གྱི་ཚོན་མདངས་སྔོན་པོ་དང་ལྗང་ཁུ་དེས་ཕྲ་ཕུང་དེའི་ཁོག་ནང་གི་འདུས་རྡུལ་གྱི་གཟར་གཤིས་རྣམ་པ་དེ་མཚོན་པ་རེད།

འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྡུལ་དག་གིས་གང་ལ་འཆིང་སྦྱོར་བྱེད་ཅིང་སྣེ་ལེན་པའི་ངོ་བོར་གྱུར་ཡོད་པའི་སྤྲི་རྫས་རྣམས་ལ་ cAR’s ཟེར། འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྡུལ་སྣེ་ལེན་པ་ཟེར། (འདིའི་cA དེ་འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྡུལ་ལ་གོ་བ་དང་། R དེ་སྣེ་ལེན་པར་གོ་བ་རེད།) འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྡུལ་སྣེ་ལེན་པ་འདི་དག་རང་གི་ཆགས་བཀོད་འཕེལ་འགྱུར་བྱུང་ཚུལ་གྱི་ཆ་ནས་དབང་རྩ་མ་ལག་ཁྲོད་ཀྱི་དབང་རྩ་འཕྲིན་པར་འགོད་པའི་བརྡ་འཕྲིན་འཆིང་སྦྱོར་བྱེད་སའི་སྣེ་ལེན་པ་དག་དང་འབྲེལ་བ་གྲུབ་ཡོད། ང་ཚོས་སྣེ་ལེན་པ་འདི་རིགས་ཀྱི་སྐོར་ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སྔོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་གཉིས་པ་དང་དབང་རྩ་རིག་པའི་སྔོན་འགྲོའི་དེབ་ཕྲེང་རྣམས་སུ་གྲོས་སྟུར་བྱས་ཡོད། གཉིས་ཀའི་བྱེད་ལས་འདྲ་མཚུངས་སུ་ཡོད་པ་འདིའི་ཆ་ནས་བལྟས་ན་འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྡུལ་སྣེ་ལེན་པ་དང་དབང་རྩ་འཕྲིན་པར་འཆིང་སྦྱོར་བྱེད་པའི་སྣེ་ལེན་པ་གཉིས་ཀྱི་ཆགས་བཀོད་འདྲ་མཚུངས་སུ་ཡོད་པ་འདི་ངོ་མཚར་སྐྱེ་དགོས་པ་ཞིག་མིན།

ཡིད་དབང་འགུགས་ངེས་པ་ཞིག་ལ། འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྡུལ་དག་གང་ལ་འཆིང་སྦྱོར་བྱེད་སའི་སྣེ་ལེན་པ་དེ་རྣམས་ཨ་མི་བྷ་ཕྲ་ཕུང་གི་སྙི་མོའི་མཐའ་འཁོར་ཀུན་ཏུ་མཉམ་པར་འགྲམས་ནས་ཡོད་པས། འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྡུལ་འདུ་གསོག་ཆེ་སའི་ཕྱོགས་དང་ཉེ་བའི་སྣེ་མོ་ཙམ་ལ་ཕུང་པོ་བྱས་ནས་འཁོད་པ་དེ་འདྲ་མིན། དེ་ལྟ་ནའང་སྣེ་མོ་གཞན་དུ་འཁོད་པའི་སྣེ་ལེན་པ་དག་ལ་ལྟོས་ཏེ་གོང་གསལ་སྣེ་མོ་དེར་འཁོད་པའི་འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྡུལ་སྣེ་ལེན་པ་རྣམས་ལ་འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྡུལ་སྤུངས་ཚོགས་ཀྱིས་འཆིང་སྦྱོར་ཟབ་པར་ཞུགས་ཡོད་པ་ནི་ཆོས་ཉིད་རེད། འདི་དང་གཞན་ཡང་འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྡུལ་འདུ་གསོག་ཆེ་སའི་སྣེ་མོར་རྟག་ནས་ཡོད་པའི་ཕྲ་ཕུང་ནང་འཁོད་འདུས་རྡུལ་བཅས་ཀྱིས་ཕྲ་ཕུང་ནང་གི་(གྲུང་སྤྲི་དང་གྲིམ་སྤྲི་ལྟ་བུའི་)འགྱུལ་བྱེད་སྤྲི་རྫས་དག་ལ་བརྡ་འཕྲིན་མཁོ་གཏོང་བྱེད་པར་རམ་འདེགས་བྱེད་ཅིང་། བརྡ་འཕྲིན་འདི་བརྒྱུད་ངོ་བདག་ཕྲ་ཕུང་དེར་སྐབས་གང་དུ་འཁྱུམ་དགོས་མིན་གྱི་བརྡ་ལན་དང་། ཡང་ན་མཐར་འབྱུང་ཁུངས་ཡོད་སར་འགྲོར་ཆེད་འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྡུལ་འདུ་གསོག་ཆེ་སའི་ཕྱོགས་སུ་འགྱུལ་བསྐྱོད་བྱེད་དགོས་པའི་བརྡ་ལན་འགྲོར་གྱི་ཡོད།

ངོ་བདག་ཕྲ་ཕུང་གང་དེའི་འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྡུལ་འདུ་གསོག་ཆེ་སའི་སྣེ་མོར་གྲུབ་པའི་འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྡུལ་སྣེ་ལེན་པ་དག་ལ་འཆིང་སྦྱོར་བྱ་བས་ཕྲ་ཕུང་གི་ཕྱོགས་འགྱུལ་གཤིས་སྤྱོད་སད་པར་བྱེད་པས་མ་ཚད། ཕྲ་ཕུང་དང་འབྲེལ་བའི་བྱེད་རིམ་གཞན་ཡང་སློང་བར་བྱེད། བྱེད་རིམ་འདི་དག་གི་ཁོངས་སུ་༡ ༽ཨ་མི་བྷ་ཕྲ་སྲིན་གྱི་ལུས་ཀྱི་སྣེ་གཉིས་པོ་ཅི་རིགས་པར་རྟག་ནས་འཁོད་པའི་སྤྲི་རྫས་རྣམས་ལ་བརྡ་སྒྲིག་བྱེད་པའི་རིགས་རྫས་རྣམས་སད་སློང་བྱེད་པའི་བྱེད་རིམ་དེ་དང་། ༢ ༽ཕྲ་ཕུང་རེ་རེས་འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྡུལ་གྱི་རླབས་ཕྲེང་ཇེ་མང་སྐྱེད་སྐྲུན་བྱེད་པའི་བྱ་གཞག་ལ་ཡར་སྐུལ་བྱེད་པའི་བྱེད་རིམ་དེ་གཉིས་ཚུད་ཡོད། དེ་ཡང་དེ་ལྟའི་འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྡུལ་དག་ནི་གང་དག་ནམ་ཞིག་ན་ཕྲ་ཕུང་ནས་ཕྱིར་ཐོན་ཏེ་ཐོག་མར་ཨ་མི་བྷ་ཕྲ་སྲིན་གཞན་གྱི་སྣེ་འཕྲུལ་བྱེད་པ་དང་། དེ་ནས་ཁ་ཕྱོགས་སྒྱུར་བ་དང་། མཐར་གནས་སྤོར་བྱེད་པ་དག་རེད། དེ་རྗེས་ཨ་མི་བྷ་ཕྲ་སྲིན་འདི་དག་གིས་གོང་གསལ

then follow the same processes and begin to line up behind the first cell. Then other cells line up behind that one, and the result is a stream of amoebae seen in the video moving toward the original center of aggregation from which cAMP was produced (Figure 6).

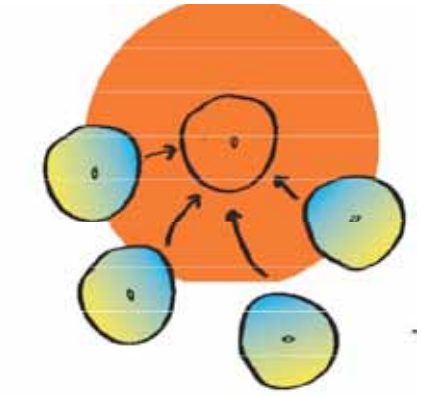


Figure 6: Gradients develop within nearby cells and cause them to move toward the original source of cAMP.

SLUG OR NOT

At this point, the aggregated amoebae of thousands of cells have a developmental decision to make—a decision which depends on the environment. The aggregate may form a slug that searches for food, or alternatively it may form a stalk and fruiting body full of spores. Just prior to this decision, the cells in the aggregate begin to take on different personalities from each other. The process by which cells become different during development is called **differentiation**.

Remember that before aggregation, the cells all change their core activity, in the sense that they orient themselves and their molecules in such a way so that they move along the cAMP gradient toward the highest level of concentration; in this case, the cells are all changing from doing the same amoebae-searching-for-food activity into cells doing the same amoebae-moving-in-one-defined-direction activity.

Now, after aggregation, the story shifts. We have many cells in one bag/aggregate—a nearly-multicellular organism; the cells now have a more direct relationship to each other, they communicate with each other, and orient themselves to form one organism with cells in different places and in different relation to each other (Figure 7). Now the cells change their personalities. This is differentiation.

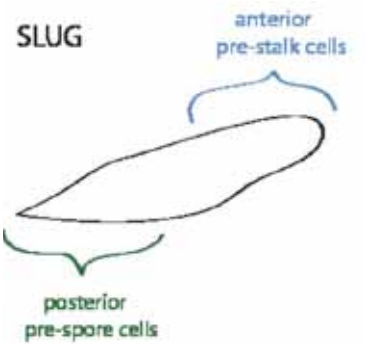


Figure 7: Cells begin to differentiate. Some of the cells are pre-spore cells, others are pre-stalk cells.

The relationships of the cells to each other in these pre-slug/pre-stalk aggregates are determined by their past history, which thereby helps determine their future. The cells move around in an organized fashion, probably determined again by cAMP gradients (both within the mound and the migrating slug), and sort themselves out. The 'hungriest' cells, that is the cells who first sent out the cAMP signal to gather all the cells together, form a tip that rises up out of the aggregate. Other cells gather in the back to become spore cells. The tip becomes either the head of the slug or the stalk of the fruiting body.

The personality or differentiation state of the cells in this aggregated near-multicellular organism is based on the proteins that are produced within particular populations of cells. Which proteins are produced is determined by a cell's environment. Developmental biologists classify cells in the aggregate or mound into three major types: those destined to become stalk cells (pre-stalk), those destined to become spore cells (pre-spore), and a group of cells that become the disk or spore cup of the fruiting body

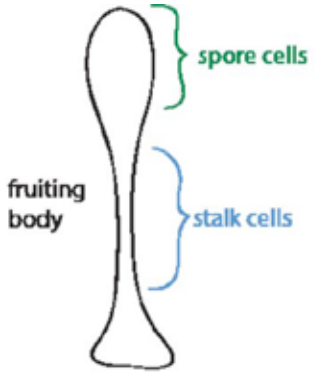
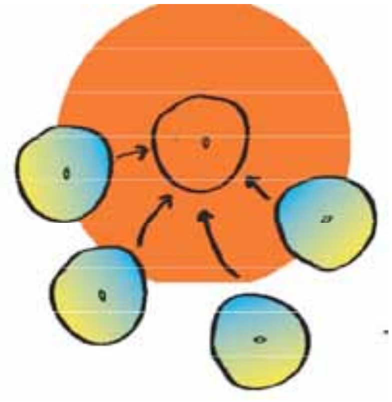


Figure 8: The pre-spore cells develop into spore cells (which make up the spore cup), and the pre-stalk cells develop into stalk cells. Once they have reached their final stage, they are determined.

བྱེད་རིམ་དེ་ག་བརྒྱུད་བཞིན་དུ། མཐར་ཐོག་མའི་ཕྲ་ཕུང་དེའི་རྒྱབ་ཏུ་བང་བསྒྲིགས་ཏེ་འཁོད་པར་འགོ་རྩོམ་ལ། དེ་ནས་ཕྲ་ཕུང་གཞན་དག་ཀྱང་དེའི་རྒྱབ་ཏུ་བང་ལ་འཁོད་པར་འགྱུར། དེ་ལྟར་འགྲུབ་པའི་མཐའ་མཇུག་ཏུ་ནི་སྔར་དྲངས་པའི་བརྟན་འཕྲིན་དེར་གསལ་བ་བཞིན་འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྟུལ་ཐོག་མར་གང་ལས་སྐྱེས་སའི་འདུས་ཕུང་དེའི་ཕྱོགས་སུ་དཔལ་གྱིས་ཉུར་བའི་ཨ་མི་བྷ་ཕྲ་སྲིན་གྱི་རྒྱུན་དེ་འགྲུབ་པ་རེད་(དཔེ་རིས། ༧)།

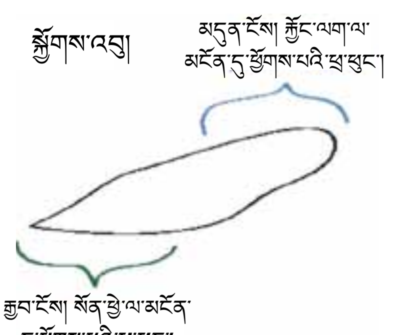


དཔེ་རིས། ༧ གཟར་གཤིས་རྣམ་པ་དེ་འདྲ་ཉེ་འགྲམ་གྱི་ཕྲ་ཕུང་དག་གི་ནང་སྦུག་ཏུ་འགྲུབ་ལ། དེས་ཕྲ་ཕུང་དེ་རྣམས་འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྟུལ་གྱི་ཐོག་མའི་འབྱུང་ཁུངས་ཀྱི་ཕྱོགས་སུ་སྐྱོད་པར་བྱེད།

སྐྱོགས་འབུ་རུ་འགྱུར་རམ་མི་འགྱུར།

འཕེལ་འགྱུར་གྱི་དུས་མཚམས་འདིར་ཕྲ་ཕུང་སྟོང་ཕྲག་དུ་མ་འདུས་པའི་ཨ་མི་བྷ་ཕྲ་སྲིན་གྱི་ཕུང་པོ་དེས་འཚར་འཕེལ་དང་འབྲེལ་བའི་ཐག་གཅོད་ཅིག་བྱ་དགོས་ཤིང་། ཐག་གཅོད་ཀྱི་ཁ་ཕྱོགས་གང་དུ་གཏད་མིན་དེ་ཁོར་ཡུག་ལ་རག་ལས་པ་རེད། དེ་ལྟའི་འདུས་ཕུང་དེ་གཟན་ཆས་འཚོལ་བར་ཞུགས་པའི་སྐྱོགས་འབུ་ཞིག་ཏུ་འགྱུར་སྲིད་ལ། ཡང་ན་དེའི་ཆབ་ཏུ་རྐྱོང་ལག་དང་སྔོན་ཕྱི་ཡིས་ཁེངས་པའི་འབྲས་ཐོགས་གོང་བུ་སྤྲོལ་བ་ཞིག་ཏུའང་འགྱུར་སྲིད། ཐག་གཅོད་དེ་མ་བྱས་གོང་ཙམ་དུ་འདུས་ཕུང་དེར་འཚོགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ཀྱིས་ཕན་ཚུན་གཤིས་ཀ་འདྲ་མིན་བརྗེ་རེས་བྱེད་པ་རེད། འཚར་འཕེལ་རྒྱུད་རིམ་ཁྲིད་ཚུལ་དེ་ལྟར་དུ་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ཕན་ཚུན་རྣམ་པ་མི་འདྲ་བར་འགྱུར་པའི་བྱེད་རིམ་འདི་ལ་དབྱེ་ཆོད་བྱེད་རིམ་ཟེར།

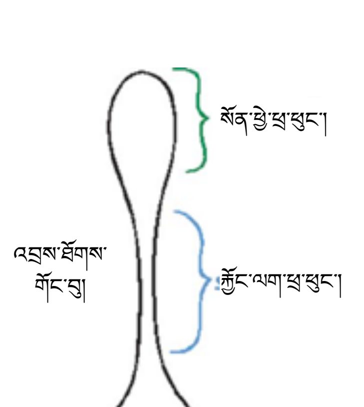
འདིར་ཕྱིར་དྲན་དགོས་པ་ཞིག་ནི་འདི་ལྟ་སྟེ། འདུས་ཕུང་མ་གྲུབ་གོང་དེར་ཕྲ་ཕུང་དེ་ཀུན་གྱི་བྱེད་སྒོ་སྙིང་པོ་དེར་འགྱུར་ལྡོག་ཅིག་འབྱུང་བ་ནི། མཚམས་དེ་ནས་དེ་དག་རང་རང་གི་འདུས་རྟུལ་དང་བཅས་པར་ཁ་ཕྱུར་ཐེབས་ཏེ་ཐམས་ཅད་འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྟུལ་གྱི་གཟར་གཤིས་རྒྱུད་ཀྱི་འདུ་གསོག་ཆེ་ཤོས་ཀྱི་ཕྱོགས་སུ་རྒྱུ་བ་དེ་རེད། དེ་ནི་སྐབས་འདིའི་གནས་སྟངས་ལ་ཆ་མཚོན་ནས་བཤད་ན། ཕྲ་ཕུང་དེ་ཀུན་དེ་སྔ་གཟན་ཆས་འཚོལ་བའི་བྱེད་སྒོ་གཅིག་གྱུར་དེར་གཞོལ་བའི་ཨ་མི་བྷ་ཕྲ་སྲིན་གྱི་རིགས་ཤིག་ནས་ད་ཆ་ངེས་གཏན་ཁེལ་བའི་ཁ་ཕྱོགས་གཅིག་རང་དུ་བགྲོད་པའི་བྱེད་སྒོ་གཅིག་གྱུར་འདིར་གཞོལ་བའི་ཨ་མི་བྷ་ཕྲ་སྲིན་གྱི་རིགས་ཤིག་ཏུ་གྱུར་པ་དེ་རེད།



དཔེ་རིས། ༨ ཁྱད་ཀྱིས་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ནང་ཁུལ་དབྱེ་བ་ཆོད་པའི་འགོ་རྩོམ་ལ། དེ་དག་ལས་འགའ་ཞིག་སྔོན་ཕྱི་ལ་མངོན་དུ་ཕྱོགས་པར་འགྱུར་ཞིང་། འགའ་ཞིག་རྐྱང་ལག་ལ་མངོན་དུ་ཕྱོགས་པར་འགྱུར།

འདུས་ཕུང་ཞིག་ཏུ་གྲུབ་རྗེས་ད་ནི་འདིའི་འབྱུང་རབས་ཀྱི་ཁ་ཕྱོགས་གྱུར་ཟིན། ཕྲ་ཕུང་དུ་མ་དེ་ཀུན་རྒྱལ་པའམ་ཕུང་པོ་གཅིག་ཏུ་འདུས་པས་ཕལ་ཆེར་ཕྲ་ཕུང་མང་ལྡན་གྱི་སྐྱེ་དངོས་ཁེར་གཟུགས་གཅིག་ཏུ་གྱུར་པ་དང་། ཕྲ་ཕུང་དེ་དག་དབར་ཕན་ཚུན་སྔར་ལྷག་ཐད་ཀའི་འབྲེལ་བ་གྲུབ་ཡོད། ཕན་ཚུན་བརྡ་ལན་གཏོང་རེས་ཟབ་ཏུ་ཕྱིན་པ་དང་། ཕྲ་ཕུང་རྣམས་གནས་ས་སོ་སོར་འཁོད་ཅིང་ཕན་ཚུན་འབྲེལ་ལུགས་སོ་སོས་བཅིངས་པས། རིམ་གྱིས་སྐྱེ་དངོས་ཟུར་གསལ་གཅིག་གི་ངོ་བོར་འཕོ་འགྱུར་འགྲོ་བའི་འགོ་རྩོམ་གྱིན་ཡོད་(དཔེ་རིས། ༨)། དེར་བརྟེན་ད་ནི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ཀྱི་རང་གཤིས་འགྱུར་གྱིན་ཡོད་ལ། འདི་ཉིད་དབྱེ་ཆོད་བྱེད་རིམ་རེད།

སྐྱོགས་འབུའི་སྟེ་ལོགས་སམ་སྔོན་ཕྱི་སྟེ་ལོགས་ཀྱི་འདུས་ཕུང་འདི་དག་ཁྲོད་ཕྲ་ཕུང་ཕན་ཚུན་དབར་གྱི་འབྲེལ་བ་དེ་དེ་དག་སོ་སོའི་འདབས་པའི་བྱུང་རབས་ཀྱིས་ངེས་གཏན་བྱེད་ལ། བྱུང་རབས་དེས་དེ་དག་གི་མ་འོངས་པའང་གཏན་འཁེལ་བྱེད་པར་རམ་འདེགས་བྱེད། དེ་ཡང་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་གོ་རིམ་ལྡན་པའི་སྒོས་པར་ཚུར་བགྲོད་པར་བྱེད་ལ། དེ་ནི་ཡང་བསྐྱར་འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྟུལ་གྱི་གཟར་གཤིས་(ཕྲ་སྣང་དང་འཕོ་སྐྱུས་བྱེད་བཞིན་པའི་སྐྱོགས་འབུ་སྟེ་དེ་གཉིས་ཀའི་ཁྲོད་དུ་འགྲམས་པ་དག་)རྣམ་པས་གཏན་འཁེལ་བྱས་པ་ཞིག་ཕལ་ཆེར་ཡིན་སྲིད། དེ་བཞིན་དུ་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ནང་ཕན་ཚུན་འཚམ་འགྲིག་ཀྱང་ཐེབས་འགྲོ། ཕྲ་ཕུང་ཁྲོད་ཀྱི་ལྟོགས་བཀྲེས་ཆེས་གཟིར་བ་དག་སྟེ་གང་དག་གིས་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ཕྱོགས་གཅིག་ཏུ་བསྡུ་སྒྲོང་བྱེད་ཆེད་འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྟུལ་གྱི་བརྡ་འཕྲིན་ཐོག་དང་པོར་འགྲེམས་གཏོང་བྱེད་པོ་རྣམས་ཕུང་པོ་དེའི་གསེབ་ནས་ལྷང་སྟེ་དེའི་སྣེ་མོའི་ཆ་འགྲུབ་པར་བྱེད་ལ། ཕྲ་ཕུང་བྱེངས་རྣམས་རྒྱབ་ཕྱོགས་སུ་འདུ་གསོག་གིས་སྔོན་ཕྱི་ཕྲ་ཕུང་དུ་འགྱུར་བས། གོང་གི་སྣེ་མོ་དེ་ཉིད་སྐྱོགས་འབུ་ཡི་མགོའམ། ཡང་ན་འབྲས་ཐོགས་གོང་བུའི་རྐྱང་ལག་ཏུ་འགྱུར་རོ།།



དཔེ་རིས། ༩ སྔོན་ཕྱི་ལ་མངོན་དུ་ཕྱོགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་སྔོན་ཕྱི་ཕྲ་ཕུང་(དེས་སྔོན་ཕྱི་ཁུག་མ་ཞིག་གྲུབ་)གི་ངོ་བོར་འཕོ་ལ། རྐྱང་ལག་ལ་མངོན་དུ་ཕྱོགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་རྐྱང་ལག་ཕྲ་ཕུང་གི་ངོ་བོར་འཕོས་འགྲོ། ཕྲ་ཕུང་རྣམས་རང་རང་གི་མཐའ་མཇུག་གི་བྱུང་རིམ་ལ་སྔོན་སྐབས་དེ་དག་རིམ་པ་དེ་ལས་གང་གིས་ཀྱང་ལྡོག་ཏུ་མེད།

ཕྲ་ཕུང་མང་ལྡན་གྱི་སྐྱེ་དངོས་ངོ་བོར་འགྱུར་ལ་ཁད་ཀྱི་འདུས་ཕུང་འདིའི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ཀྱི་རང་གཤིས་སམ་དབྱེ་ཆོད་གནས་བབ་དེ་ནི་ཕྲ་ཕུང་ཚོགས་འདུས་བྱེ་བྲག་པ་དག་གི་ནང་སྦུག་ཏུ་སྐྱིད་སྐྱུན་བྱས་པའི་སྤྲི་རྫས་རྣམས་ལ་བརྟེན་པ་ཞིག་རེད། དེ་ཡང་སྤྲི་རྫས་གང་ཞིག་བསྐྱུན་དགོས་མིན་ནི་ཕྲ་ཕུང་ཞིག་གི་ཁོར་ཡུག་དེས་ངེས་གཏན་བྱེད། འཚར་འཕེལ་སྐྱེ་དངོས་རིག་པ་བ་དག་གིས་འདུས་ཕུང་ངམ་ཕྲ་སྣང་དེའི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་སྡེ་ཚན་ཆེན་པོ་གསུམ་དུ་ཕྱེ་སྟེ། རྐྱང་ལག་ཕྲ་ཕུང་དུ་འགྱུར་ངེས་(རྐྱང་ལག་ལ་མངོན་དུ་ཕྱོགས་པ་དག་)པ་དག་དང་། སྔོན་ཕྱི་ཕྲ་ཕུང་དུ་འགྱུར་ངེས་(སྔོན་ཕྱི་ལ་མངོན་དུ་ཕྱོགས་པ་དག་)པ་དག་དང་། འབྲས་ཐོགས་གོང་བུའི་ཡན་ལག་ཏུ་གྱུར་པའི་གོང་བུའམ་སྔོན་ཕྱི་ཁུག་མ་(དཔེ་རིས། ༩)རུ་འགྱུར་ངེས་པའི་ཕྲ་ཕུང་གི་ཚོགས་བཅས་རེད། ནམ་ཞིག་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་དབྱེ་ཆོད་བྱེད་རིམ་གྱི་མཐའ་

(Figure 8). When cells reach their final state of differentiation, they are **determined**.

STALK/SPORE FORMATION

Let's assume that our near-multicellular mound of slime mold cells aggregates and, rather than sensing more food in the area and becoming a slug that goes and eats that food, the aggregate mound of cells senses no food, so instead begins to develop into a stalk and spore.

There is constant feedback communication among the cells and their external environment, which in turn affects their internal environment and personality. This should remind you very much of our discussion in LSPI/Evolution of the ongoing and circular conversation between the environment and the organisms in it. Environmental change affects an organism and its behavior, which then affects the environment, which then affects the organism. This is also true at the cellular level.

So, each cell in the developing slime mold, or in any developing organism (while and after it develops!), is in constant communication with its environment. 'The environment' here for each cell includes: other slime mold cells nearby, space between the cells nearby, space outside the mound. This environment sends each cell information, to which the cell responds, thereby changing the environment.

A genetic approach to understanding how development works is to remove genes suspected to be important from the slime molds and then observing what happens. For example, if gene X is thought to be necessary for amoeba aggregation, scientists remove gene X and then see if aggregation still occurs. If it still does as normal, the conclusion is gene X and its product are not necessary for aggregation; if aggregation doesn't occur or occurs but not very well, gene X is then shown to be at least partially involved in the aggregation process.

As we mentioned above, a critical question in developmental biology is how cells take on different personalities. The differentiation into pre-stalk or pre-spore cells happens soon after aggregation in slime molds. After the mound/aggregate develops, cAMP levels increase to a high level; it is no longer released in waves. This cAMP acts through its receptors to activate transcription factors, which turn on specific genes. Genes that are only expressed in cells that eventually become uniquely one type of cell are known as 'markers' for that type of cell. For example, in the slime mold mound, cells that begin to express the ecmA gene (that encodes a protein involved in sticking cells together) become only spore cells. So, ecmA is a marker for spore cells: if you find ecmA protein

མཇུག་གི་དུས་རིམ་ལ་སོོན་ཙ་ན་དེ་དག་རིམ་པ་དེ་ལས་གང་གིས་ཀྱང་ལྷོག་ཏུ་མེད།

རྐྱོང་ལག་དང་སོོན་ལྷེ་ཅི་དགས་བའི་འབྲུབ་ཡུགས།

དེ་ལ་སྟ་འཕྲོས་ང་ཚོས་ཆ་བཞག་འདི་འདྲ་ཞིག་བྱ་སྟེ། མདུན་གྱི་གཞི་དེར་ཐྲ་ཐུང་མང་ལྷན་དུ་འགྱུར་ལ་ལྟད་ཀྱི་ཆུག་ཐུང་ཐྲ་ཐུང་དུ་མ་འདུས་པའི་ཐྲ་སྐང་ཞིག་ཡོད་པ་དང་། གལ་ཏེ་ཐྲ་ཐུང་ཚོགས་འདུས་དེས་རང་གི་ཉེ་འཁྲིས་སུ་གཟན་ཚས་ཡོད་པ་ཚོར་ན་དེ་ཉིད་སྐྱོགས་འབུ་ཞིག་ཏུ་གྱུར་ནས་གཟན་ཚས་དེར་རོལ་བར་དེས་པ་ལ། འདུས་ཐུང་ཐྲ་སྐང་དེས་རང་གི་ཉེ་འཁྲིས་སུ་ཟ་ཚས་མ་ཚོར་བས་སྐྱོགས་འབུ་ཀུ་གྱུར་རྒྱུའི་ཚབ་ཏུ་དེ་ཉིད་རྐྱོང་ལག་དང་སོོན་ཁྱེ་ཐྲ་མ་ཞིག་ཏུ་གྱུར་པ་རེད།

དེས་ན་ཐྲ་ཐུང་དེ་དག་ནང་ཁན་ཚུན་དབར་འབྲེལ་མོལ་ཟམ་མ་ཚད་པར་འབྱུང་གིན་དུ། དེ་དག་དང་ཁྱིའི་ཁོར་ཡུག་དབར་ཡང་འབྲེལ་མོལ་དེ་མཚུངས་སུ་འགྱུལ་བཞིན་ཡོད་ལ། དེར་མ་ཟད་ཁྱིའི་ཁོར་ཡུག་དེས་ཐྲ་ཐུང་ནང་གི་ཁོར་ཡུག་དང་ཐྲ་ཐུང་གི་རང་གཤིས་ལའང་ཉེན་ནུས་འདོོན་གྱིན་དུ་གནས་པ་རེད། འདིས་ཁོར་ཡུག་དང་སྐྱེ་དངོས་དབར་ཁན་ཚུན་ལྟོས་ཡོད་ཅིང་ཡོད་པ་ཞིག་ཡིན་པ་ཁོ་ན་ཨིན་ལ། དེས་ཁོར་ཡུག་ལ་ཁར་ཤུགས་ཀྱེན་སྐེར་བ་དང་། དེས་སྐར་ཞིང་སྐྱེ་དངོས་ལ་ཚུར་ཤུགས་ཀྱེན་བཟོོའོ།། ཚུལ་འདི་ནི་ཐྲ་ཐུང་རིམ་པར་ཡང་མངོོན་པར་གསལ་བའི་བདེན་དངོས་ཤེགས་རེད།

དེས་ན་འཚར་འཁེལ་བྱེད་བཞིན་པའི་ཐུགཐུང་ཞིག་ཡིན་ཡང་། ཡང་ན་འཚར་འཁེལ་བྱེད་བཞིན་པའི་སྐྱེ་དངོས་(འཚར་འཁེལ་བྱེད་པའི་སྐང་དང་དེའི་ཕྱིས་སུའང་)ཅི་འབྲ་ཞིག་ཡིན་ཟུང་། དེའི་ནང་གི་ཐྲ་ཐུང་ཀུན་རེ་རེ་ནས་རང་རང་གི་ཁོར་ཡུག་དང་ལྷན་དུ་འབྱེལ་མོལ་ཟམ་མ་ཚད་པར་འགྱུལ་གྱི་ན་དུ་འཁོད་དོ།། འདིར་"ཁོར་ཡུག"ཅེས་པར་ཐྲ་ཐུང་རེ་རེ་ལ་གཞིགས་ཏེ་རང་གི་ཉེ་འཁྲིས་སུ་འཁོད་པའི་ཐྲ་ཐུང་གཞན་དག་དང་། ཉེ་འཁྲིས་ཀྱི་ཐྲ་ཐུང་ཚན་ཚུན་དབར་ཀྱི་སྟོང་ཆ་དང་། ཐྲ་སྐང་ཁྱི་ལོགས་ཀྱི་བར་སྟང་བཅས་ཚུད་ཡོད། འདི་ལྟའི་ཁོར་ཡུག་གིས་ཐྲ་ཐུང་རེ་རེར་བརྟ་འཁེལ་གཏོོང་ལ། དེར་ཐྲ་ཐུང་དག་གིས་ཡ་ལན་བྱེད་པ་དང་། དེས་ཁོར་ཡུག་ལ་འགྱུར་བ་བཟོ་བ་རེད།

རིགས་ཇས་ཐབས་ཚལ་ཀྱི་ལམ་ནས་འདི་ལྟའི་འཚར་འཁེལ་རྒྱུད་རིམ་ཀྱི་ལས་ཚུལ་ལ་རྒྱས་ལོན་བྱེད་ཚུལ་ནི། མྱག་ཐུང་གི་ལུས་ཐུང་ནས་འཁང་ཆེ་བར་བརྟག་པའི་རིགས་ཇས་དེ་འབྲ་ཁྱིར་བཏོོན་པའི་རྗེས་མྱག་ཐུང་སྟེང་ཅི་ཞེས་འཁྲིད་ཀྱི་ཨ་ཐུང་ཁ་ཤས་ཀྱི་ལས་ཀ་ཡིན་ལ། དཔེར་ན། ཚན་རིག་པ་ཤམས་ཀྱིས་རིགས་ཇས་X རྟགས་ཅན་དེ་ཨ་མི་རྒྱ་ཐུ་ཞིན་གྱི་འདུས་ཐུང་འགྱུལ་པའི་བྱེད་སྐོོལ་འཁོར་ཆེ་བར་བཙིས་པའི་དབང་དུ་བཏང་ན། ཁོང་ཚོས་རིགས་ཇས་X རྟགས་ཅན་དེ་ཁྱིར་བཏོོན་ཇེས་ཐུ་ཐུང་ཤམས་དང་གཟོོད་འདུས་ཐུང་འགྱུལ་ཐུབ་མིན་ལ་བལྟ་ལ། གལ་ཏེ་ཐྲ་ཐུང་དེ་ཤམས་དུད་ཐུར་རྒྱུན་བཞིན་འདུ་གསོོག་བྱེད་པར་རྟེད་ཚོ། དེས་རིགས་ཇས་ X རྟགས་ཅན་དང་དེའི་འབྲས་བུ་ཤམས་འདུ་གསོོག་བྱེད་རིམ་ལ་མི་མཁོ་བར་སྟོམ་ཆོག་རྒྱུག་པ་རེད། གལ་ཏེ་ད་གཟོོད་འདུས་ཐུང་མ་འགྱུལ་པའམ། ཡང་ན་གྱུལ་ཀྱང་དེ་ཙམ་འཐུས་ཚང་བར་མ་གྱུབ་ཚེ། དེས་རིགས་ཇས་ X རྟགས་ཅན་དེ་འདུས་ཐུང་འགྱུལ་པའི་བྱེད་རིམ་ནང་ཤཐར་ཡང་བྱེད་ནུས་གང་མཚམས་འདོོན་པར་བསྟན་པ་རེད།

དེད་ཚོས་གོོང་དུ་བསྟན་པ་ལྟར། འཚར་འཁེལ་སྐྱེ་དངོས་རིག་པའི་ནང་གནད་ཆེ་བའི་ཏྲ་ཞིག་ནི་ཐྲ་ཐུང་གི་རང་གཤིས་ལ་འཚོ་འགྱུར་ཏི་ལྟར་ཞེས་ཚུལ་སྐོོར་དེ་རེད། མྱག་ཐུང་ཆམས་འདུས་ཐུང་དུ་གྱབ་པའི་མངྱག་ཙམ་དུ་དེ་དག་གི་ཐྲ་ཐུང་ཆམས་སོོན་ཁྱེ་ལ་མངོོན་དུ་ཕྱོགས་པའམ། ཡང་ན་ཆྱོང་ལག་ལ་མངོོན་དུ་ཕྱོགས་པའི་ཐྲ་ཐུང་སོོ་སོོར་ཁ་གྱུར་ཞེས་ལ། ཐྲ་སྐང་ངམ་འདུས་ཐུང་དེ་ཆུང་ཟད་འཚེལ་བ་ན་དེའི་འཁོར་ཆུན་ཞེ་ཞེམ་པི་འདུས་ཀུལ་ཚད་གཞི་དེ་ཚད་མཐོའི་རིམ་པར་འཕར་འགོོ། མཚམས་དེ་ནས་བཟུང་དེ་ཉིད་ཆུབས་ཀྱི་ཆམ་པར་ཁྱིར་འདོོན་དུ་མེད། འཁོར་ཆུན་ཞེ་ཞེམ་པི་འདུས་ཀུལ་འདིས་སྐྱེ་ལེན་པ་བཆུད་ནས་ཚབ་ལེན་ཅུན་ཇས་ཆམས་སད་པར་བྱེད་པ་དང་། ཚབ་ལེན་ཅུན་ཇས་འདི་དག་གིས་རིགས་ཇས་དེས་བཟུང་ཆམས་སད་པར་བྱེད། དཀའ་ཐོོད་ཐྲ་ཐུང་གི་རིགས་ཟུར་གསལ་ཞིག་ཏུ་འགྱུར་བར་དེས་པའི་ཐྲ་ཐུང་དེ་འབྲ་ཁོ་ནའི་ཁོག་ནང་དུ་ཡར་སད་པའི་རིགས་ཇས་ཏེ་ཆམས་ལ་ཐྲ་ཐུང་གི་རིགས་དེས་བཟུང་དེའི་"མཚོོན་རྟགས་"ས་དོོས་འཛིན་བྱེད་པ་རེད། དཔེར་ན། མྱག་ཐུང་གི་ཐྲ་སྐང་དེའི་ཁྲོད་ཀྱི་ཐྲ་ཐུང་གང་ཞིག་ལ་རིགས་ཇས་ཚི་སི་ཞེམ་ཞེ་(ཁྲ་ཐུང་ཆམས་རུགུ་རུག་བཟོོ་བར་འཁུག་ཡོད་པའི་སྤྱི་ཇས་ཆམས་ལ་རིགས་ཇས་འདིས་བརྟ་སྤྱིག་བྱས་ཡོད་)སད་ཡོད་པའི་ཐྲ་ཐུང་རིགས་དེ་ཁོ་ན་དུ་གཟོོད་སོོན་ཁྱེ་ཐྲ་ཐུང་དུ་འགྱུར་བ་རེད། དེས་ན་རིགས་ཇས་ཚི་སི་ཞེམ་ཞེ་དེ་སོོན་ཁྱེ་ཐྲ་ཐུང་དག་གི་མཚོོན་རྟགས་སུ་བཙིས་ཚོོག དེར་བརྟེན་མྱག་ཐུང་གི་ཐྲ་ཐུང་གང་ཞིག་ལ་ཁྱིད་ཀྱིས་ཚི་སི་ཞེམ་ཞེ་སྤྱི་ཇས་ཡོད་པར་ཆེད་པ་དེ་ཁྱོད་ཀྱིས་སོོན་ཁྱེ་ཐྲ་ཐུང་ཡིན་པའམ། ཡང་ན་སོོན་ཁྱེ་ཐྲ་ཐུང་དུ་འགྱུར་དེས་པར་ངོོས་འཛིན་བྱས་ཚོོག

present in a slime mold cell, you know that cell is or will become a spore cell.

Whether a cell becomes a pre-stalk or a pre-spore cell is mostly a result of which stage of the cell cycle the particular cell is in when it receives the starvation signal (pulses of cAMP). Remember from LSPII that all cells—whether in unicellular or multicellular organisms—participate in their own individual life cycle, known as the cell cycle (Figure 9), which involves doubling the DNA and all the material within a cell and then dividing (through the process of mitosis) into two new cells. Slime mold cells grow and divide. Slime mold cells that happen to be in S-phase of the cell cycle (undergoing DNA synthesis) when starvation occurs, for example, differentiate primarily into pre-stalk cells.

In addition, cAMP is important *inside* the cells for sending signals involved in gene activation. After the initial activation of cell-type-specific genes, the pre-stalk and pre-spore cells move to different areas of the aggregate mound, so that the pre-stalk cells are in the front third of the developing organism and the pre-spore cells are in the back two-thirds (Figure 9). This sorting probably occurs in response to extracellular gradients also, perhaps cAMP and other factors. These signal gradients are also important in establishing the relative proportion of pre-stalk to pre-spore cells. Genes that play a role in slime mold development after cAMP signaling have been identified. When these genes are removed or mutated, the relative proportion of cell types is altered.

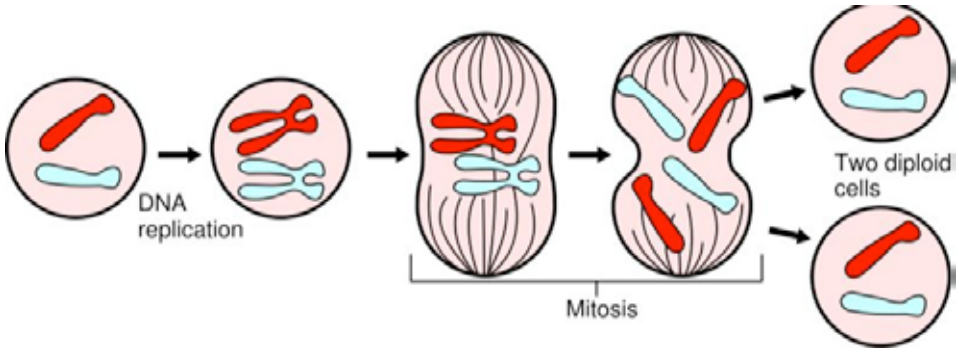


Figure 9: The cell life cycle. Before mitosis, each chromosome duplicates to form two identical chromosomes called sister chromatids. Mitosis separates the sister chromatids into two separate diploid daughter cells.

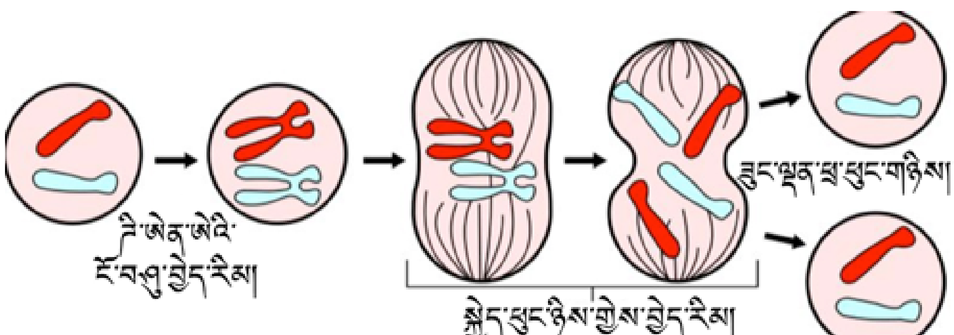
Other molecules are then synthesized to signal the 'terminal differentiation' of pre-spore and pre-stalk cells, and they become determined, that is, they are then mature spore cells and stalk cells whose fates are set. Many of these molecules that serve as 'determining molecules' in slime mold carry out similar functions in insect, frog, and human development.

PROGRAMMED CELL DEATH IN HUMANS

As we noted earlier, slime mold stalk cells die as a natural part of their development. These cells sacrifice themselves, program themselves to die, so that other cells (the spore cells) containing similar genetic information to theirs, can live. Therefore, as you might imagine, the regulation of programmed cell death, technically termed **apoptosis**, is much like the development of living cells—carefully monitored.

ཕྲ་ཕུང་ཞིག་རྐྱོང་ལག་ཕྲ་ཕུང་ངམ་སོན་ཕྱེ་ཕྲ་ཕུང་གང་རུང་ལས་ཅི་ཞིག་ཏུ་འགྱུར་མིན་དེ་ནི་ཕྲ་ཕུང་དེར་ལྟོགས་ཐུག་གི་བཟ་འཕྲིན་(འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྟུལ་གྱི་འཕར་འགྱུལ་)འགྱོར་སྐབས་དེ་ཉིད་ཕྲ་ཕུང་འཁོར་རྒྱུན་གྱི་མཚམས་གང་དུ་སླེབས་ཡོད་མིན་ལ་གཙོ་ཆེར་རག་ལས། ཆེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སྔོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་གཉིས་པའི་ནང་ཕྲ་ཕུང་སྐོར་གྲོས་སྡུར་བྱས་པའི་གནས་དོན་དག་ལས་འདིར་ཕྱིར་དྲན་བྱེད་འོས་པ་ཞིག་ནི། ཕྲ་ཕུང་ཆིག་ལྡན་ནམ་ཕྲ་ཕུང་མང་ལྡན་གྱི་སྐྱེ་དངོས་ཅི་རིགས་པའི་རྒྱུད་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་ཀུན། ཕྲ་ཕུང་འཁོར་རྒྱུན་(དཔེ་རིས། ༩)དུ་འབོད་པ་ཕྲ་ཕུང་ཁེར་གཟུགས་སོ་སོའི་ཚེའི་འཁོར་ལོའི་བྱེད་རིམ་ནང་མཉམ་ཞུགས་བྱེད་པ་དེ་རེད། དེ་ནི་ཕྲ་ཕུང་ཞིག་གི་ཌི་ཨེན་ཨེ་ཐེ་བའི་རྒྱ་ཆ་ཐམས་ཅད་ཉིས་འགྱུར་དུ་འཕེལ་བ་དང་། མཐར་དེ་ཉིད་(སྐྱེད་ཕུང་ཉིས་གྱེས་བྱེད་རིམ་བརྒྱུད་)ཕྲ་ཕུང་གསར་པ་གཉིས་སུ་གྱེས་པའི་བྱེད་རིམ་དེར་ཟེར། སྨུག་ཕུང་ཕྲ་ཕུང་དག་ཀྱང་འཚར་ལོངས་དང་གྱེས་འགྱུར་གྱི་བྱེད་རིམ་བརྒྱུད་དགོས། དཔེར་ན་སྨུག་ཕུང་གི་ཕྲ་ཕུང་གང་དག་ལྟོགས་ཐུག་གི་བཟ་འཕྲིན་སོན་སྐབས་ཕྲ་ཕུང་འཁོར་རྒྱུན་ཁྲིད་ཨེསི་དུས་རིམ་(ཊི་ཨེན་ཨེ་སྡེབ་སྦྱོར་བརྒྱུད་བཞིན་པའི་སྐབས་)དུ་སོན་པ་རྣམས་གཙོ་ཆེར་རྐྱོང་ལག་ལ་མངོན་དུ་ཕྱོགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་གི་ངོ་བོར་འགྱུར་ངེས་རེད།

དེར་མ་ཟད། རིགས་རྫས་སད་རྒྱུར་བྱེད་ནུས་འདོན་ནུས་པའི་བཟ་འཕྲིན་རིགས་འདྲེན་གཏོང་འཕྲུས་ཚང་བྱེད་པར་ཕྲ་ཕུང་ནང་འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྟུལ་ཡོད་པ་གནད་ཆེ། ཕྲ་ཕུང་བྱེ་བྲག་པའི་ནང་གི་རིགས་རྫས་ངེས་བཟུང་དེ་འདྲ་ཐོག་མར་ཡར་སད་རྗེས་རྐྱོང་ལག་ལ་མངོན་དུ་ཕྱོགས་པ་དང་སོན་ཕྱེ་ལ་མངོན་དུ་ཕྱོགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ཕྲ་སྣང་གི་ཁྱུལ་མི་འདྲ་བ་དག་ཏུ་རྒྱུ་བས། མཐར་རྐྱོང་ལག་ལ་མངོན་དུ་ཕྱོགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་འཚར་འཕེལ་བྱེད་བཞིན་པའི་སྐྱེ་དངོས་ཤིག་གི་ལུས་ཆ་གསུམ་དུ་བགོས་པའི་མདུན་ངོས་ཀྱི་གསུམ་ཆ་དེའི་ཁུལ་དང་། སོན་ཕྱེ་ལ་མངོན་དུ་ཕྱོགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་འཚར་འཕེལ་བྱེད་བཞིན་པའི་སྐྱེ་དངོས་



དཔེ་རིས། ༩ ཕྲ་ཕུང་གི་ཚེའི་འཁོར་རྒྱུན། སྐྱེད་ཕུང་ཉིས་གྱེས་བྱེད་རིམ་འགོ་མ་ཚུགས་གོང་ཚོས་ཕུང་རེ་རེ་བཞིན་རྡོ་འདྲའི་ཕུང་པོ་གཉིས་སུ་ལྡབ་འགྱུར་དུ་འཕེལ་ཞིང་། དེའི་རྡོ་ཡ་དེ་དག་ལ་སྙིང་མོ་ཚོས་རྩེད་དུ་འབོད། དེ་ནས་སྐྱེད་ཕུང་ཉིས་གྱེས་བྱེད་རིམ་བརྒྱུད་སྙིང་མོ་ཚོས་རྩེད་དེ་དག་རེ་རེ་ནས་རང་ཆང་ཚུགས་པའི་ན་ཆུང་ཕྲ་ཕུང་སོ་སོ་བ་གཉིས་སུ་ཁ་འགྱེ་འགྲོ།

ཤིག་གི་ལུས་ཀྱི་རྒྱབ་ངོས་ཀྱི་གསུམ་ཆ་གཉིས་ཀྱི་ཁུལ་དུ་འཁོད་པར་འགྱུར་(དཔེ་རིས། ༩)། འདི་ལྟའི་དབྱེ་བ་ཕྱེ་ཚུལ་དེ་ཕལ་ཆེར་ཕྲ་ཕུང་གི་ཕྱི་ལ་འཁོད་པའི་གཟར་ཆ་དག་དང་། གཞན་ཡང་འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྟུལ་དང་རྒྱུ་རྐྱེན་གཞན་དག་ལ་ཡ་ལན་སྤྲོད་པའི་ཁྲིད་དུ་བྱུང་བ་ཡིན་སྲིད། བཟ་འཕྲིན་གྱི་ངོ་བོར་གྱུར་པའི་གཟར་གཤིས་རྣམ་པ་འདི་རྣམས་རྐྱོང་ལག་ལ་མངོན་དུ་ཕྱོགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་དང་སོན་ཕྱེ་ལ་མངོན་དུ་ཕྱོགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་རིགས་གཉིས་པོའི་དབང་ཕན་ཚུན་ལྟོས་བཅས་ཀྱི་འབོར་ཚད་འཕྲིག་རྒྱུར་ཕན་ཐོགས་ཡོད། འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་ཡི་བཟ་འཕྲིན་འདུས་རྟུལ་ཐོན་རྗེས་སུ་འགྲུབ་པའི་སྨུག་ཕུང་གི་འཚར་འཕེལ་བྱེད་རིམ་ནང་བྱེད་ནུས་འདོན་མཁན་གྱི་རིགས་རྫས་དེ་རྣམས་ད་ཆ་ངོ་རྟགས་ཆོད་ཡོད་ཅིང་། རིགས་རྫས་འདི་དག་ཕྱིར་བཏོན་པའམ། ཡང་ན་དེ་དག་ལ་འགྱུར་ལྡོག་བཏང་བས་ཕྲ་ཕུང་གཉིས་པོ་དེའི་དབང་གྲུབ་པའི་ཕན་ཚུན་ལྟོས་བཅས་ཀྱི་འབོར་ཚད་དེ་འཁྲུག་གི་ཡོད།

དེ་རྗེས་རྐྱོང་ལག་ལ་མངོན་དུ་ཕྱོགས་པ་དང་སོན་ཕྱེ་ལ་མངོན་དུ་ཕྱོགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་དབར་གྱི་སྣེ་མོའི་དབྱེ་འཕྲལ་སློང་ཆེད་འདུས་རྟུལ་གཞན་དག་འདུས་སྦྱོར་གྲུབ་ལ། དེ་ནས་ཕྲ་ཕུང་གི་ཚོགས་དེ་རྣམས་ཕྱིར་ལྡོག་ཏུ་མེད་པར་འགྱུར་བ་སྟེ། ཁོ་ལག་རྫོགས་པའི་སོན་ཕྱེ་ཕྲ་ཕུང་དང་རྐྱོང་ལག་ཕྲ་ཕུང་གི་ངོ་བོ་སོ་སོར་འབུ་བས་རང་རང་གི་མདུན་ལམ་བསྒྲོས་ཐང་གཏན་ཆགས་པར་འགྱུར། སྨུག་ཕུང་གི་སྟེང་དེ་ལྟའི་“ཁོ་ཐག་གཅོད་བྱེད་”ཀྱི་འདུས་རྟུལ་གྱི་ཚུལ་དུ་བྱེད་ནུས་འདོན་པའི་འདུས་རྟུལ་དེའི་རིགས་མང་པོ་ཞིག་འབྱུ་སྲིན་དང་། སྤལ་པ། མིའི་འགྲོ་བའི་འཚར་འཕེལ་གྱི་སྟེང་དུའང་གོང་གསལ་དང་མཚུངས་པའི་བྱེད་སྒོ་སྤེལ་ལོ།།

མིའི་ཕྲ་ཕུང་གི་འཆར་བཀོད་འཆི་བ།

ཟུར་ཙམ་སྔར་བཤད་ཟིན་པ་བཞིན། སྨུག་ཕུང་གི་རྐྱོང་ལག་ཕྲ་ཕུང་དག་ལའང་འཚར་འཕེལ་གྱི་རང་བྱུང་རྒྱུད་རིམ་ཁྲིད་འཆི་སྐྱོན་ཐོག་གི་ཡོད། དེ་ཡང་རང་དང་རིགས་རྫས་ཆ་འཕྲིན་གཅིག་མཚུངས་འཆང་བའི་ཕྲ་ཕུང་གཞན་དག་(སོན་ཕྱེ་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་)འཚོ་སྡོད་རྒྱུན་གནས་ཡོང་ཆེད་ཕྲ་ཕུང་འདི་དག་གིས་རང་ཉིད་བློས་གཏོང་གིས་སྔོན་ཚུད་ནས་བཀོད་སྒྲིག་བྱས་ཏེ་རང་ཉིད་ཤི་རུ་འཇུག་གི་ཡོད། དེས་ན་ཁྱེད་ཀྱིས་ཚོད་དཔོག་བྱེད་སྲིད་པ་བཞིན། ཇི་ལྟར་ཕྲ་ཕུང་གསོན་པོ་དག་གི་འཚར་འཕེལ་རྒྱུད་རིམ་གྱི་སྐྱངས་འཛིན་བྱ་བ་ཞིབ་ཚགས་སྒོས་འཚམ་འགྲིག་ཐེབས་ཡོད་པ་བཞིན། སྔོན་ཚུད་ནས་འཆར་བཀོད་ཟིན་པའི་ཕྲ་ཕུང་གི་འཆི་སྐྱོན་རྒྱུད་རིམ་སྟེ། བརྡ་ཆད་དུ་“རང་ཞིག་རིམ་པ་”རུ་འབོད་པ་དེའི་སྐྱངས་འཛིན་ཡང་ཞིབ་ཚགས་སྒོས་འཚམ་འགྲིག་ཐེབས་ཡོད་པ་རེད།

Think about it: if cells, like the stalk cells that are 'supposed' to die, do not, the organism could have serious problems. Let's also consider examples of apoptosis that occurs in human development. Well-studied examples occur during the development of our feet and hands and during the development of our brains. Our feet and hands originally develop with skin cells between the digits, like the webbing that ducks have on their feet. Later in development, before birth, the webbing cells die a programmed death, leaving us with our individual, moveable fingers and toes. In some people, this cell death doesn't occur. In this case, though, this is not a major problem, because the skin between digits can be easily and painlessly removed by physicians, and the fingers and toes heal quickly.

On the other hand, in the case of our brains' development, when normal cell death does not occur in development, the result can be very deleterious. To give us a full appreciation of this case, we'll need to take a deep breath and discuss how what we learned from slime molds can be applied to organisms like us—how things are similar (and different) between the two species.

So far we have outlined general strategies slime mold (and most cells) use during development—providing a few specific examples to give you an idea of what's involved. Although developmental biologists do know many more details of slime mold development than we have discussed here, we are still a long way from a thorough understanding of the process—and this is just in slime molds. However, in our discussions here so far and in the additional work biologists have done, we *have* been able to delineate some of the basic questions in developmental biology with which we started and even have started to provide a few answers. Such answers from organisms like slime mold allow scientists a way into studying key processes of development—cell growth and proliferation and movement, signaling, differentiation, and pattern formation—in other organisms.

A REVIEW OF THE BASICS OF DEVELOPMENT

Before we extend what we have learned from slime mold to human development, let's review the basic principles of developing cells:

- Cells **divide**. As we discussed briefly here and in LSPII, the timing and location of cell division is regulated.
- Similarly, cells **die** in a regulated fashion.
- Cells **move** to form organized and different patterns.
- This living, dividing, moving, and dying of cells is monitored and

འདིར་བསམ་གཞིག་ཅིག་གྱིས་དང་།   གལ་ཏེ་རྐྱེང་ལག་ཕྲ་ཕུང་ལྷ་བུའི་ཕྲ་ཕུང་གང་དག་ངེས་པར་ཤི་རུ་འཇུག་དགོས་པ་དག་ཤི་མ་ཐུབ་ཚེ་འབྲེལ་ཡོད་སྐྱེ་དངོས་དེར་དཀའ་ཁག་ཚད་ལས་བརྒལ་བ་ཞིག་འཕྲད་ངེས་རེད། མ་ཟད་འདིར་ང་ཚོས་མིའི་འཚར་འཕེལ་རྒྱུད་རིམ་ནང་འབྱུང་བཞིན་པའི་རང་ཞིག་རིམ་པའི་དཔེ་མཚོན་དག་ལའང་བསམ་གཞིག་བྱེད་ན་འདི་ལྟར། དེ་ཡང་འཕྲུས་ཚང་པོར་དབྱེ་ཞིབ་བྱས་ཟིན་པའི་དཔེ་མཚོན་རིགས་ནི་ངེད་ཚོའི་རྐང་མགོ་དང་ལག་པའི་འཚར་འཕེལ་དང་ཀླད་པའི་འཚར་འཕེལ་ཁྲོད་རྟེན་དུ་ཡོད།   ང་ཚོ་ཐོག་མར་མངལ་དུ་ཆགས་སྐབས་ངེད་ཚོའི་རྐང་མགོ་དང་ལག་པའི་མཛུབ་མོ་ཕན་ཚུན་དབར་པགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་གིས་སྦྲེལ་ནས་ཡོད་པ་རེད། དེ་ནི་དཔེར་ན་ངང་པའི་རྐང་སོར་རྣམས་དྲྭ་བས་སྦྲེལ་ཡོད་པ་ཇི་བཞིན་རེད། རྗེས་སུ་འཚར་འཕེལ་རྒྱུད་རིམ་ཁྲོད་ང་ཚོ་ཕྱིར་མ་བཙས་གོང་དེ་ལྟའི་དྲྭ་བ་འགྲུབ་བྱེད་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ལ་རང་བྱུང་བཀོད་སྒྲིག་འོག་འཆི་སྐྱོན་ཐོག་པས་ངེད་ཚོར་མཛུབ་མོ་རེ་རེ་ནས་རང་དགར་འགུལ་དུ་ཡོད་པའི་རྐང་ལག་འགྲུབ་ཀྱི་ཡོད།   དེ་ལྟ་ནའང་མི་བུ་འགའ་རེ་ཕྲ་ཕུང་དེ་རྣམས་མ་ཤི་བར་ཕྱིར་བཙའ་བའང་ཡོད།   འོན་ཀྱང་མཛུབ་མོའི་དབར་གྱི་པགས་པ་དེའི་རིགས་ལས་སླ་པོ་དང་ན་ཟུག་མེད་པའི་ངང་ཨིམ་ཆིས་སེལ་ནུས་པས་འདི་ཉིད་དཀའ་རྙོག་ཆེ་བ་ཞིག་མིན། མ་ཟད་རྐང་ལག་གི་མཛུབ་མོ་དེ་རྣམས་འགོར་གཞི་ཆེར་མེད་པར་སླར་གསོ་ཐུབ་ཀྱི་ཡོད།

ཡང་ཕྱོགས་གཞན་ཞིག་ཏུ།   ང་ཚོའི་ཀླད་པའི་འཚར་འཕེལ་ལ་མཚོན་ན་ཕྲ་ཕུང་ཞིག་གི་རྒྱུན་ལྡན་འཆི་སྐྱོན་རིགས་འཚར་འཕེལ་རྒྱུད་རིམ་ཁྲོད་དུས་ལྟར་དུ་མ་འགྲུབ་ཚེ་དེས་མི་བུ་དེའི་བདེ་འཕྱོད་ལ་གནོད་ཚབས་ཆེན་པོ་བཟོ་སྲིད། གནད་དོན་འདི་ཐད་རྒྱུས་ལོན་ཆ་ཚང་བ་ཞིག་འབྱུང་བར་ངེད་ཚོས་ཐོག་མར་དབུགས་རིང་ཞིག་བླངས་རྗེས།   གོང་དུ་ངེད་ཚོས་སྨྱུག་ཕུང་སྟེང་དུ་གང་ཤེས་པ་རྣམས་མིའི་འགྲོ་བ་ལྟ་བུའི་སྐྱེ་དངོས་གཞན་ལའང་རིགས་འགྲེ་རུང་བའི་ (ཉེ་རིགས་གཉིས་དབར་འདྲ་ས་དང་མི་འདྲ་སའི་གནས་གང་དང་གང་ཡོད་)སྐོར་བསམ་གཞིག་གྲོས་སྡུར་བྱ་དགོས།

ད་བར་ངེད་ཚོས་དཔེར་མཚོན་དམིགས་བཀར་བ་འགའ་རེ་ལ་བརྟེན་ནས་སྐབས་འབྲེལ་གྱི་གནས་དོན་ལ་རྒྱུས་ལོན་བྱེད་བཞིན་དུ་སྨྱུག་ཕུང་དང་།   དེ་བཞིན་དུ་འཚར་འཕེལ་གྱི་མཚམས་སོ་སོར་ཕྲ་ཕུང་ཕལ་ཆེ་བས་བཀོལ་སྤྱོད་བྱེད་པའི་ཐབས་བྱུས་སྤྱིར་བཏང་བ་དག་གི་སྐོར་སྟོམ་བཤད་བྱས་ལ།   སྤྱིར་ན་སྨྱུག་ཕུང་གི་འཚར་འཕེལ་རྒྱུད་རིམ་སྐོར་འཚར་འཕེལ་ལ་དམིགས་འཛུགས་པའི་སྐྱེ་དངོས་རིག་པ་བ་དག་གིས་གང་ཤེས་ཤིང་རྟོགས་པའི་ཞིབ་གནས་དག་ནི་ད་བར་ངེད་ཚོས་ཤེས་སྦྱོང་བྱས་པའི་ཚོད་ལས་ཆེར་བརྒལ་ཡང་།   སྨྱུག་ཕུང་གཅིག་པུར་ཆ་མཚོན་ནའང་དེའི་འཚར་འཕེལ་རྒྱུད་རིམ་སྐོར་ཚན་རིག་པ་དག་གིས་དཔྱིས་ཕྱིན་པའི་གོ་གསེད་ལོན་པར་ད་དུང་རྒྱུན་རིང་འགོར་ངེས་རེད། དེ་ལྟ་ནའང་ད་བར་ངེད་ཚོས་བསླབས་པའི་གྲོས་སྡུར་དང་།   གཞན་ཡང་སྐྱེ་དངོས་ཚན་རིག་པ་དག་གིས་སྤྲེལ་བའི་ཡིག་ཆ་སྣོན་མ་དག་ལ་བརྟེན་ནས་ངེད་ཚོས་དང་ཐོག་གང་ནས་འགོ་བཙམས་པའི་རྨང་གཞིའི་དྲི་བ་འགའ་རེའི་མཚམས་ལེགས་པར་ཕྱེད་ཐུབ་པ་བྱུང་ཡོད་ལ།   དེར་མ་ཟད་དྲི་བ་རེ་ཟུང་གི་ལན་ལྡོན་པའི་འགོ་ཡང་བཙམས་ཡོད།   སྨྱུག་ཕུང་ལྟ་བུའི་སྐྱེ་དངོས་དག་ལས་སོན་པའི་ལན་འདེབས་འདི་རིགས་ཀྱིས་ཚན་རིག་པ་དག་ལ་སྐྱེ་དངོས་གཞན་གྱི་འཚར་འཕེལ་རྒྱུད་རིམ་གཙོ་བོ་ཁག་ལ་ཕྱོགས་སྟོན་བྱེད་པར་ཕན་ཐོགས་བྱུང་ཡོད་ཅིང་། དེ་ལྟའི་རྒྱུད་རིམ་དག་ནི། ཕྲ་ཕུང་གི་སྐྱེ་འཕེལ་དང་། ཁྱབ་གདལ། འགུལ་བསྐྱོད་བྱེད་རིམ་བཅས་དང་། བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་ལེན་གྱི་བྱེད་རིམ། དབྱེ་གཅོད་བྱེད་རིམ། འགྲོས་རིམ་ཆགས་འགྲུབ་ཀྱི་བྱེད་རིམ་བཅས་རེད།

འཚར་འཕེལ་གྱི་གཞི་རིམ་གནས་དོན་ལ་བསྐྱར་ཞིབ་བྱེད་པ།

ད་ཕན་ང་ཚོས་སྨྱུག་ཕུང་གི་འཚར་འཕེལ་དང་འབྲེལ་བའི་གནས་དོན་གང་ཤེས་པ་རྣམས་མིའི་འཚར་འཕེལ་ལ་རིགས་འགྲེ་མ་བཏང་གོང་འདིར་ངེད་ཚོས་སྔ་འཕྲོས་ཕྲ་ཕུང་གི་འཚར་འཕེལ་དང་འབྲེལ་བའི་རྨང་གཞིའི་རྩ་འཛིན་དག་ལ་བསྐྱར་ཞིབ་བྱེད་ན་འདི་ལྟར་ཏེ།

- ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ཁ་འགྱེ་བ་རེད། སྐབས་འདིར་དང་སྔར་ཚེ་སྲོག་ཆགས་རིག་གི་སྔོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་གཉིས་པ་བཅས་སུ་མདོར་ཙམ་གྲོས་སྡུར་བྱས་པ་བཞིན།   ཕྲ་ཕུང་ཞིག་ནམ་ཁ་འགྱེ་བའི་དུས་ཚིགས་དང་།   གང་དུ་ཁ་འགྱེ་བའི་ཆ་ཁུལ་བཅས་ནི་གོ་རིམ་ལྡན་པའི་ངང་འཚམ་འགྲིག་བྱས་ཡོད་པ་རེད།

- དེ་བཞིན་དུ་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་གོ་རིམ་དང་ལྡན་པའི་ངང་འཆི་བ་རེད།

- ཕྲ་ཕུང་གི་འགུལ་སྐྱོད་བྱ་བ་ལས་གོ་རིམ་ལྡན་པའི་འགྲོས་རིམ་སྣ་ཚོགས་ཤིག་འགྲུབ་པ་རེད།

- ཕྲ་ཕུང་རྣམས་འཚོ་སྐྱོད་བྱེད་པ་དང་། འགྱེ་འགྱུར་ཐེབས་པ། འགུལ་བསྐྱོད་བྱེད་པ། འཆི་བ་བཅས་ཀྱི་བྱ་བ་རྣམས་ནི་གཙོ་ཆེར་ཕན་ཚུན་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་རེས་བརྒྱུད་སྟངས་འཛིན་དང་འཚམ་འགྲིག་ཐུབ་ཀྱི་ཡོད།

regulated largely through their communication with each other.

- This **communication** is accomplished through **signaling molecules** that:
  1. distribute through space in concentration **gradients**, resulting in differential effects on recipient cells
  2. **bind to receptors** to activate a series of intracellular reactions to effect change.
- During development, due to differential gene expression, cells **differentiate** in response to these signals, which result in different personalities and functions.
- Mature cells are **determined**, set to maintain one personality or function.

Now, let's take these basic principles and apply them to some examples of development in humans.

Because evolution saves strategies across time that work, and because it is much easier, faster, and more ethically justifiable to experiment with slime mold than with humans, we do just that. When we discover an important molecule in signaling, for example, cAMP in slime mold, we can test in humans and see if that molecule is also important for signaling and development in us (it is); and conversely, if we discover a human development disease involving cAMP signaling, we can test drugs and therapies and study their mechanisms first in slime molds and other organisms before testing them in humans.

So, what about us humans? How do we develop similarly and differently than slime mold?

DEVELOPMENT OF THE HUMAN BRAIN: INTEGRATING LIFE SCIENCES AND NEUROSCIENCE

We will now apply the basic principles to the development of the human nervous system we discuss in the Neuroscience primers. This discussion will also integrate the Life Sciences Primers I and II, because it is the theory of evolution that underlies this development story and because it is cells and their genes that make all this possible, that are the substrates for biological phenomena.

Let's begin at the beginning and then work our way back to cell death and developing brains.

- བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་ལེན་བྱེད་པ་ནི་འཕྲིན་གཏོང་འདུས་རྟུལ་དག་ལ་བརྟེན་ནས་འགྲུབ་ཐུབ་པ་འབྱུང་ཞིང་།

  ༥།) འཕྲིན་གཏོང་འདུས་རྟུལ་འདི་དག་གཟར་གཤེས་ཀྱི་ངོ་བོར་མྱོགས་ཤུལ་དུ་འགྱམས་ནས་ཡོད་ལ། དེ་ལ་བརྟེན་ནས་སྟེ་ལེན་བྱེད་པའི་ཐ་ཕྱང་སོ་སོར་བྱེད་ནུས་མི་འདུ་བ་ཞོག་པ་རེད།

  ༦།) འགྱུར་ལྡོག་བསྐྱེད་པའི་ཚེད་དུ་འཕྲིན་གཏོང་འདུས་རྟུལ་འདི་དག་གིས་སྟེ་ལེན་པ་དག་ལ་འཆིང་སྡོར་བྱས་ཏེ་ཐ་ཕྱང་ནང་སྤྱག་གི་སྟེལ་སྡོར་གྱི་རྒྱན་ཞིག་སློང་གི་ཡོད།

- འཚར་འཞེལ་བྱེད་པའི་སྐང་དེར་རིགས་ཛ་ག་ཅམ་དོད་ཚུལ་མི་འདུ་བའི་དབང་གིས་བརྡ་འཕྲིན་གྱི་རིགས་ལ་ཡ་ལན་འདེའས་ཚུལ་གྱི་སྐོ་ནས་ཐ་ཕྱང་རྣམས་ནང་གསེས་དབྱེ་བ་ཆོད་པར་འགྱུར་ལ། དེའི་དབང་གིས་དེ་དག་རང་གཤེས་དང་བྱེད་ལས་ཐ་དད་ཅན་ཡིན་པ་རེད།

- ཁོ་ལག་ཇོགས་པའི་ཐ་ཕྱང་རྣམས་རང་གི་རང་གཤེས་སམ་བྱེད་ལས་གཅིག་རང་ལ་སུ་མཐུད་དུ་གནས་པས་རང་བཞིན་ལྡོག་པ་མེད་པར་གནས་སོ།།

དཔེ་དེད་ཚོས་གོང་གི་རྣང་གཞིའི་རྩ་འཛིན་རྣམས་ཉེར་ཤེའི་འགྲོ་བའི་འཚར་འཞེལ་གྱི་དལེ་མཚོན་འགའ་རེའི་སྐེང་རིགས་བསྒྲེ་བར་གཞོལ་འོ།།

དུས་ཀྱི་རྒྱུན་ཐག་ཆྲོད་དོན་གོ་འཞེར་བའི་ཐབས་བྱས་རྣམས་འཞེལ་འགྱུར་གྱིས་ཉར་ཚགས་བྱེད་པ་དང་། བརྟག་དཔྱད་དངོས་བཞེར་གྱི་བྱ་བ་རྣམས་མིའི་འགྲོ་བར་བསྒྲུབ་པ་ལས་རྩ་ཐུབ་སྐྱེང་བསྒྲུབ་ན་ལས་སྐ་བ་དང་། སྐུར་བ། ཚུལ་སྦྱོངས་ཀྱི་ལྟ་ཚུལ་སོགས་ནས་དག་སྐྱེལ་བྱེད་བའི་བ་བཅས་ཀྱི་རྒྱ་མཚན་ལ་བརྟེན་ནས་དེད་ཚོས་དེ་རང་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། ནམ་ཞེག་དཔེར་ན་རྩལ་ཐུང་ནང་གི་འགོར་རྒྱན་ཞེ་ཞེམ་པི་འདུས་རྟུལ་ལྟ་བུའི་འཕྲིན་གཏོང་འདུས་རྟུལ་གནད་ཆེན་རིགས་དེད་ཚོར་རྟེའུ་གས་བྱང་བ་ན་དེ་ཉིད་མིའི་སྐེང་བརྟག་དཔྱད་བྱས་ཏེ་འདུས་རྟུལ་དེ་མིའི་འགྲོ་བའི་འཚར་འཞེལ་བྱེད་རིམ་དང་བརྟ་འཕྲིན་གཏོང་ལེན་བྱེད་རིམ་ནང་དུའང་གནད་འགག་ཆགས་མིན་(དེ་ལྟར་གནད་འགག་ཆགས་པ་རྟེའུ་ཡོད་) དབྱེ་ཞིབ་བྱེད་ཆོག་ཡོད། ཡང་། ལྡོག་སྦྱོགས་ནས་གལ་ཏེ་མིའི་འགོ་བར་འགྲོན་རྒྱུན་རང་བཞིན་གྱི་ཞེ་ཞེམ་པི་ཡི་འཕྲིན་གཏོང་འདུས་རྟུལ་དང་འབྲེལ་བའི་ནད་གཞི་ཞིག་རྟེའུ་ཆེ། དེད་ཚོས་སྨན་རྩས་དང་དཔྱད་ཐབས་ཀྱི་རིགས་དང་། དེ་དག་གི་ལས་ཚུལ་བཅས་པ་མིའི་སྐེང་དུ་ཆོད་ལྡ་མ་བྱས་གོང་ཐོག་མར་སྐུག་སྡུང་དང་སྐྱེ་དངོས་གཞན་གྱི་སྐེང་ཆོད་ལྡ་བརྟག་དཔྱད་བྱས་ཆོག་ཡོད།

དེས་ན། མིའི་འགྲོ་བའི་གནས་སྟངས་དེ་ཅི་འདྲ་ཞིག་ཡིན་ནམ། མི་རྣམས་འཚར་འཞེལ་བྱེད་ལུགས་དེ་སྐུག་སྡུང་དང་འདྲ་མ་དང་མི་འདྲ་སའི་ཚ་གང་ཞིག་ཡིན་ནམ།

མིའི་སྐད་པ་འཚར་འཞེལ་བྱེད་ཚུལ། ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་དང་དབང་རྩ་ཚན་རིག་གཉིས་འཚམ་སྦྱིག་བྱེད་པ།

དཔེ་ང་ཚོས་གོང་གསལ་རྣང་གཞིའི་རྩ་འཛིན་རྣམས་དབང་རྩ་ཚན་རིག་གི་སྟོན་འགྲོའི་དེབ་ཟེང་དག་ཏུ་གོས་སྡུར་བྱས་པའི་མིའི་དབང་རྩ་མ་ལག་གི་འཚར་འཞེལ་སྐེང་རིགས་བསྒྲེ་བར་བྱའོ།། གོས་སྡུར་འདིར་ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སྟོན་འགྲོའི་སྐོབ་དེབ་དང་པོ་དང་གཉིས་པའི་ནང་དོན་དག་ལའང་མཉམ་འཇོག་བྱ་དེས་ཏེ། འཞེལ་འགྱུར་རྣམ་གཞན་གི་འཚར་འཞེལ་གྱི་གཏམ་བཤད་འདིའི་རྣང་རྟེན་ཡིན་པའི་ཕྱིར་དང་། འཚར་འཞེལ་གྱི་རྒྱུད་རིམ་འདི་ཀུན་སྐྱེ་དངོས་དངོས་པོའི་འགྲུབ་གཞིར་གྱུར་པ་ཡིན་དང་ཡུལ་ཐུང་དང་ཡུལ་གི་རིགས་ཇུས་དག་ལ་བརྟེན་ནས་འབྱུང་བའི་ཕྱིར་རོ།།

དེས་ན་ང་ཚོས་འགོ་ཁྲིདས་ནས་འགོ་རྩོམ་ལ། དེ་ནས་རིམ་གྱིས་ཡུལ་ཐུང་གི་འཆི་བ་དང་། འཚར་འཞེལ་བྱེད་བཞིན་པའི་སྐད་པ་བཅས་ལ་ཕྱིར་འོག་བྱའོ།།

Although studying slime molds gives us a lot of information about development of other organisms, including humans, they are limited in what they can tell us about mammalian development. One major reason is that slime molds are haploid organisms, that is, they only contain one complement of their genes. This is as opposed to most multicellular organisms, which are diploid. You, for example (if you remember from LSPII), are diploid, that is, you contain two copies of almost all of your genes—one from your mother and one from your father (Figure 10). The major exception to this rule is, if you are a male, you have only one copy of all the genes on your sex chromosomes (Figure 11). This is because males have only one X chromosome (which came from their mothers) and only one Y chromosome (which came from their fathers), so any gene on either of those **chromosomes only exists in one copy in each cell of a male. Females have two copies of** all their genes, since they have two X chromosomes. Otherwise, humans normally have two copies of all genes.

Figure 10: In diploid cells, each individual chromosome has a homologous pair. One set comes from the mother, the other set comes from the father.

Through a distinctive kind of cell division called meiosis, humans and other diploid organisms develop cells called gametes or sex cells. Meiosis is very similar to the process of mitosis described in LSPII (Figure 12), but has an additional round of division that results in haploid cells. Mitosis of a diploid cell results in two diploid cells; meiosis of a diploid cell results in four haploid gametes. The evolutionary advantages (and disadvantages) of meiosis and sexual reproduction are discussed in previous Life Sciences Primers.

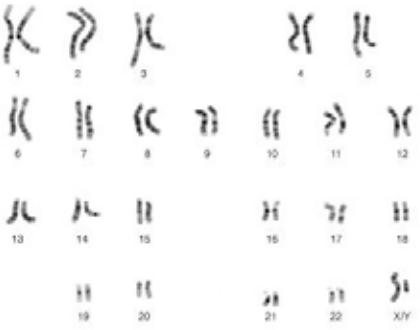


Figure 11: The normal male human karyotype. Females have two X chromosomes, while males, as shown, have one X chromosome and one Y-chromosome.

Meiosis in males produces sperm and meiosis in females produces eggs (or ova). These sperm and eggs, collectively known as gametes or germ cells, unlike any other cells in our bodies, are haploid. When two diploid organisms mate, the haploid female egg can be fertilized by the haploid male sperm, resulting in a diploid fertilized egg. This egg then undergoes mitosis to make two cells and the resulting cells continue to divide to eventually make an entire organism.

In the remainder of this primer's discussion of development, we will take what we've learned about development from **the haploid organism slime mold and apply and expand it to examine how this one diploid cell—the fertilized egg—is able** that make up a body. Along the way, we will

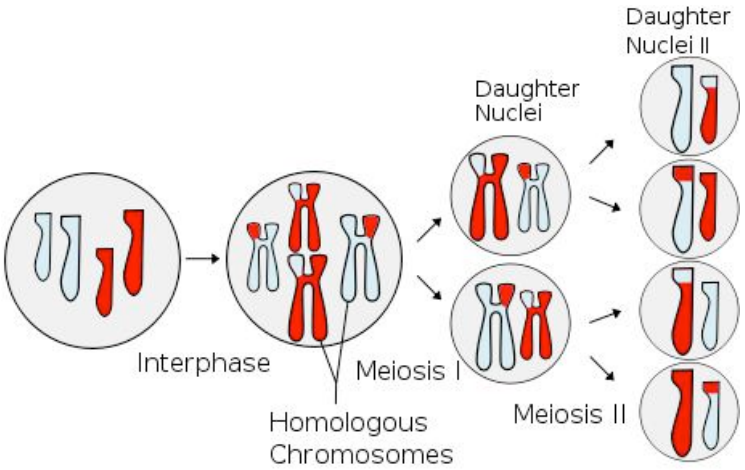
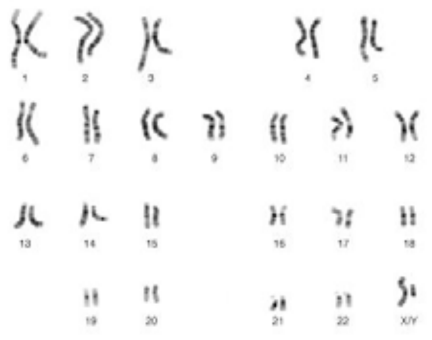


Figure 12: Meiosis is another form of cell division. Unlike mitosis, meiosis involves two rounds of cell division. In meiosis, homologous pairs of duplicate chromosomes join to form tetrads. Thus, the first round of division separates the duplicate chromosome pairs, while the second round separates the chromatids.

དཔེ་རིས། ༡༠ ཟུང་ལྡན་ཕྲ་ཕུང་ནང་གི་ཆོས་ཕུང་རེ་རེ་ནས་ངོ་འདྲའི་ཆ་ཞིག་གིས་གྲུབ་ཅིང་། དེ་ལྟའི་ཆ་དེའི་ཡ་གཅིག་རང་གི་མ་ལས་བྱུང་ལ། ཡ་གཞན་ཕ་ལས་བྱུང་ངོ་།།

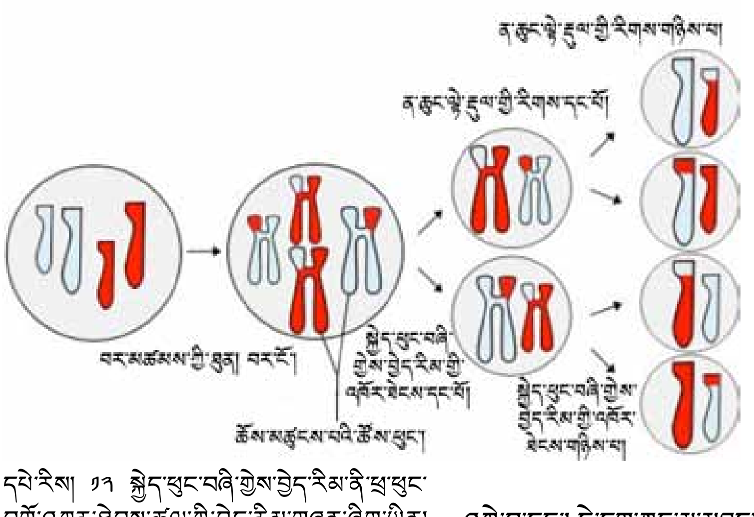


དཔེ་རིས། ༡༡ མིའི་ཆོས་ཕུང་བསྡར་སྒྲིག་གི་རྣམ་པ་སྤྱིར་བཏང་བ་ཞིག བུད་མེད་ཚོར་ X རྟགས་ཅན་གྱི་ཆོས་ཕུང་གཉིས་ཡོད་ལ། འོན་ཀྱང་སྐྱེས་པ་རྣམས་ལ་(དཔེ་རིས་ནང་གསལ་བ་བཞིན་) X རྟགས་ཅན་གྱི་ཆོས་ཕུང་གཅིག་དང་ Y རྟགས་ཅན་གྱི་ཆོས་ཕུང་གཅིག་བཅས་ཡོད་པ་རེད།

ས་བོན་འདྲེས་སྦྱོར་དང་། འཚར་འཕེལ་གྱི་འགོ་མའི་རིམ་པ།

སྤྱིར་ན་ཕྲུག་ཕུང་སྟེང་དུ་བསྒྲུབས་པའི་དཔྱེ་ཞིབ་ཀྱི་བྱ་བ་ལ་བརྟེན་ནས་ད་ལྟའི་ཆར་མིའི་འགྲོ་བ་ཐེ་བའི་སྐྱེ་དངོས་གཞན་དག་གི་འཚར་འཕེལ་སྐོར་ཆ་འཕྲིན་སྣ་མང་སོན་པ་བདེན་མོད། འོན་ཀྱང་དེ་ལ་བརྟེན་ནས་ཉུ་གསོས་སེམས་ཅན་གྱི་འཚར་འཕེལ་སྐོར་ཆ་འཕྲིན་ཞུང་དུ་ལས་ཐོབ་མི་ཐུབ། འདིའི་རྒྱུ་མཚན་གནད་ཆེ་བ་ཞིག་ནི་ཕྲུག་ཕུང་རྣམས་ཡ་རྐང་སྐྱེ་དངོས་ཀྱི་རིགས་ཡིན་པ་སྟེ། དེ་དག་ལ་རང་རང་གི་རིགས་རྫས་ཁེར་ཡ་རེ་ལས་མེད་པས་རེད། དེ་ལས་ལྡོག་སྟེ་ཕྲ་ཕུང་མང་ལྡན་གྱི་སྐྱེ་དངོས་ཕལ་ཆེ་བ་ནི་ཟུང་ལྡན་སྐྱེ་དངོས་ཀྱི་གྲས་རེད། དེ་ཡང་དཔེར་མཚོན་ན། (གལ་ཏེ་ཁྱོད་ཀྱིས་ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སློབ་འགྲོའི་སློབ་དེབ་གཉིས་པའི་ནང་དོན་རྣམས་འདིར་ཕྱིར་དྲན་ཐུབ་པ་ཡིན་ན་)ཁྱོད་ཉིད་ཟུང་ལྡན་སྐྱེ་དངོས་ཤིག་ཡིན་ལ། དེ་ནི་ཁྱོད་ལ་རང་གི་རིགས་རྫས་ཀྱི་རྣམ་གྲངས་ཕལ་ཆེ་བའི་ངོ་འདྲ་གཉིས་རེ་ཡོད་པ་ལ་ཟེར། དེ་ཡང་དེའི་ཡ་གཅིག་རང་གི་མ་དང་། ཡ་གཞན་དེ་ཕ་ལས་ཐོབ་ཀྱི་ཡོད་(དཔེ་རིས། ༡༠)། འོན་ཀྱང་འདིར་དམིགས་བསལ་ཟུར་ཕུད་དགོས་པ་ཞིག་ནི། གལ་ཏེ་ཁྱོད་ཉིད་སྐྱེས་པ་ཞིག་ཡིན་ན་ཁྱེད་ཀྱི་མཚན་མའི་ཆོས་ཕུང་སྟེང་གི་རིགས་རྫས་ཀུན་ལ་ངོ་འདྲའི་ཡ་རེ་ལས་མེད་པ་དེ་རེད་(དཔེ་རིས། ༡༡)། དེའི་རྒྱུ་མཚན་ནི་སྐྱེས་པ་རྣམས་ལ་(རང་གི་མ་ལས་ཐོབ་པའི་) X རྟགས་ཅན་གྱི་ཆོས་ཕུང་ཡ་གཅིག་དང་(རང་གི་ཕ་ལས་ཐོབ་པའི་) Y རྟགས་ཅན་གྱི་ཆོས་ཕུང་ཡ་གཅིག་ལས་མེད་ལ། དེའི་དབང་གིས་སྐྱེས་པའི་ལུས་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་རེ་རེའི་ནང་གི་ཆོས་ཕུང་དེ་གཉིས་པོའི་སྟེང་རིགས་རྫས་ཡོད་དོ་ཅོག་ལ་མཚན་གཞི་ཡ་རེ་ལས་མེད་པ་རེད། འོན་ཀྱང་བུད་མེད་རྣམས་ལ་རིགས་རྫས་དེ་ཀུན་གྱི་ངོ་འདྲ་གཉིས་རེ་ཡོད་དེ། དེ་དག་ལ་X རྟགས་ཅན་གྱི་ཆོས་ཕུང་གཉིས་ཡོད་པའི་ཕྱིར། དེ་མ་གཏོགས་པར་མི་ལ་རྒྱུན་དུ་རིགས་རྫས་ཐམས་ཅད་ཀྱི་ངོ་འདྲ་གཉིས་རེ་ཡོད།

མིའི་འགྲོ་བ་དང་གཞན་ཡང་ཟུང་ལྡན་སྐྱེ་དངོས་གཞན་རྣམས་ཀྱིས་ཕྲ་ཕུང་བགོ་འགྱུར་གཏོང་བའི་བྱེད་རིམ་དམིགས་བཀར་བ་སྐྱིད་ཕུང་བཞི་གྱེས་སུ་འབོད་པ་དེ་ལ་བརྟེན་ནས་ཁམས་རྡུལ་ལམ་མཚན་མའི་ཕྲ་ཕུང་དུ་འབོད་པའི་ཕྲ་ཕུང་དེ་འདྲ་སྐྱིད་སྲིང་བྱེད། དེ་ལ་སྐྱིད་ཕུང་བཞི་གྱེས་བྱེད་རིམ་དེ་སྔར་ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སློབ་འགྲོའི་སློབ་དེབ་གཉིས་པར་འགྲེལ་བཤད་བྱས་པའི་སྐྱིད་ཕུང་ཉིས་གྱེས་བྱེད་རིམ་(དཔེ་རིས། ༡༣)དང་ཆེས་འདྲ་མཚུངས་སུ་ཡོད་མོད། འོན་ཀྱང་བྱེད་རིམ་འདིར་བགོ་འགྱུར་གྱི་རིམ་པ་ལྷག་པོ་ཞིག་ཡོད་པ་དེས་ཡ་རྐང་ཕྲ་ཕུང་རིགས་སྐྱིད་ཀྱི་ཡོད། དེ་ཡང་ཟུང་ལྡན་ཕྲ་ཕུང་ཞིག་སྐྱིད་ཕུང་ཉིས་གྱེས་བྱེད་རིམ་བརྒྱུད་པ་ལས་དེ་ཉིད་ཟུང་ལྡན་ཕྲ་ཕུང་ཐ་དད་པ་གཉིས་སུ་འཕེལ་ལ། དེ་ལྟ་ནའང་ཟུང་ལྡན་ཕྲ་ཕུང་ཞིག་སྐྱིད་ཕུང་བཞི་གྱེས་ཀྱི་བྱེད་རིམ་བརྒྱུད་པ་ལས་ཡ་རྐང་ཕྲ་ཕུང་ཐ་དད་པ་བཞི་རུ་འཕེལ་འགྲོ། སྐྱིད་ཕུང་བཞི་གྱེས་བྱེད་རིམ་དང་འདོད་སྤྱོད་སྐྱེ་འཕེལ་བྱེད་རིམ་དག་ལ་འཕེལ་འགྱུར་རིག་པའི་བལྟ་ཕྱོགས་ནས་དགེ་མཚན་(དང་སྐྱོན་མཚང་)ཅི་ཡོད་སྐོར་ངེད་ཚོས་ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སློབ་འགྲོའི་སློབ་དེབ་ལྔ་པ་རྣམས་སུ་གྲོས་སྟུར་བྱས་ཟིན།



དཔེ་རིས། ༡༣ སྐྱིད་ཕུང་བཞི་གྱེས་བྱེད་རིམ་ནི་ཕྲ་ཕུང་བགོ་འགྱུར་ཐེབས་ཚུལ་གྱི་བྱེད་རིམ་གཞན་ཞིག་ཡིན། སྐྱིད་ཕུང་ཉིས་གྱེས་བྱེད་རིམ་དང་མི་འདྲ་བར་སྐྱིད་ཕུང་བཞི་གྱེས་བྱེད་རིམ་འདིར་བགོ་འགྱུར་རྒྱུད་རིམ་ཐེངས་གཉིས་བརྒྱུད་དགོས་ཀྱི་ཡོད། སྐྱིད་ཕུང་བཞི་གྱེས་བྱེད་རིམ་ནང་ངོ་འདྲའི་ཆ་སྦྲེལ་ཆོས་ཕུང་ཆ་གཉིས་ལྷན་ཅིག་ཏུ་འདུས་པ་ལས་བཞི་ཚོགས་གོང་བུ་དེ་དག་གྲུབ་པ་རེད། དེས་ན་བགོ་འགྱུར་གྱི་འཁོར་ཐེངས་དང་པོའི་སྐབས་ངོ་འདྲ་ཡིན་པའི་ཆ་སྦྲེལ་ཆོས་ཕུང་རྣམས་སོ་སོར་ཁ་འབྱེ་ལ། དེ་རྗེས་འཁོར་ཐེངས་གཉིས་པའི་སྐབས་ཆོས་ཅིད་རྣམས་ཁ་ཕྲལ་བར་བྱེད་དོ།།

དེ་ལ་སྐྱེས་པའི་ལུས་ནང་འགྲུབ་པའི་སྐྱིད་ཕུང་བཞི་གྱེས་བྱེད་རིམ་དེས་ཁམས་དཀར་པོ་སྐྱིད་ལ། བུད་མེད་ཀྱི་ལུས་ནང་འགྲུབ་པའི་སྐྱིད་ཕུང་བཞི་གྱེས་བྱེད་རིམ་དེས་མའི་ས་བོན་(ཡང་ན། ཁམས་དམར་)སྐྱིད་པར་བྱེད། ཁམས་དཀར་དམར་གྱི་ས་བོན་གཉིས་པོ་ཅི་རིགས་ལ་ཐུན་མོང་དུ་ཁམས་རྡུལ་ལམ། ཡང་ན་ས་བོན་ཕྲ་ཕུང་དུ་འབོད་ཅིང་། མིའི་ལུས་ནང་གི་ཕྲ་ཕུང་གཞན་ཀུན་དང་མི་འདྲ་བར་ཕྲ་ཕུང་འདི་དག་ནི་ཡ་རྐང་ཅན་ཞི་ཅིག་རེད། ནམ་ཞིག་ཟུང་ལྡན་སྐྱེ་དངོས་གཉིས་སྦྱིབ་སྦྱོར་བྱེད་པ་ན་མའི་ཡ་རྐང་ཁམས་དམར་ལ་ཕའི་ཡ་རྐང་ས་བོན་གྱིས་གསོས་བཏབ་པའི་མཇུག་འབྲས་སུ་ཟུང་ལྡན་གྱི་ཁམས་འདུས་ས་བོན་ནམ་ཐིག་ལེ་འདུས་སྒོང་ཞིག་སྐྱེ་ལ། དེ་ནས་དེ་ལྟའི་ཁམས་འདུས་ས་བོན་ནམ་ཐིག་ལེ་འདུས་སྒོང་དེ་ཉིད་སྐྱིད་ཕུང་ཉིས་གྱེས་བྱེད་རིམ་བརྒྱུད་དེ་ཕྲ་ཕུང་གཉིས་སུ་འགྱེ་བ་དང་། དེ་དག་ཀྱང་སླ་མཐུད་དེ་བགོ་འགྱུར་ཐེབས་ཀྱིན་དུ་མཐར་སྐྱེ་དངོས་རིལ་པོ་ཞིག་ཏུ་འགྱུར་བ་རེད།

སློབ་འགྲོའི་སློབ་དེབ་འདིའི་འཚར་འཕེལ་བྱེད་རིམ་སྐོར་གྱི་གྲོས་སྟུར་ལྷག་མའི་ནང་ང་ཚོས་ཡ་རྐང་སྐྱེ་དངོས་སུ་གྱུར་པའི་ཕྲུག་ཕུང་གི་དཔེའི་སྟེང་ནས་འཚར་འཕེལ་སྐོར་ངེད་ཚོས་གོང་དུ་གང་སྨྲངས་པ་རྣམས་ཕྱིར་ནས་རིགས་རྫས་ཚོགས་ཕུང་ཟུང་ལྡན་དུ་གྱུར་པའི་ཕྲ་ཕུང་སྟེ་ཁམས་འདུས་ས་བོན་ནམ་ཐིག་ལེ་འདུས་སྒོང་ངམ། ཡང་ན་གསོས་ཐེབས་པའི་ཁམས་དམར་གཅིག་པུ་འདིའི་སྟེང་དུ་པར་འགེབས་སྦྲོས་བཤད་བྱེད་པ་བརྒྱུད། ཕྲ་ཕུང་གཅིག་པུ་འདི་ཉིད་ཚུལ་ཇི་ལྟར་དུ་རིགས་མི་འདྲ་བའི་ཕྲ་ཕུང་གི་རྣམ་པ་མང་པོར་རིམ་གྱིས་གྱེས་ཏེ་མཐར་ལུས་ཕུང་གང་པོ་ཞིག་ཏུ་འགྱུར་ལུགས་ལ་ཞིབ་བལྟ་བྱ་ལ། དེ་ལྟར་ཞིབ་བལྟ་བྱེད་ཀྱིན་དུ་གསོན་གནས་རྒྱུན་འཁྱོངས་ཡོང་བ་དང་ཆེས་མཚར་འོས་པའི་

explore the relatively simple developmental strategies organisms use—many of which we saw in the slime mold case— to optimize survival and develop astonishing complexity. Using the nervous system as our example, we will examine the development of whole populations of cells of similar personality (known as organs and organ systems).

FERTILIZATION AND CHEMOTAXIS

A mature sperm cell fuses with a mature egg cell through a process called fertilization. Females of reproductive age, monthly release an egg from their ovaries. These females have moved through the developmental stage known as puberty, which we will discuss later. Changes during this time—which usually occurs between ages 12-15—alter the cells and organs of people so that they now are able to reproduce. In males, sperm are made for the first time and then produced daily. In females, eggs, all of which they have had since before birth, now mature, one per month, until women reach the post-reproductive stage called menopause at age 45-50.

The egg released from the ovaries travels through the fallopian tubes (Figure 13). During sexual intercourse, the male sperm enter into the female's vagina, and then some into her uterus. There, a very few sperm undergo a chemical process called **capacitation**. During capacitation, sperm undergo changes in cell membrane proteins and other changes analogous to those that occur in slime mold amoebae when they sense cAMP. And, in fact, cAMP is also involved in capacitation of human sperm. Capacitated sperm, upon binding cAMP and like slime mold, become more mobile and are able to enter the Fallopian tube, where one sperm can fertilize the egg (*if* this happens to be at the stage of the monthly female cycle (see below) at which the egg is present there).

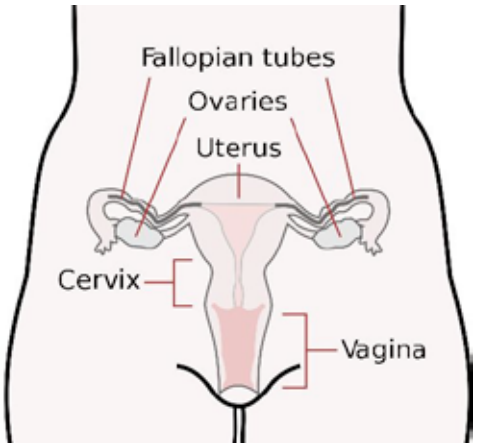


Figure 13: Lutenizing hormone causes ovulation, or the release of an egg during a woman's menstrual cycle. The egg moves from the ovary through the Fallopian tubes.

How do you think the sperm are able to 'find' the egg? Think about the slime mold cells and how they were able to orient and aggregate themselves. In much the same way, the sperm finds the egg by chemotaxis—a gradient of chemicals. Chemicals are released by the egg and its surrounding fluids. At least five or six chemicals—including hormones and some short proteins—are involved in chemotaxis of sperm to the egg.

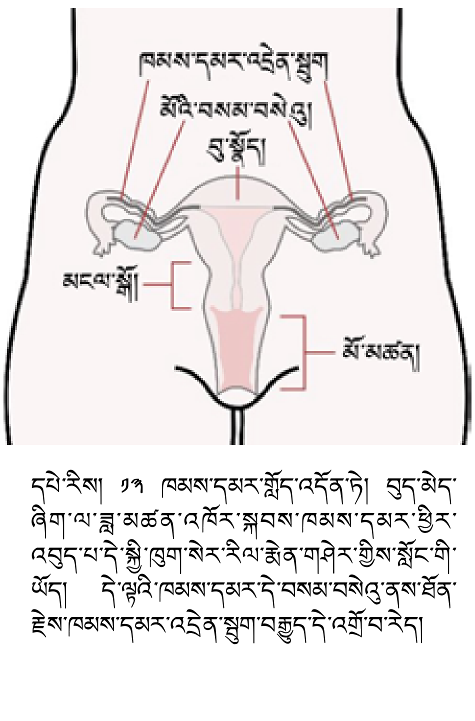
Just as the process that attracts the sperm—chemotaxis—is conserved across millions of years of evolution from slime mold to humans, so are the events later in the developmental process. Like the single cells of the slime mold, sperm have specific receptors for the chemoattractants that gather on the side of the sperm where that chemical is at its highest level. And, again similarly, the signal of their binding is transferred to the movement proteins of the sperm, so that it moves toward the source of the chemoattractant, and other genes are activated that are important for

རྟོག་འཛིང་གི་རྣམ་པ་སྐྱེད་སྲིང་བྱེད་པའི་ཕྱོགས་ལ་སྐྱེ་དངོས་དག་གིས་བགོལ་སྤྱོད་བྱེད་པའི་འཚར་འཕེལ་ཐབས་བྱུས་(ངེད་ཚོས་མྱུག་ཕུང་གི་མཚན་གཞིའི་སྙིང་ཐབས་བྱུས་འདི་རིགས་མང་དག་ཅིག་མཐོང་ཡོད།)གང་དག་ལྟོས་བཅས་ཀྱིས་སྐབས་བདེ་ཡིན་པ་དག་ལའང་ངེད་ཚོས་ཞིབ་འཚོལ་བྱ་རྒྱུ་ཡིན། དེ་བཞིན་དུ་དབང་རྩ་མ་ལག་དཔེར་བཟུང་བའི་སྒོ་ནས་ངེད་ཚོས་གཉིས་ཀ་མཚུངས་པའི་ཕྲ་ཕུང་གི་ཚོགས་འདུས་ཆ་ཚང་(དབང་པོ་དང་དབང་པོ་མ་ལག་དག་གི་ངོ་བོར་གྱུབ་པ་)ཞིག་གི་འཚར་འཕེལ་རྒྱུད་རིམ་ལའང་རྟོག་ཞིབ་བྱའོ།།

ས་བོན་འདྲེས་སྦྱོར་དང་རྫས་འབྲེལ་ཕྱོགས་བསྐྱོད།

ས་བོན་འདྲེས་སྦྱོར་དུ་འབོད་པའི་བྱེད་རིམ་བརྒྱུད་ཕོ་ལག་རྫོགས་པའི་ཕའི་ཁམས་དཀར་ཕྲ་ཕུང་ཞིག་ཕོ་ལག་རྫོགས་པའི་མའི་ཁམས་དམར་ཕྲ་ཕུང་ཞིག་དང་ལྷན་དུ་མཉམ་བསྲེས་ཐེབས་པ་རེད། སྐྱེད་ལོ་སོན་པའི་བུད་མེད་དག་གིས་ཟླ་རེ་བཞིན་མོའི་བསམ་བསེའུ་ནས་ཁམས་དམར་ཞིག་ཕྱིར་འབུད་པར་བྱེད་ལ། བུད་མེད་འདི་དག་ནི་ང་ཚོས་ཕྱིས་སུ་གྲོས་སྡུར་བྱ་རྒྱུའི་ལང་ཚོའི་དུས་སུ་འབོད་པའི་འཚར་འཕེལ་གྱི་ས་ཚིགས་དེ་བརྒལ་ཟིན་ཡོད། (རྒྱུན་ལྡན་ལོ་ན་ ༡༣ ནས་ ༡༥ དབར་འཁེལ་བའི་)དུས་ཚིགས་འདིར་ཕྲད་པའི་འཕོ་འགྱུར་དག་གིས་དོ་བདག་སྐྱེ་བོ་དེའི་ལུས་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་དང་དབང་པོ་རྣམས་ཁ་སྒྱུར་བཏང་བ་ལ་བརྟེན་ནས་སྐྱེ་བོ་དེ་རྣམས་ད་གཟོད་ཕྲུ་གུ་བསྐྱེད་ཐུབ་པར་འགྱུར། སྐྱེས་པར་མཚོན་ན་དུས་ཚིགས་འདིར་ཁམས་དཀར་ཐོག་མར་བསྐྱེད་ལ། དེ་ནས་ཉིན་རེ་བཞིན་སྐྱེད་སྤེལ་བྱེད། བུད་མེད་ཀྱི་ཁམས་དམར་དག་ནི་ཡོད་ཚད་རང་ཉིད་ཕྱིར་མ་བཙས་གོང་ནས་ཆགས་ཟིན་ཡོད་ནའང་ད་རེབ་གཞི་ནས་ཟླ་རེ་བཞིན་ས་བོན་གཅིག་ཙམ་རེ་ཕོ་ལག་རྫོགས་པར་འགྱུར་ལ། དེ་ལྟར་དུ་སྐྱེད་ལོ་མ་ཡོལ་བར་འགྲུབ་ཅིང་། སྐྱེད་ལོ་ཡོལ་བའི་དུས་ཚིགས་ཏེ་ཟླ་མཚན་ཆོད་ཚིགས་སུ་འབོད་པ་དེ་ནི་ལོ་ན་ ༤༥ ནས་ ༥༠ དབར་འཁེལ་བ་རེད།

མོའི་བསམ་བསེའུ་དག་ལས་ཕྱིར་བུད་པའི་ཁམས་དམར་དེ་ཁམས་དམར་འདྲེན་སྦུག་བརྒྱུད་འགྲུལ་ལ་(དཔེ་རིས། ༡༣)། ཕོ་མོ་ སྡེབ་སྦྱོར་བྱེད་སྐབས་ཕོའི་ཁམས་དཀར་པོ་རྣམས་མོའི་མཚན་མའི་ནང་ཞུགས་ནས་འགའ་རེ་མོའི་བུ་སྣོད་དུ་འཕྱོར་བ་རེད། དེར་ཁམས་དཀར་གྱི་གྲངས་ཏ་ཅང་ཉུང་དུ་ཞིག་ཁམས་དཀར་སླེབ་ཇོལ་དུ་འབོད་པའི་རྫས་འགྱུར་གྱི་བྱེད་རིམ་དེ་བརྒྱུད་པར་བྱེད། དེ་ཡང་སླེབ་ཇོལ་བྱེད་རིམ་འགྲུབ་རིང་ལ་ཁམས་དཀར་ཕྲ་ཕུང་གི་ཕྱི་ཤུན་ཁྲོན་གྱི་སྤྲི་རྫས་དག་ལ་འགྱུར་བ་ཐེབས་པར་མ་ཟད། གོང་དུ་མྱུག་ཕུང་ཨ་མི་ནྭ་དག་ལ་འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྡུལ་ཕྲད་སྐབས་སུ་བྱུང་བའི་འགྱུར་བ་དང་མཚུངས་པའི་འགྱུར་བ་གཞན་ཡང་ཁམས་དཀར་དག་ལ་འཕྲད་ཀྱི་ཡོད། དོན་དངོས་སུ་མིའི་འགྲོ་བའི་ཁམས་དཀར་གྱི་སླེབ་ཇོལ་བྱེད་རིམ་ནང་དུའང་འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྡུལ་འབྲེལ་བ་ཡོད་པ་རེད། སླེབ་ཇོལ་བྱུང་བའི་ཁམས་དཀར་ས་བོན་དེ་འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྡུལ་ལ་འཆིང་སྦྱོར་བྱས་རྗེས་མྱུག་ཕུང་ཇི་ལྟ་བ་བཞིན་ཕན་ཚུན་འགྲུལ་བཞུད་སྐྱེན་པོར་གྱུར་ནས། ཁམས་དམར་འདྲེན་སྦུག་ནང་འཛུལ་ནུས་པས། དེར་ཡོད་ཁམས་དམར་དེར་ཁམས་དཀར་ཁོངས་ནས་ཅི་རིགས་པ་ཞིག་གིས་གསོས་འདེབས་ཆོག་པ་རེད། (གལ་ཏེ་སྐབས་དེར་དོ་བདག་བུད་མེད་དེའི་ཟླ་མཚན་འཛག་དུས་(གཤམ་ལ་ལྟོས་)སུ་འཁེལ་ཚེ་ཁམས་དམར་འདྲེན་སྦུག་ནང་ཁམས་དམར་ཡོད་དགོས།)



དཔེ་རིས། ༡༣ ཁམས་དམར་སློད་འདོན་ཏེ། བུད་མེད་ཞིག་ལ་ཟླ་མཚན་འཁོར་སྐབས་ཁམས་དམར་ཕྱིར་འབུད་པ་དེ་སྐྱི་ཁྲུག་སེར་རིལ་རྨེན་གཤེར་གྱིས་སློང་གི་ཡོད། དེ་ལྟའི་ཁམས་དམར་དེ་བསམ་བསེའུ་ནས་ཐོན་རྗེས་ཁམས་དམར་འདྲེན་སྦུག་བརྒྱུད་དེ་འགྲོ་བ་རེད།

ཁྱེད་ལྟར་ན་ཁམས་དཀར་ཞིག་གིས་ཁམས་དམར་དེ་ཇི་ལྟར་"འཚོལ་རྙེད་"ཐུབ་བམ། འདིར་སྟར་བཤད་པའི་མྱུག་ཕུང་ཕྲ་ཕུང་སྐོར་དང་། དེ་དག་གིས་དེ་དག་ཉིད་ཀྱི་ཁ་ཕྱོགས་ཇི་ལྟར་བསྒྱུར་ཚུལ་དང་། ཕན་ཚུན་འདུ་རུབ་ཇི་ལྟར་བྱས་ཚུལ་བཅས་ལ་ཁྱེད་ཀྱིས་མཉམ་འཛོག་བྱེད་དགོས། དེ་དག་དང་ལས་ཚུལ་ཆེས་མཐུན་པར་ཁམས་དཀར་དག་གིས་ཀྱང་རྫས་འབྲེལ་ཕྱོགས་བསྐྱོད་དེ། རྫས་རྡུལ་གྱི་གཟར་གཤིས་རྣམ་པ་ལ་བརྟེན་ནས་ཁམས་དམར་དེ་འཚོལ་བ་རེད། རྫས་རྡུལ་དེ་རྣམས་ཁམས་དམར་དེ་ཉིད་དང་དེའི་མཐའ་འཁོར་གྱི་རླན་གཤེར་དག་གིས་སློད་འདོན་བྱས་ཡོད། ཁམས་དཀར་ཞིག་གིས་ཁམས་དམར་དེའི་ཕྱོགས་སུ་གཏད་པའི་རྫས་འབྲེལ་ཕྱོགས་བསྐྱོད་ཀྱི་བྱེད་རིམ་དེར་རྨེན་རྫས་ཀྱི་རིགས་དང་སྤྲི་རྫས་ཐུང་ངུའི་རིགས་ཁ་ཤས་ཐེ་བའི་རྫས་རྡུལ་གྱི་དངོས་པོ་མ་མཐར་ཡང་ལྔའམ་དྲུག་ཙམ་ཡོད་པ་རེད།

ཇི་ལྟར་རྫས་འབྲེལ་ཕྱོགས་བསྐྱོད་དེ། ཁམས་དཀར་སྐྱོང་འགུགས་བྱེད་པའི་བྱེད་རིམ་འདི་འཕེལ་འགྱུར་བརྒྱུད་རིམ་ཁྲིད་མྱུག་ཕུང་ནས་འགོ་བཙམས་ཏེ་མིའི་འགྲོ་བའི་བར་ལོ་ངོས་ས་ཡ་དུ་མའི་རིང་ཉར་ཚགས་བྱས་ཡོད་པ་བཞིན། འཚར་འཕེལ་བརྒྱུད་རིམ་དུ་གཏོགས་པའི་ཕྱིས་ཀྱི་བྱུང་བ་དག་ཀྱང་དེ་བཞིན་དུ་ཉར་ཚགས་བྱས་ཡོད། མྱུག་ཕུང་གི་ཕྲ་ཕུང་རྐྱང་གཟུགས་དག་ལ་ཡོད་པ་ཇི་བཞིན་དུ། ཁམས་དཀར་དག་ལའང་རྫས་འབྲེལ་འགུགས་བྱེད་བཟུང་བའི་སྣེ་ལེན་པ་དམིགས་བཀར་བ་དེ་འདྲ་ཡོད་ཅིང་། ཁམས་དཀར་གྱི་ལུས་པོའི་ཕྱོགས་གང་ཞིག་ཏུ་རྫས་དེའི་རིགས་ཚད་མཐོ་ཤོས་སུ་ཡོད་པའི་ཁུལ་དེར་རྫས་འབྲེལ་འགུགས་བྱེད་དེ་རྣམས་འདུ་རུབ་བྱེད་པ་རེད། དེར་མ་ཟད། སླར་ཡང་མྱུག་ཕུང་རྐྱང་གཟུགས་དག་དང་འདྲ་ས་ཞིག་ལ་རྫས་འབྲེལ་འགུགས་བྱེད་དང་འཆིང་སྦྱོར་བྱས་པའི་བརྡ་འཕྲིན་དེ་ཁམས་དཀར་དེའི་ཁོག་ནང་གི་འགུལ་བྱེད་སྤྲི་རྫས་སར་བརྫང་ལ། དེ་ལ་བརྟེན་ནས་ཁམས་དཀར་དེ་ཉིད་རྫས་འབྲེལ་འགུགས་བྱེད་ཀྱི་འབྱུང་རྩའི་ཕྱོགས་སུ་རྒྱུ་བ་དང་། བྱེད་རིམ་འདིར་ཕན་པའི་རིགས་རྫས་གཞན་དག་ཀྱང་ཡར་སློང་བས།

this process in order to get the sperm ready to meet and fuse with the egg. And just as in the slime mold, one of the molecules that increases in amount inside the sperm during these processes is: cAMP!

Human cells are also different from slime mold cells in other levels of complexity. From fertilization, humans must differentiate into many more than just two or three types of cells, and the human organism is also much larger and has trillions more cells than a slime mold stalk with spores. So, clearly human development involves much more cell division and

IN DEPTH: MECHANISMS FOR ENSURING SUCCESS IN EGG FERTILIZATION

Many animals' reproduction pathways begin with sperm and egg getting together to start de-velopment. The molecules that control chemotaxis and allow the two haploid gametes to fuse, signaling molecules and recep-tors, are similar but highly specific to each species, so that only sperm and egg from the same species can form a fertilized egg. This is not so much of a problem for mammals and other animals that require the male and female to physically engage and for fer-tilization to occur inside the female in order for sperm and egg to unite; however, in many animals, especially those like fish and amphibians who spend much or all of their lives in the water, fertilization occurs in the water, outside the female. In addition to these mechanisms to ensure species specificity, once one sperm fertilizes an egg, it is important to prevent addi tional sperm, even of the same species, from also fertilizing the egg. Such multisperm fertiliza-tion is called polyspermy. Why would this be detrimental to a fertilized egg, a developing or-ganism? How might the egg prevent/block further sperm from fertilizing it?

movement. All this complexity also takes more time to happen: while slime mold move from single to multi-cells in minutes or hours, humans take nine months just to be born and then continue to change and develop for the rest of their lives. This is especially true of our brains, which undergo significant development and change into our early twenties and can undergo physical change in response to learning throughout our entire lifetime.

EMBRYOGENESIS: CLEAVAGE

Embryogenesis is the overall process of embryo development (watch the video animation of human embryogenesis at *http://www.youtube.com/watch?v=UgT5rUQ9EmQ&feature=related* to get an idea of the process we're about to discuss). How do we get so many cells so fast after starting from just one diploid cell, the fertilized egg? Directly after fertilization, many cells are formed very rapidly. This stage of developing an embryo (embryogenesis) is called cleavage and in most animals it involves cell divisions *without the production of new cytoplasm*. That is, as one cell divides into two and two into four, etc. the same pre-existing egg cytoplasm is used but divided into more and more cells; this is as opposed to the more typical cell division we discussed earlier and in LSPII in which before a cell divides, it doubles all of its components—cytoplasmic and otherwise— before dividing. During cleavage cells divide faster in animals than at any other point in their lives; depending on the species,

ཁམས་དཀར་དེ་ཁམས་དམར་དེར་ཕྲད་དེ་མཉམ་བསྲེས་ཐེབས་བདེ་བར་བྱེད། གཞན་ཡང་སྔར་གྱི་སྨྱུག་ཕྱུང་དང་འདྲ་ས་ཞིག་ལ། བྱེད་རིམ་འདི་དག་འགྲུབ་པའི་སྐབས་དེར་ཁམས་དཀར་དེའི་ཤོག་ནང་དུ་གྲངས་ཚད་འཕེལ་བའི་འདུས་རྡུལ་གྱི་ཕོངས་ནས་གཅིག་ནི་འཕོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྡུལ་དེ་རེད།

དེ་ལྟ་ནའང་། རྣོག་འཛིང་གི་རྣམ་གྲངས་གཞན་དག་གི་ཆ་ནས་མིའི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་སྨྱུག་ཕྱུང་གི་ཕྲ་ཕུང་དག་ལས་མི་འདྲ་བ་ཡིན། ས་བོན་འདྲེས་སྦྱོར་གྱི་བྱེད་རིམ་ནས་འགོ་བཙམས་ཏེ་མིའི་འགྲོ་བ་རྣམས་ཕྲ་ཕུང་རིགས་གཉིས་སམ་གསུམ་ཙམ་དུ་དབྱེ་བ་ཚོད་པས་མི་ལྡིང་པར། དེ་ལས་ཆེར་བརྒལ་ཏེ་ཕྲ་ཕུང་རིགས་དུ་མ་འདུས་པའི་རྣམ་པར་དབྱེ་བ་ཚོད་དགོས་པས། མིར་གྱུར་པའི་སྐྱེ་དངོས་རྣམས་སོན་ཕྱེ་ཕྲ་ཕུང་འཆང་བའི་སྨྱུག་ཕྱུང་ཞིག་ལ་ལྟོས་ཏེ་བོངས་ཚད་ཏ་ཆང་ཆེན་པོ་ཡིན་ལ། ཕྲ་ཕུང་གི་གྲངས་འབོར་ཡང་ཁྲག་ཁྲིག་ཆེ་བ་ཕྲག་དུ་མ་མང་བ་ཡོད། དེས་ན་ཆེས་མངོན་པར་གསལ་བ་ཞིག་ལ། མིའི་འཚར་འཕེལ་རྒྱུད་རིམ་ནང་ཕྲ་ཕུང་གི་འགྱེ་འགྱུར་དང་འགྲུལ་བསྐྱོད་ཀྱི་རྣམ་གྲངས་ཆེས

གཏིང་ཟུགས་པའི་ལྟ་ཞིབ། ཁམས་དམར་ལ་གསོས་འདེབས་པའི་བྱ་གཞག་ལམ་ལྷོང་གཏོང་བར་ཁག་ཐེག་བྱེད་པའི་ཐབས་ཚུལ་ཁག

སེམས་ཅན་རིགས་མང་པོ་ཞིག་གི་སྐྱེ་འཕེལ་རྒྱུད་རིམ་དེ་ཁམས་དཀར་དམར་གཉིས་འདུ་འཕྲོད་བྱས་པ་ནས་འགོ་ཚུགས་ལ། འདུ་འཕྲོད་ཀྱི་བྱུང་བ་དེས་འཚར་འཕེལ་གྱི་བྱ་བ་སློང་གི་ཡོད། རྫས་འབྲེལ་ཕྱོགས་བསྐྱོད་ལ་ཚོད་འཛིན་བྱེད་པའི་འདུས་རྡུལ་གྱི་རིགས་དང་། ཡ་རྐང་ཁམས་རྡུལ་གཉིས་ཕན་ཚུན་འདུས་སྦྱོར་བྱེད་དུ་འཇུག་པའི་འདུས་རྡུལ་གྱི་རིགས་དང་། འཕྲིན་གཏོང་འདུས་རྡུལ་གྱི་རིགས་དང་། སྣེ་ལེན་པར་གྱུར་པའི་འདུས་རྡུལ་གྱི་རིགས་རྣམས་སྤྱིར་ན་ཕན་ཚུན་ཕྱོགས་མཚུངས་ཡིན་པ་བདེན་མོད། འོན་ཀྱང་དེ་དག་སྐྱེ་དངོས་ཉེ་རིགས་སོ་སོ་ལ་གཞིགས་པས་ཏ་ཅང་དམིགས་བསལ་ཅན་ཞེ་ཅིག་ཡིན། དེར་བརྟེན་ཉེ་རིགས་གཅིག་པའི་སྲོག་ཆགས་ལས་ཐོབ་པའི་ཁམས་དཀར་དམར་འདུས་པ་ཁོ་ནས་ཐིག་ལེ་འདུས་སྒོང་འགྲུབ་ཀྱི་ཡོད། འདི་ནི་ཉ་གསོས་སེམས་ཅན་རྣམས་དང་། གཞན་ཡང་ཕོ་མོ་གཉིས་དངོས་སུ་ལུས་སྦྱོར་བྱེད་པའི་སྒོ་ནས་ཁམས་དཀར་དམར་གྱི་འདུ་འཕྲོད་བྱ་བ་དེ་སྲོག་ཆགས་མོ་དེའི་ལུས་ཕུང་ནང་ངེས་པར་འགྲུབ་དགོས་པའི་སྲོག་ཆགས་དག་ལ་མགོ་རྙོག་ཆེ་བ་ཞིག་མིན་ཡང་། སེམས་ཅན་གྱི་རིགས་གཞན་མང་དག་ཅིག་དང་། ལྷག་པར་དུ་ཉ་དང་སྐམ་རྫོན་གཉིས་འཚོས་ཀྱི་སེམས་ཅན་གང་ཞིག་རང་གི་ཚེ་ཧྲིལ་པོའམ། ཡང་ན་ཚེ་ཡུན་ཕལ་ཆེ་བ་ཆུའི་ཁྲོད་དུ་སྐྱོལ་བ་དག་ལ་ནི་མོ་དེའི་ལུས་ཕུང་གི་ཕྱི་རོལ་དང་ཆུའི་ནང་ཉིད་དུ་ཁམས་ཀྱི་འདྲེས་སྦྱོར་འགྲུབ་དགོས་ཀྱི་ཡོད། ཉེ་རིགས་བྱེ་བྲག་པ་སོ་སོའི་དམིགས་བཀར་གྱི་ཆ་རྐྱེན་རྣམས་ངེས་གཏན་ཡོང་བར། དེའི་ཕྱོགས་སུ་ཁག་ཐེག་བྱེད་པའི་ཐབས་ཚུལ་འདི་དག་ཚང་དགོས་པར་མ་ཟད། ཁམས་དཀར་ཞིག་གིས་ཁམས་དམར་ཞིག་ལ་གསོས་ལན་ཅིག་བཏབ་ཙ་ན། ཁམས་དམར་དེར་སླར་ཞིང་(ཉེ་རིགས་གཅིག་རང་དུ་གཏོགས་པ་ཡིན་རུང་)ཁམས་དཀར་གཞན་དག་གིས་གསོས་གདབ་ཏུ་མི་འཇུག་པ་ནི་གནད་ཆེ། ཚུལ་འདི་ལྟར་ཁམས་དཀར་དུ་མས་གཞི་གཅིག་ལ་གསོས་འདེབས་པའི་བྱེད་རིམ་དེར་ཁམས་དཀར་མང་སྦྱོར་ཟེར་བ་རེད། བྱེད་རིམ་འདི་ཐིག་ལེ་འདུས་སྒོང་སྟེ། འཚར་འཕེལ་བྱེད་བཞིན་པའི་སྐྱེ་དངོས་ཤིག་ལ་གནོད་ཚབས་ཅན་དུ་འགྱུར་ཚུལ་ཇི་ལྟར་ཡིན་ནམ། ཁམས་དཀར་ལྷག་མ་དག་གིས་གསོས་འདེབས་པར་རྩོམ་པའི་བྱ་བ་དེ་ཁམས་དམར་ཞིག་གིས་ཇི་ལྟར་བཀག་པའམ་འགོག་ནུས་སམ།

མང་བ་ཚུད་ཡོད། རྣོག་འཛིང་ཆེ་ཚུལ་གྱི་རང་བཞིན་དེར་དུས་ཀྱི་འགོར་ཡུན་ཡང་རིང་བ་ཡོད་ལ། དེར་བརྟེན་སྨྱུག་ཕྱུང་ཞིག་ཕྲ་ཕུང་ཆིག་ལྡན་གྱི་རྣམ་པ་ནས་ཕྲ་ཕུང་མང་ལྡན་གྱི་རྣམ་པར་འཕོས་པར་སྐར་མ་འགའ་ཞིག་གམ་ཆུ་ཚོད་འགའ་ཞིག་ལས་མི་ཐོགས་ཀྱང་། མིའི་འགྲོ་བ་རྣམས་ཕྱིར་བཙའ་བ་ཙམ་ལའང་ཟླ་བ་དགུ་འགོར་བ་དང་། དེ་ནས་མི་ཚེའི་འཕྲོས་ལྷག་དག་ཏུ་མུ་མཐུད་དུ་འཕོ་འགྱུར་དང་འཚར་འཕེལ་བརྒྱུད་དགོས་པ་ཡིན། དོན་གནས་ཕྱི་མ་འདི་ངེད་མི་ཚོའི་གླད་པར་ལྷག་པར་བདེན་ཏེ། ངེད་རྣམས་ནི་རང་ལོ་ཉི་ཤུ་མ་ཟིན་བར་གླད་པར་འཕོ་འགྱུར་དང་འཚར་འཕེལ་རླབས་ཆེན་འབྱུང་བ་ཡིན་ལ། མ་ཟད་ཤེས་སྦྱོང་གི་བྱ་གཞག་རྣམས་ལ་ཡ་ལན་སྤྲོད་པའི་སྒོ་ནས་ངེད་ཚོའི་གླད་པའི་ཆགས་བཀོད་ལའང་མི་ཚེ་ཧྲིལ་པོར་འགྱུར་བ་ཐེབས་ཉུང་བ་ཡིན་པའི་ཕྱིར།

མངལ་གནས་འཚར་སྐྱེ། སྤྲུབས་འགྱུར་དུས་རིམ།

མངལ་གནས་འཚར་འཕེལ་གྱི་བྱེད་རིམ་སྤྱི་ཡོངས་དེར་མངལ་གནས་འཚར་སྐྱེ་ཟེར་བ་རེད། (གང་མྱུར་ངེད་ཚོས་གྲོས་སྡུར་གྱི་གཞིར་འཁྱེར་རྒྱུའི་བྱེད་རིམ་འདི་སྐོར་རྟོག་འཆར་སྐྱེ་བའི་ཕྱོགས་སུ་ཁྱེད་ཀྱིས་མིའི་མངལ་གནས་འཚར་སྐྱེ་འབྲེལ་བའི་བརྙན་འཕྲིན་དྲ་ཐག་འདིར་བལྟས་ན་ཆོག http://www.youtube.com/watch?v=UgT5rUQ9EmQ&feature=related) ང་ཚོ་མི་རྣམས་ཐོག་མར་ཟུང་ལྡན་ཕྲ་ཕུང་གཅིག་སྟེ་ཐིག་ལེ་འདུས་སྒོང་ཞིག་ནས་འགོ་བཙམས་ཏེ་ཆེས་མྱུར་བར་ཕྲ་ཕུང་མང་ལྡན་ཞིག་གི་ངོ་བོར་ཇི་ལྟར་འཕོའམ། དེ་ཡང་ས་བོན་འདྲེས་སྦྱོར་གྲུབ་པའི་རྗེས་དེ་མ་ཐག་ཏུ་ཆེས་མྱུར་བར་ཕྲ་ཕུང་ཕོན་ཆེ་འགྲུབ་ལ། མཚམས་འདིའི་མངལ་གནས་འཚར་འཕེལ་(མངལ་གནས་འཚར་སྐྱེ་)གྱི་དུས་རིམ་ལ་སྤྲུབས་འགྱུར་དུས་རིམ་ཟེར། སེམས་ཅན་གྱི་རིགས་མང་ཆེ་བར་དུས་རིམ་འདིར་ཕྲ་ཚི་གསར་དུ་སྐྲུན་འདོན་མི་དགོས་པར་ཕྲ་ཕུང་འགྱེ་འགྱུར་ཐེབས་ཀྱི་ཡོད། དེ་ནི་ཕྲ་ཕུང་གཅིག་པུ་དེ་གཉིས་སུ་འགྱེ་བ་དང་། གཉིས་པོ་དེ་བཞི་སོགས་སུ་འགྱེ་བ་ལ་གོ། དེ་ཡང་སྔོན་ཚུད་ནས་གྲུབ་པའི་ཁམས་དམར་ཕྲ་ཚི་དེ་ཉིད་སྤྱད་ནས་ཕྲ་ཕུང་ཇེ་མང་ཇེ་མང་དུ་འགྱེ་འགྱུར་འགྲོ་བ་ཞིག་ཡིན། དེར་བརྟེན་འགྱེ་འགྱུར་འགྲོ་ཚུལ་འདི་ནི་ངེད་ཚོས་གོང་དུ་དང་། སྔར་ཆེ་སྲོག་ཆགས་རིག་གི་སྔོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་གཉིས་པར་གྲོས་སྡུར་བྱས་པའི་ཕྲ་ཕུང་འགྱེ་འགྱུར་གྱི་སྐྱེ་འགྲོས་དང་མི་མཐུན་ཏེ། དེར་ནི་འགྱེ་འགྱུར་མ་ཐེབས་གོང་དེར་ཕྲ་ཕུང་དེའི་ནང་གི་ཕྲ་ཚི་དང་དེ་མིན་གྱི་རྒྱུ་ཆ་ཀུན་ཉིས་འགྱུར་དུ་འཕེལ་རྗེས། གཞི་ནས་འགྱེ་འགྱུར་བརྒྱུད་དགོས་པའི་ཕྱིར། མ་ཟད་སྤྲུབས་འགྱུར་གྱི་དུས་རིམ་འདིར་འགྲུབ་པའི་ཕྲ་ཕུང་འགྱེ་འགྱུར་གྱི་ཚད་གཞི་དེ་སེམས་ཅན་ཞིག་གི་ཚེ་གང་གི་གནས་སྐབས་གཞན་གང་དུའང

cleavage can result in thousands of new cells per hour.

The embryo will eventually have to differentiate into many different types of cells. How does the developing embryo begin to set up differences within itself, so that these differences can then be translated into a diversity of cell types with a diversity of functions? Well, the embryos of humans and other animals again use the same basic strategy as the slime mold: the distribution of chemical gradients in space.

The chemicals that establish gradients within the single fertilized egg cell before it divides is called **cytoplasmic determinants**. They have this name because depending on where and in what concentration they exist in the cytoplasm, they help determine the different personalities of the cells in which they will eventually wind up.

These gradients of cytoplasmic determinants are set up along the three possible axes in three dimensions: from head to tail (also called anterior to posterior), left to right, and back to front (also called dorsal to ventral) (Figure 14). Cytoplasmic determinants (or their direct precursors) are present in the egg before fertilization even occurs. Fertilization and the reactions following it activate the establishment of these gradients.

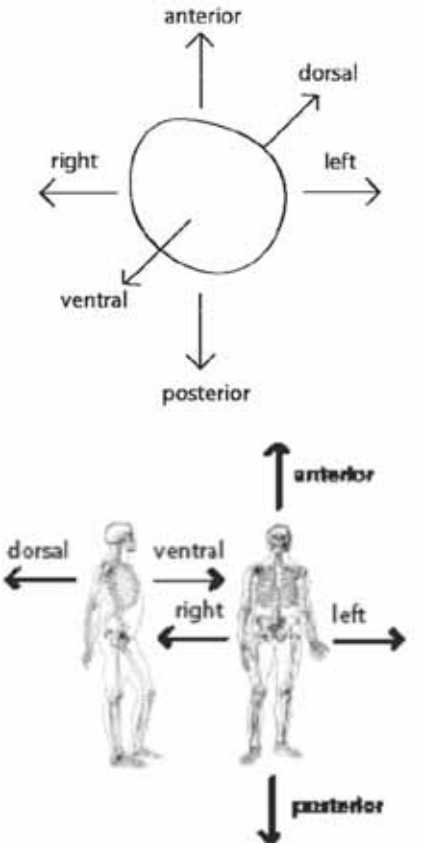


Figure 14: Cytoplasmic determinants can be set up along three possible axes: head to tail, left to right, and back to front. These orientations are shown both in a single cell and in the human body.

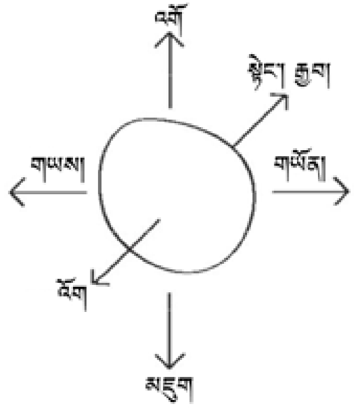
One of the first identified and most well-studied cytoplasmic determinants was discovered by Nobel Laureate Christine Nüsslein-Volhard and her collaborators in their study of fruitflies. It is an mRNA and its associated protein called bicoid, and since its discovery molecules like it have been found to serve similar functions in other animals, including humans. Bicoid got its name because when it is mutant in a fly, the resulting phenotype is that the fly embryo has two tails (bi means two, and coid means tail).

Bicoid is distributed along the front to back axis of the embryo and is most concentrated at the front. Like most cytoplasmic determinants, bicoid is a transcription factor. If you remember from LSPII, transcription factors are molecules (usually proteins) that enter into the cell's nucleus and regulate specific genes by physically interacting with regions of the DNA that control those genes, and thereby turning on their transcription.

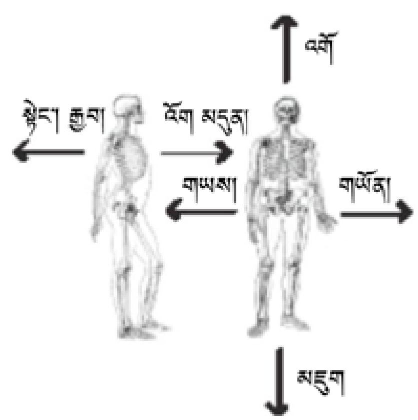
It makes sense that bicoid and other cytoplasmic determinants would be involved in controlling the transcription of genes, since cell function is largely determined by which genes are being expressed and when. So, look carefully at Figure 15 of the bicoid concentration established very early in development in the fruitfly, and then follow the **dark stain** that represents bicoid as **the embryo ages** and more cell division occurs.

འབྱུང་བའི་འགྱེ་འགྱུར་ཀུན་ལས་མགྱོགས་ཤོས་ཡིན་པ་དང་། ཉེ་རིགས་ཀྱི་བྱེ་བྲག་ལ་ལྟོས་ཏེ་སྦུབས་འགྱུར་དུས་རིམ་འདིར་དུས་ཡུན་ཆུ་ཚོད་གཅིག་ནང་ཕྲ་ཕུང་གསར་པ་སྟོང་ཕྲག་མང་པོ་སྐྱེད་ཐུབ།

དེ་ནས་ནམ་ཞིག་ན་མངལ་གནས་དེ་ཕྲ་ཕུང་གི་རིགས་འདྲ་མིན་སྣ་ཚོགས་སུ་དབྱེ་བསལ་བརྒྱུད་དགོས། འོ་ན་འཚར་འཕེལ་བྱེད་བཞིན་པའི་མངལ་གནས་ཤིག་གིས་རང་ཡོངས་སུ་དབྱེ་ཚོད་དེ་འདྲ་འགྲུབ་པའི་འགོ་ཇི་ལྟར་རྩོམ་མམ། དབྱེ་ཚོད་དེ་འདྲ་བརྩམས་པས་བྱེད་ལས་ཐ་དད་ཅན་གྱི་ཕྲ་ཕུང་གི་རིགས་མི་གཅིག་པ་དེ་འདྲ་འབྱུས་ཐུབ་པ་དེ་ཇི་ལྟར་འབྱུང་ངམ་ཞེ་ན། དེ་ནི་གོང་དུ་སྨྲག་ཕུང་གིས་སྒྲུད་པའི་ཐབས་བྱུས་ཏེ། མཐའ་འཁོར་གྱི་ཁོར་ཡུག་ཁྲོན་དུ་རྫས་འགྱུར་གྱི་གཟར་གཤིས་རྣམ་པ་དེ་འདྲ་འགྲེམས་སྤེལ་བྱེད་པའི་ཐབས་དེ་ཉིད་ལ་མི་དང་སེམས་ཅན་གཞན་གྱི་མངལ་གནས་དག་གིས་ཀྱང་བསྟེན་གྱི་ཡོད།



ཐིག་ལེ་འདུས་སྒོང་ཞིག་ཁ་མ་གྱེས་གོང་དེར་རང་ཡོངས་སུ་གཟར་གཤིས་ཀྱི་འགྲོས་རིམ་གཏན་འཁེལ་བྱེད་པའི་རྫས་འགྱུར་གྱི་དངོས་པོ་དེ་དག་ལ་ཕྲ་ཆེ་སྣང་འཛིན་པ་ཟེར། འདི་དག་ལ་མིང་དེ་ལྟར་དུ་བཏགས་པའི་རྒྱུ་མཚན་ནི། ཕྲ་ཆེ་ཡི་ཕྱོགས་གང་ཞིག་ཏུ་རྫས་འགྱུར་དངོས་པོ་འདི་དག་གར་ཡོད་ཀྱི་ཚོད་ཇི་ཙམ་ཞིག་ལ་འཁོད་མིན་དེ་ཡིས་ཕྲ་ཕུང་བྱེ་བྲག་སོ་སོ་མཐར་རང་གཤིས་ཇི་འདྲ་ཅན་ཞིག་ཏུ་འགྱུར་མིན་དེ་གཏན་འཁེལ་བྱེད་པས་རེད།



དཔེ་རིས། ༡༩ ཕྲ་ཆེ་སྣང་འཛིན་པ་དག་ནི་ཚངས་ཐིག་གི་སྲིད་ཕྱོད་གསུམ་གྱི་རྒྱུད་དུ་གྲུབ་ཚོག་སྟེ། འགོ་ནས་མཇུག་གི་ཕྱོགས་སུ་དང་། གཡས་ནས་གཡོན་གྱི་ཕྱོགས། མདུན་ནས་རྒྱབ་ཀྱི་ཕྱོགས་བཅས་ཡིན། ཁ་ཕྱོགས་བསྟན་ཕྱོགས་ཀྱི་དོན་གནས་འདི་ཕྲ་ཕུང་ཁེར་གཟུགས་ཤིག་དང་མིའི་ལུས་པོ་གཉིས་སོ་སོར་གཞིར་བྱས་ཏེ་འགྲེལ་མཚོན་བྱས་ཡོད།

ཕྲ་ཆེ་སྣང་འཛིན་པ་དག་གིས་གྲུབ་པའི་གཟར་གཤིས་རྣམ་པ་དེ་རྣམས་ཕྱོགས་ཆ་གསུམ་ཅན་གྱི་སྒྲོམ་གཞིའི་ནང་ཚངས་ཐིག་གི་སྲིད་ཕྱོད་གསུམ་དུ་གྲུབ་ཡོད་དེ། མགོ་ནས་མཇུག་བར་(འདི་ལ་སྟེང་སྣེ་ནས་འོག་སྣེ་བར་ཡང་ཟེར་)དང་། གཡོན་ནས་གཡས་བར་དང་། རྒྱབ་ནས་མདུན་བར་(འདི་ལ་ལྟག་ངོས་ནས་ལྟོ་ངོས་བར་ཡང་ཟེར་)བཅས་ཡིན་(དཔེ་རིས། ༡༩)། ཕྲ་ཆེ་སྣང་འཛིན་པ་དག་(ཡང་ན། དེ་དག་གི་སྔ་ལོགས་པ་དག་)ནི་ས་བོན་འདྲེས་སྦྱོར་མ་གྲུབ་གོང་ནས་ཁམས་དམར་གྱི་ནང་སྦུག་ཏུ་ཡོད་ལ། ས་བོན་འདྲེས་སྦྱོར་དང་དེའི་རྗེས་ཀྱི་སྦྲེལ་སྦྱོར་རིམ་པ་དག་གིས་གཟར་གཤིས་དེ་དག་བསྐྲུན་པའི་སྐུལ་རྐྱེན་བྱེད་པ་རེད།

ཕྲ་ཆེ་སྣང་འཛིན་པའི་ཡོངས་ནས་ངོས་འཛིན་བྱས་སྔ་ཤོས་དང་དབྱེ་ཞིབ་ཆེས་མཐིལ་ཕྱིན་པ་བྱེད་སའི་གྲས་ནས་གཅིག་ནི་ནོ་བེལ་གཟེངས་རྟགས་བཞེས་མྱོང་མཁན་ཀྲི་རི་སི་ཊིན་ནུ་སི་ཡིན་ཕོལ་ཧར་ཊི་དང་ཁོང་གི་ལས་རོགས་པ་དག་གིས་རྩི་ཧྲོག་བུང་བའི་སྟེང་དབྱེ་ཞིབ་བྱེད་སྐབས་གསར་རྙེད་བྱུང་བ་ཞིག་ཡིན་ཞིང་། དེ་ནི་བང་ཆེན་ཨར་ཨེན་ཨེ་ཡི་རིགས་ཤིག་ཡིན་པ་དང་། དེ་དང་འབྲེལ་བ་ཡོད་པའི་སྲི་རྫས་དེར་ཊ་ཟུང་ཟེར་བ་རེད། དེ་གསར་རྙེད་བྱུང་བ་ནས་བཟུང་འདུས་རྟུལ་དེའི་རིགས་མང་པོ་ཞིག་མིའི་འགྲོ་བ་ཐེ་བའི་སེམས་ཅན་གཞན་མང་པོའི་ཁྲོད་བྱེད་སྒོ་འདྲ་མཚུངས་སུ་སྤེལ་བ་ཤེས་ཡོད། སྲི་རྫས་དེར་ཊ་ཟུང་གི་མིང་ཐོགས་ཚུལ་ནི། རྫས་དེ་སྦྲང་བུ་ཞིག་གི་ལུས་སྦུག་ཏུ་གྲུབ་པའི་ངེས་མེད་འགྱུར་ལྡོག་ཅིག་ཡིན་ཞིང་། དེའི་རྗེས་འབྲེལ་གྱི་རིགས་རྫས་མངོན་རྣམ་གྱི་ཚུལ་དུ་སྦྲང་བུའི་མངལ་གནས་དེར་ཊ་མ་གཉིས་(bi ཞེས་པ་གཉིས་དང་། coid ཞེས་པ་ཊ་མར་འདུག)སྐྱེས་ཡོད་པས་རེད།

དེ་ལ་ཊ་ཟུང་འདི་མངལ་གནས་ཀྱི་མདུན་ནས་རྒྱབ་ལ་ཕྱོགས་པའི་ཚངས་ཐིག་རྒྱུད་དུ་འགྲམས་ཡོད་པ་དང་། དེའི་ནང་ནས་མདུན་ངོས་སུ་གར་ཚད་མཐོ་ཤོས་སུ་ཆགས་ཡོད། ཕྲ་ཆེ་སྣང་འཛིན་པའི་རིགས་ཕལ་ཆེ་བ་དང་འདྲ་བར་ཊ་ཟུང་འདི་ཡང་ཕབ་ལེན་རྐྱེན་རྫས་ཤིག་ཡིན། གལ་ཏེ་སྔར་ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སློན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་གཉིས་པར་བཤད་པ་དག་མ་བརྗེད་པར་ངེས་ཡོད་ན་ཁྱོད་ཀྱིས་ཤེས་ཚོད་ལྟར། ཕབ་ལེན་རྐྱེན་རྫས་དག་ནི་ཕྲ་ཕུང་དག་གི་ལྟེ་ཉིང་དུ་ཞུགས་ནས་དེའི་ནང་གི་རིགས་རྫས་ངེས་བཟུང་ཁག་ཅིག་ལ་སྣང་འཛིན་བྱེད་པའི་འདུས་རྟུལ་(ཕལ་མོ་ཆེ་སྲི་རྫས་ཡིན་)དེ་འདྲ་ཡིན་ལ། དེ་ཡང་རིགས་རྫས་ངེས་བཟུང་བ་དེ་དག་ལ་ཚོད་འཛིན་བྱེད་པའི་ཊི་ཨེན་ཨེའི་ས་ཁུལ་དག་ཏུ་རྐྱེན་རྫས་འདི་དག་གིས་དངོས་སུ་རེག་ཐུག་སྦྲེལ་སྦྱོར་བྱེད་པའི་སྒོ་ནས་རིགས་རྫས་དེར་སྣང་འཛིན་བྱེད་ཅིང་། དེའི་ལམ་ནས་དེ་དག་གི་ཕབ་ལེན་བྱེད་རིམ་སློང་བ་རེད།

དེ་ལ་ཊ་ཟུང་དང་དེ་ལས་གཞན་པའི་ཕྲ་ཆེ་སྣང་འཛིན་པ་རྣམས་རིགས་རྫས་ཕབ་ལེན་གྱི་བྱ་བ་སྣང་འཛིན་བྱེད་པའི་ལས་སློར་ཞུགས་པ་ནི་གནས་ལུགས་ལྷན་པ་ཞིག་ཡིན། གང་ལགས་ཤེ་ན། ཕྲ་ཕུང་ཞིག་གིས་འགྲུབ་པའི་བྱེད་ལས་ནི་གཙོ་ཆེར་དེའི་རིགས་རྫས་གང་ཞིག་དུས་ནམ་གྱི་ཚེ་མངོན་པར་སད་ཡོད་མིན་ལ་རག་ལས་པའི་ཕྱིར། དེས་ན་རྩི་ཧྲོག་བུང་བའི་འཚར་འཕེལ་དུས་རིམ་ཁྲིད་སྟོན་ས་ནས་གྲུབ་པའི་ཊ་ཟུང་གི་གར་ཚད་རྣམ་པ་གསལ་བའི་དཔེ་རིས ༡༥ པར་ཞིབ་ལྟ་གྱིས་ལ། དེར་མངལ་གནས་འཚར་འཕེལ་འབྱུང་བཞིན་པ་དང་ཕྲ་ཕུང་ཇི་མང་འགྱེ་འགྱུར་འགྲོ་བཞིན་དུ་ཊ་ཟུང་གི་གནས་བབ་ཇི་ར་འགྱུར་ལ་འགྲེལ་མཚོན་བྱེད་པའི་ཚོན་ནག་དག་ལ་རྒྱུས་ལོན་བྱེད་དགོས། ཁྱོད་ཀྱིས་ཀྱང་མཐོང་ཐུབ་པ་བཞིན་ཕྲ་ཕུང་དེ་དག་ཁྲོད་ནས་འགའ་ཞིག་ལ་ཊ་ཟུང་མང་བ་ཡོད་པ་དང་། འགའ་ཞིག་ལ་ཉུང་བ་ཡོད།

As you can see some areas have more bicoid than others; some have very little. Thus, different genes are being turned on in different cells *depending on how much bicoid is in that cell*, which *depends on where in the front-to-back-axis each particular cell resides*. So, bicoid allows the cell to 'know' where it is in relation to the back and front of the developing organism.

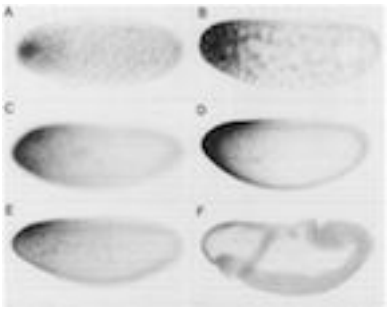


Figure 15: From Driever and Nüsslein-Volhard's original paper on bicoid (Cell 54, 1988, 83-93). Fruitfly embryos are stained (the dark color) for the presence of bicoid protein. A-F show different stages of development starting from earliest egg stage (A) to late embryonic stage (F). In all pictures, anterior is to the left, posterior to the right, dorsal at the top, and ventral at the bottom.

Bicoid then sets off a cascade of reactions, which are specific to the cells in a given region of the developing embryo. This next level of an interacting network of genes is turned on by a 'master regulator', like bicoid. This gene expression further refines the personalities, structures, and functions of the cells in distinct regions.

Now, bicoid is only one protein, one cytoplasmic determinant along one axis. Imagine a similar determinant establishing another gradient along the same axis, but in the other direction (back to front), or along a different dimension/axis—dorsal to ventral or left to right. So, then we have a handful of cytoplasmic determinants working together to provide cells with more and more information about where they are in the developing embryo and what they, therefore, should be doing and developing into.

You begin to see how gradients of just a few molecules can lay the foundation for building what eventually develops into amazingly complex organisms like us. For example, look at Figure 16, which illustrates the distribution of just two chemical gradients, both in the same dimension, represented by two different symbols and originating from the opposite ends of the embryo. Pick any particular region (representing a group of cells) in this imaginary organism, and you can see how they have different combinatorial amounts of the two chemicals depending on their position in the organism. Different combinations of the determinants activate different genes in those cells, which in turn activate another different set of genes. And, thus, complexity arises from relative simplicity.

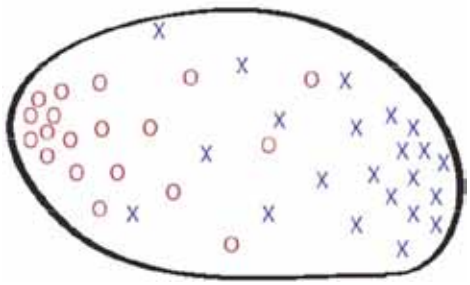


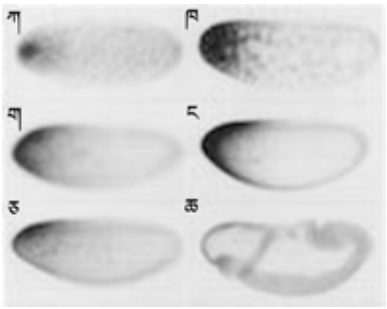
Figure 16: This imaginary multicellular organism ex-periences two chemical gradients originating from opposite ends. Any particular cell or group of cells will see a different combination of the two chemi-cals.

Remember that all these cells are in one developing organism, so that they must communicate with each other; not surprisingly, then, many of the genes in these developmental networks are involved with cell-cell communication. So that one cell knows what its neighbor cells are doing; this often affects what each cell does also, as we will see in the next stages of development in which cells make concerted movements toward building an organism.

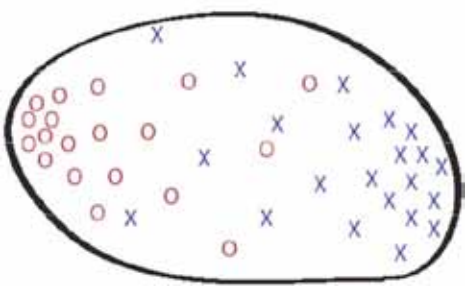
GASTRULATION

Eventually, cell division slows and the cleavage stage of embryogenesis ends. The next stage is gastrulation. During this stage, cell movement, rather than cell proliferation, becomes the predominant and most

དེས་ན་ཐུ་ཐུང་ཐ་དད་པའི་ནང་རིགས་རྣམ་ཐ་དད་པ་ཡར་སང་པ་ནི་ཐུ་ཐུང་དེར་རྒྱང་གི་འགོར་ཚད་མང་ཉུང་ལ་རག་ལས་ལ། དེའི་འགོར་ཚད་མང་ཉུང་འདི་ནི་མདུན་ནས་རྒྱབ་སྐྱེས་སུ་རྒྱུག་པའི་ཚངས་མེག་གི་སྲིད་སྐྱོད་དེའི་སྙན་ཐུང་ཡིག་ཆུ་ཐུ་ཐུང་ནི་བྱ་བ་དེ་ཉིད་འགོད་ཡོད་མིན་ལ་རག་ལས་པ་རེད། དེས་ན་ཐུ་ཐུང་ནི་བྱ་བྱག་པ་ཞེག་གི་མཐའ་ཁར་ཉིད་ཚེ་ཐུབ་པ་ཞིག་ཅང་ཉིད་འཚང་འཕེལ་བྱེད་བཞིན་པའི་སྐྱེ་ཤུ་ཐུབ་ཡོད་མིན་ཤེས་པ་ནི་རྒྱང་བྱེད་པ་ཡིན།



དཔེ་རིས། ༡༥ སྐྱ་ཞྭས་ཀྱི་ཤར་དང་ནུ་སི་ཀིན་ལོམ་ཏར་ཀྱི་གཉིས་ཀྱིས་ཐྱི་ལོ་ ༡༩༡༡ ལོར་བྱིས་པའི་ཚོམ་ཐུང་(ཐུ་ཐུང་། ཚང་། ༡༩ ཞེས་པ་)དེའི་ཤོག་གྲངས། ༡༦-༩༦ བར་གསལ་བ་ལས་ཟུར་བཀོལ་བྱས། འདི་དག་ནི་ཇ་ཟུང་ཡོད་ས་ནས་གསལ་གསལ་སྟོན་བྱེད་ཆེད་(མདོག་ནག་པོའི་)ཚོན་རྩི་བྱེད་ནས་ཡོད་པའི་རྩི་ཏོག་བུང་བའི་མངལ་གནས་ཀྱི་རྣམ་པ་ཡིན། དེ་ལ་ ཀ།ནས་ ཆ། ཡི་བར་གྱི་བར་རིམ་གྱིས་ནི་བུང་བ་དེའི་ཐེག་མའི་སྐོང་གཟུགས་ཀྱི་དུས་རིམ་ ཀ།ནས་མངལ་གནས་དུས་རིམ་གྱི་སྐབས་ཆའི་ཆ། བར་འཚར་འཕེལ་གྱི་དུས་ཚོགས་མི་འདུ་བ་རྣམས་གསལ་སྟོན་བྱེད། པར་རིས་འདི་ཀུན་ལ་རང་རང་གི་གཡོན་རྩེས་ནི་མགོ་དང་། གཡས་རྩེས་ནི་རྐུབ་ཡིན་ལ། དེ་བཞིན་དུ་རང་རང་གི་སྐེང་རྩེས་ནི་རྒྱབ་ཐྱོགས་དང་། འོག་རྩེས་ནི་ཤྱོ་བའི་ཐྱོགས་ཡིན།



དཔེ་རིས། ༡༦ རྐོག་འཚར་གྱི་ཐུ་ཐུང་མང་ཤུན་གྱི་རྒྱུ་དཀོར་རྣམ་པ་འདིར་རང་གི་སྟོག་སྟེའི་ཐྱོགས་ཙོ་ཙོ་ནས་རྣམ་པ་འགྲུར་གྱི་གཟར་གཤིས་རིམ་གཤེས་འཛུགས་པ་མཚོན་ཡོད། དེས་ན་ཐུ་ཐུང་ལེར་རྒྱང་ཁ་ཤས་ཀྱི་ཐུ་ཐུང་ཐ་དད་པ་ཞིག་ཏུ་ཡོད་པ་རེད།

དེ་རྗེས་རྗ་རྒྱང་ནི་ཐུ་ཐུང་ཐ་དད་པ་ཞིག་ཏུ་ཡོད་པ་ཡིན་ལ། རྒྱལ་སྐྱོར་དེ་དག་ནི་འཚོ་འཕེལ་བྱེད་བཞིན་པའི་མངལ་གནས་དེའི་ལུས་ཀྱི་ཆ་ཤས་རིམ་གཟུང་ཞིང་ཆགས་པའི་ཐུ་ཐུང་དག་ལ་དམིགས་བཀང་ཀྱིས་འབྲེལ་བ་ཡོད་པ་ཞེས་ཟེར་ཡིན།

དེ་ལ་ཇ་རྒྱང་ནི་ཐྱི་རྩལ་གཅིག་ཙམ་ཞེས་གྲེ། ཚངས་མེག་སྲིད་སྐྱོད་གཅིག་ཀྱི་རྒྱུད་དུ་ཆགས་པའི་ཐུ་ཚི་སྐངས་འཇིན་པ་གཅིག་ཙམ་ཞེས་རིག་རིག་རེད། དེ་བཞིན་དུ་གཟར་གཤེས་ཆེ་གཅིག་པ་ཞེས་འབྲུབ་ལ་གཞོལ་བའི་སྐངས་འཇིན་པ་མཚུངས་པ་ཞེས་ཚད་ལྡན་ཡོད་པ་ཞིག་ཅིང་ཞེས་ཀྱང་ཁ་ཤས་ཀྱི་ཐུ་ཐུང་ཐ་དད་པ་ཞིག་ཏུ་ཡོད་པ་ཡིན་ལ། ཐུ་ཐུང་ཐ་དད་པ་ཞིག་ཏུ་ཡོད་པ་ཡིན་ཞེས་ཟེར་ཡིན། དེ་ལྟར་ན་ཐུ་ཐུང་ཐ་དད་པ་ཞིག་ཏུ་ཡོད་པ་ཡིན་ཞེས་ཟེར་བ་ནི་ཐུ་ཐུང་ཐ་དད་པ་ཞིག་ཏུ་ཡོད་པ་ཡིན་ཞེས་ཟེར་བ་ཡིན་ལ། ཐུ་ཐུང་ཐ་དད་པ་ཞིག་ཏུ་ཡོད་པ་ཡིན་ཞེས་ཟེར་བ་ནི་ཐུ་ཐུང་ཐ་དད་པ་ཞིག་ཏུ་ཡོད་པ་ཡིན་ཞེས་ཟེར་བ་ཡིན།

ཚུལ་དེ་ལྟ་བས་ན། འདུས་རྩལ་ཉུང་ཤས་ཙམ་ཞིག་གིས་གྲུབ་པའི་གཟར་གཤེས་རྣམ་པ་དེ་དག་ཐོངས་འགོ་བ་མི་ལྟ་བུ་ཆེས་མཚར་འོས་པའི་རྒྱུ་དངོས་རྫོགས་འཇིང་ཅན་ཞིག་ཀྱང་འགྲུབ་ཐུབ་པ་ཡིན། དེའི་ཚེ་ཐུ་ཐུང་ཐ་དད་པ་ཞིག་ཏུ་ཡོད་པ་ཡིན་ཞེས་ཟེར་བ་ནི་ཐུ་ཐུང་ཐ་དད་པ་ཞིག་ཏུ་ཡོད་པ་ཡིན་ཞེས་ཟེར་བ་ཡིན་ལ། ཐུ་ཐུང་ཐ་དད་པ་ཞིག་ཏུ་ཡོད་པ་ཡིན་ཞེས་ཟེར་བ་ནི་ཐུ་ཐུང་ཐ་དད་པ་ཞིག་ཏུ་ཡོད་པ་ཡིན་ཞེས་ཟེར་བ་ཡིན།

དེ་ལྟར་ན་ཐུ་ཐུང་ཐ་དད་པ་ཞིག་ཏུ་ཡོད་པ་ཡིན་ཞེས་ཟེར་བ་ནི་ཐུ་ཐུང་ཐ་དད་པ་ཞིག་ཏུ་ཡོད་པ་ཡིན་ཞེས་ཟེར་བ་ཡིན་ལ། ཐུ་ཐུང་ཐ་དད་པ་ཞིག་ཏུ་ཡོད་པ་ཡིན་ཞེས་ཟེར་བ་ནི་ཐུ་ཐུང་ཐ་དད་པ་ཞིག་ཏུ་ཡོད་པ་ཡིན་ཞེས་ཟེར་བ་ཡིན།

ཐོད་སྒོམ་འགྲུབ་པའི་བྱེད་དིམ།

དུས་ཡུན་གང་མཚམས་སོང་རྗེས་ཐུ་ཐུང་གི་འགྲེ་འགྱུར་བྱ་བ་དལ་དུ་འགྱོ་བ་དང་། མངལ་གནས་འཚར་སྐྱེའི་ཁྱོད་ཀྱི་སྐུབས་འགྱུར་དུས་རིམ་མཚམས་ཚད་པར་འགྱུར། དེ་ནས་གྲོང་སྒྲམ་འགྲུབ་པའི་དུས་རིམ་འགོ་ཚུགས་ལ། དུས་རིམ་འདིའི་རིང་ཐུ་ཐུང་རྣམས་ཀྱི་མཆེད་འཕེལ་བྱེད་པའི་ཚབ་ཏུ་ཐན་ཚུན་འགྱལ་བསྒོད་བྱེད་པ་ཤུགས་ཆེ་ཞིང་།

YOUR TURN: HOW DID COMPLEX BODY PARTS EVOLVE?

One of the major questions in evolution is how dramatic changes in body plans occurred. Across the millions of years of evolution on earth, body plans with increasing complexity have evolved from organisms like slime mold to worms to flies to birds to humans. Evidence from comparing master regulator development genes like bicoid among these many different organisms suggest that changes in these genes—in their number and in how many other genes they interact with— probably played important roles in evolving more complex body plans. This makes sense, since these genes and their resulting mRNAs and proteins build the foundation of organisms. If the foundation is altered, likely the rest of the building will be, too.

dramatic process, and the body axes that began to be laid down earlier by bicoid and other cytoplasmic determinants become evident. Layers of cells form; the layers are known as tissues (recall from LSPII that tissues are groups of functionally related cells, such as nerve tissue).

Most early animal embryos (at this point called **gastrulas**) have three layers of tissue: ectoderm, mesoderm and endoderm—meaning outer skin, middle skin, and inner skin, respectively. Figure 17 shows these layers in a typical embryo, and from which layer the eventual adult human tissues are initially derived. Notice that the tissues we are focusing on, those of the nervous system, are derived from the ectoderm layer of the embryo.

ORGANOGENESIS IN THE NERVOUS SYSTEM

During the next stage of embryonic development, the cells in the three layers that formed during gastrulation move and proliferate, becoming more specialized based on their gene expression patterns, and eventually develop into the tissues and organs with which we are familiar.

When organogenesis begins, in addition to the endoderm, mesoderm, and ectoderm formed during gastrulation, we see a new structure, the notochord, that runs through the mesoderm for the full length of the embryo. Unlike in other species, the notochord in humans does not stay around long during development, but shows up only briefly during embryogenesis. Many notochord cells die a programmed death soon after the beginning of organogenesis.

YOUR TURN: HOW DO COORDINATED CELL MOVEMENTS OCCUR IN GASTRULATION?

Dramatic cell movements occur during gastrulation. To see these happen in frogs and sea urchins (the process looks very similar in humans), watch the videos at *http://www.youtube.com/watch?v=ojqXV062CNI&feature=related and http://www.youtube.com/watch?v=Lgb4wMsZwZA&feature=related.* What proceswses do you think are necessary for such stunningly coordinated movements? Consider our discussions in this primer so far.

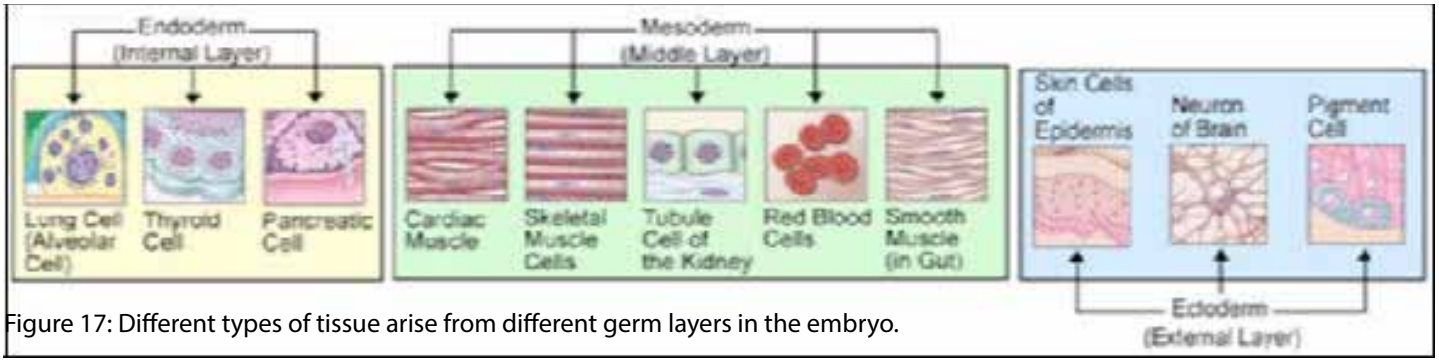


Figure 17: Different types of tissue arise from different germ layers in the embryo.

ཁྱོད་ཀྱི་རེས་མོས། ལུས་ཕུང་གི་ཡན་ལག་རྟོག་འཛིན་ཅན་རྣམས་ཇི་ལྟར་འཕེལ་འགྱུར་བྱུང་ངམ།

འཕེལ་འགྱུར་རིག་པའི་དྲི་བ་གནད་ཆེ་བ་ཞིག་ནི་ལུས་གཟུགས་ཀྱི་འཆར་འགོད་ནང་མངོན་མཚན་ཅན་གྱི་འགྱུར་བ་དེ་དག་ཚུལ་ཇི་ལྟར་འབྱུས་པ་ཡིན་ནམ་ཞེས་པ་དེ་རེད། སའི་གོ་ལའི་སྟེང་ལོ་ངོ་ས་ཡ་མང་པོའི་འཕེལ་འགྱུར་གྱི་རྒྱུན་ཐག་ཁྲོད་སྨྱུག་ཕུང་ནས་འབུ་སྲིན་དང་། སྦྲང་བུ་དང་། འདབ་ཆགས་དང་། མིའི་འགྲོ་བའི་བར་གྱི་ལུས་གཟུགས་ཀྱི་འཆར་འགོད་ལ་རྟོག་འཛིན་ཇི་ཆེའི་རང་བཞིན་གྱི་འཕེལ་འགྱུར་ཐེབས་ཡོད། སྐྱེ་དངོས་མི་འདྲ་བ་སྣ་ཚོགས་པ་འདི་དག་སོ་སོའི་སྟེང་གི་ཇ་ཟུང་ལྟ་བུའི་"སྣང་ཚུལ་འཛིན་པ་ཆེན་མོར་གྱུར་པའི་རིགས་རྫས"རྣམས་ཕན་ཚུན་མཚུངས་བསྡུར་བྱས་པ་ལས་རྙེད་རྟོགས་བྱུང་བའི་དཔང་རྟགས་དག་གིས་བརྒྱུད་སྟོན་བྱེད་པ་ཞིག་ནི་འདི་ལྟ་སྟེ། ལུས་གཟུགས་ཀྱི་འཆར་འགོད་ནང་རྟོག་འཛིན་ཇི་ཆེའི་རང་བཞིན་གྱི་འཕེལ་འགྱུར་བྱུང་བ་དེའི་རིགས་རྫས་འདི་དག་ལ་ཐེབས་པའི་འགྱུར་བ་སྟེ། དེ་དག་གི་ཁ་གྲངས་འཕེལ་བ་དང་། དེ་དག་གིས་སྤེལ་སྦྱོར་བྱེད་སའི་རིགས་རྫས་གཞན་གྱི་རྣམ་གྲངས་འཕེལ་བ་བཅས་ཀྱི་མཇུག་འབྲས་ཡིན་པ་དེ་རེད། འདི་ལ་གནས་ལུགས་ཤིག་ཡོད་པར་མངོན་ཏེ། སྐྱེ་དངོས་དག་གི་རྨང་གཞི་དེའི་རིགས་རྫས་འདི་དག་དང་། འདི་དག་གི་འབྲས་བུར་གྱུར་པའི་བང་ཆེན་ཨར་ཨེན་ཨེ་དང་སྤྲི་རྫས་དག་གིས་འདེད་པའི་ཕྱིར། གལ་ཏེ་རྨང་གཞི་དེར་བརྗེ་སྒྱུར་བཏང་ན། དེའི་སྟེང་དུ་བསླངས་པའི་ཐོག་བརྩེགས་ལྷག་མ་ཀུན་ལའང་དེ་མཚུངས་ཀྱི་འཐོ་འགྱུར་ཐེབས་ངེས་རེད།

ཁྱོད་ཀྱི་རེས་མོས། གྲོད་སྦུམ་འགྲུབ་པའི་དུས་རིམ་ནང་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ཕན་ཚུན་མཉམ་སྦྲེལ་སྒོ་ནས་འགྱུལ་སྐྱོད་ཀྱི་བྱ་བ་ཇི་ལྟར་སྤེལ་ལམ།

གྲོད་སྦུམ་འགྲུབ་པའི་དུས་རིམ་སྐབས་ཕྲ་ཕུང་འགྱུལ་སྐྱོད་ཀྱི་བྱ་བ་ཆེས་འཁྲུག་ཆ་དོད་པོ་ཞིག་འགྲུབ་ཀྱི་ཡོད། དུས་རིམ་དེའི་སྐབས་སྦལ་པ་དང་རྒྱ་མཚོའི་ཡཀྵ་དག་གིས་བྱ་བ་དེ་འགྲུབ་ཚུལ་ལ་རྒྱུས་ལོན་བྱེད་ཆེད་ཁྱེད་ཀྱིས་གཤམ་གྱི་དྲ་ཐག་དག་ཏུ་བཞག་པའི་བརྙན་འཕྲིན་དག་ལ་བལྟས་ན་འཐུས།http://www.youtube.com/watch?v=ojqXV062CNI&feature=related དང་།http://www.youtube.com/watch?v=Lgb4wMsZwZA&feature=related འདི་ལྟར་དུ་ངོ་མཚར་སྐྱེ་འོས་ཤིང་མཉམ་སྦྲེལ་སྒྲིག་འགྲུབ་པའི་འགྱུལ་སྐྱོད་ཀྱི་བྱ་བ་དེ་འདྲ་ཞིག་སྤེལ་བར་ཁྱེད་ཀྱིས་བལྟས་ན་བྱེད་རིམ་ཅི་དང་ཅི་ཚང་དགོས་སམ། དོན་གནད་འདིར་མཉམ་འཛོམ་བྱེད་པར་སྟོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་འདིར་ད་བར་གླེང་བའི་གྲོས་སྟུར་རྣམས་ཁྱེད་ཀྱིས་བསམ་གཞིག་གི་གཞིར་འཛིན་འཐུས།

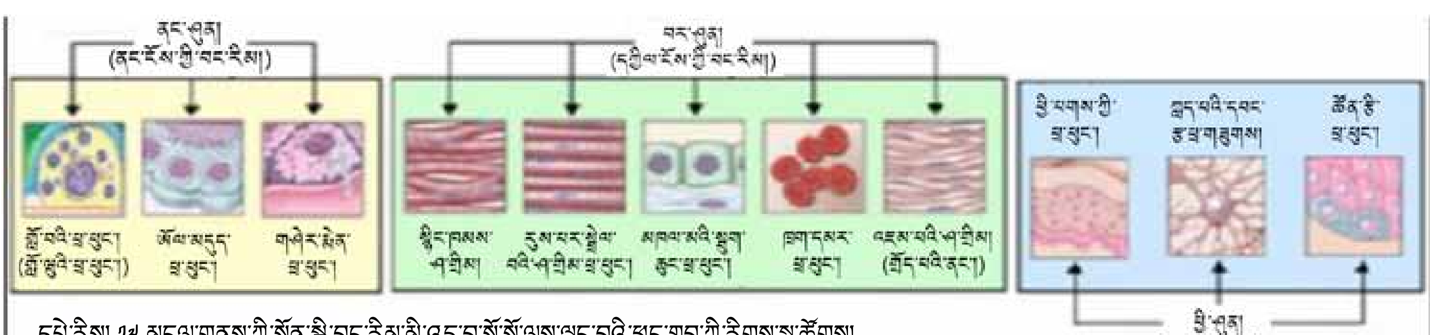
མ་ཟད་འགྱུལ་བསྐྱོད་ཀྱི་བྱ་བ་དེ་ཆེས་འཁྲུག་ཆ་དོད་པོར་འགྲུབ་པ་དང་། ཇ་ཟུང་དང་ཕྲ་ཆེ་སྣང་ཚུལ་འཛིན་པའི་རིགས་གཞན་དག་གིས་སྟར་ནས་འཆར་འགོད་བྱས་པའི་ཚངས་ཐིག་རྣམས་དཔའ་གཟོད་མངོན་དུ་གྱུར་གྱི་ཡོད། དུས་རིམ་འདིར་ཕྲ་ཕུང་གི་བང་རིམ་མང་པོ་འགྲུབ་ཅིང་། བང་རིམ་འདི་དག་ལ་ཕུང་གྲུབ་ཟེར། (ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སྔོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་གཉིས་པའི་ནང་བྱེད་ལས་འབྲེལ་མཚུངས་ཅན་གྱི་ཕྲ་ཕུང་གི་ཚོགས་དཔེར་ན་དབང་རྩའི་ཕུང་གྲུབ་དག་ལ་ཕུང་གྲུབ་ཏུ་ངོས་འཛིན་བྱས་པ་འདིར་ཕྱིར་དྲན་བྱེད་དགོས།)

སེམས་ཅན་གྱི་མངལ་གནས་འགོ་མ་ཕལ་ཆེ་བར་(གནས་སྐབས་འདིར་དེ་དག་ལ་གྲོད་སྦུམ་ཟེར་བ་རེད།)ཕུང་གྲུབ་ཀྱི་ཆགས་རིམ་གསུམ་ཡོད། དེ་དག་ནི་ཕྱི་ཤུན་དང་། བར་ཤུན། ནང་ཤུན་སྟེ། དོན་ལ་རིམ་པ་བཞིན་ཕྱི་པགས། དཀྱིལ་པགས། ནང་པགས་ཅེས་སུ་གོ་བ་ཡིན། དཔེ་རིས་ ༡༢ ནང་རྒྱུན་ལྡན་གྱི་མངལ་གནས་ཤིག་ལ་ཚང་བའི་ཆགས་རིམ་གསུམ་པོ་འདི་མཚོན་འགྲེལ་བྱས་ཡོད་ལ། ཆགས་རིམ་འདི་དག་ལས་རིམ་གྱིས་སྐྱེ་པོ་དར་མ་ཞིག་གི་ཕུང་གྲུབ་རྣམས་འགྲུབ། འདིར་ངེད་ཚོས་དམིགས་བཙུགས་ནས་བལྟ་སའི་ཕུང་གྲུབ་རྣམས་ནི་དབང་རྩ་མ་ལག་ལ་གཏོགས་ཤིང་། དེ་དག་ནི་མངལ་གནས་ཀྱི་ཕྱི་ཤུན་རིམ་པ་ལས་འབྱུང་གི་ཡོད།

དབང་རྩ་མ་ལག་ནང་དུ་དབང་པོ་དོད་ཚུལ།

མངལ་གནས་འཚར་འཕེལ་དང་འབྲེལ་བའི་དུས་རིམ་རྗེས་མ་འདིའི་རིང་། སྔར་གྲོད་སྦུམ་འགྲུབ་པའི་བྱེད་རིམ་སྐབས་གྲུབ་པའི་ཤུན་པགས་རིམ་པ་གསུམ་པོ་དེར་ཆགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་འགྱུལ་སྐྱོད་དང་མཆེད་འཕེལ་བྱེད་བཞིན་དུ་སོ་སོའི་ནང་སྦྱུག་གི་རིགས་རྫས་མངོན་པར་གསལ་ཚུལ་གྱི་འགྲོས་དང་བསྟུན་ཏེ་བྱེད་ལས་དམིགས་འཛུགས་ཅན་དུ་འགྱུར་ལ། དེ་ནས་རིམ་གྱིས་ད་ལྟ་ངེད་ཚོར་ཆ་རྒྱུས་ཡོད་པའི་ཕུང་གྲུབ་དང་དབང་པོ་དག་གི་ངོ་བོར་འཐོས་འགྲོ།

དེ་ཡང་དབང་པོ་དོད་པའི་དུས་རིམ་འགོ་ཙམ་པ་ན། སྔར་གྲོད་སྦུམ་འགྲུབ་པའི་བྱེད་རིམ་སྐབས་ཆགས་ནས་ཡོད་པའི་ཕྱི་ཤུན་དང་། བར་ཤུན། ནང་ཤུན་བཅས་ཀྱི་སྟེང་། སྐལ་ཐིག་ཏུ་འབོད་པའི་བཀོད་དབྱིབས་གང་ཞིག་བར་ཤུན་རྒྱུད་དུ་རྒྱག་ཅིང་མངལ་གནས་ཀྱི་ལུས་ཀྱི་རིང་ཚད་ཡོངས་ལ་ཁྱབ་པའི་ཡན་ལག་གསར་པ་ཞིག་ཀྱང་གྲུབ་ཡོད་པ་རེད། སྐྱེ་དངོས་ཉེ་རིགས་གཞན་དང་མི་འདྲ་ས་ཞིག་ལ། མིའི་ལུས་པོའི་ནང་གི་སྐལ་ཐིག་གི་བཀོད་དབྱིབས་འདི་མངལ་གནས་འཚར་སྐྱེའི་དུས་རིམ་ཁོ་ནར་འཕྲུག་ཙམ་ཕྱིར་མངོན་པ་ལས། འཚར་འཕེལ་རྒྱུད་རིམ་ཁྲོད་ཡུན་རིང་མི་སྡོད། དེར་མ་ཟད། དབང་པོ་དོད་པའི་བྱེད་རིམ་འགོ་བརྩམས་ནས་མི་རིང་བར་སྐལ་ཐིག་གི་ཕྲ་ཕུང་མང་དག་ཅིག་སྤུ་ས་ནས་ལས་འཆར་འགྲིགས་ནས་ཡོད་པའི་འཚི་སྐྱོན་གྱི་མདུན་ལམ་བསྒྲོས་ཐང་བརྒྱུད་དགོས་ཀྱི་ཡོད།



དཔེ་རིས། ༡༢ མངལ་གནས་ཀྱི་སོན་སྐྱི་བང་རིམ་མི་འདྲ་བ་སོ་སོ་ལས་ལྡང་བའི་ཕུང་གྲུབ་ཀྱི་རིགས་སྣ་ཚོགས།

Before they die, notochord cells send out signals to the cells in the ectoderm just above it, telling those cells to fold. One way the signals do this is by affecting the cytoskeletons of the ectoderm cells to change so that these cells grow longer and constrict at their dorsal end, while widening at their ventral end. This results in a continued folding (Figure 18) that eventually folds around to form a tube called the **neural tube**. The notochord helps support the tube newly formed above it.

After the neural tube forms, nearby mesodermal cells communicate and change their cell surface glue molecules to stick together in such a way that the cells form clumps of tissues called somites (Figure 19). Somites form all along the neural tube on both sides. The cells in somites eventually migrate to different parts of the developing embryo and continue to proliferate to seed other body parts, including back muscles, skin tissues, limb muscles and bone. When they are formed along the neural tube, the cells of somites are already determined to become these particular cell types long before they move to particular locations and develop into tissues.

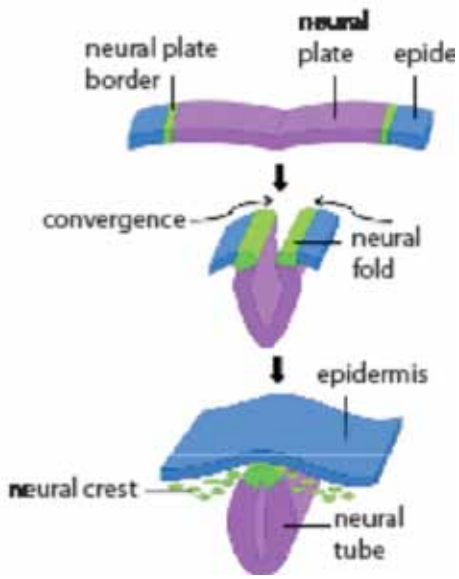


Figure 18: The cytoskeleton of the ectoderm cells modifies to induce a continual folding that gives rise to the neural tube.

Early **determination** of somite cell personalities results from distinct combinations of signals from surrounding cells, signals received and translated by differential gradient combinations, virtually the same mechanism we have already seen many times during development.

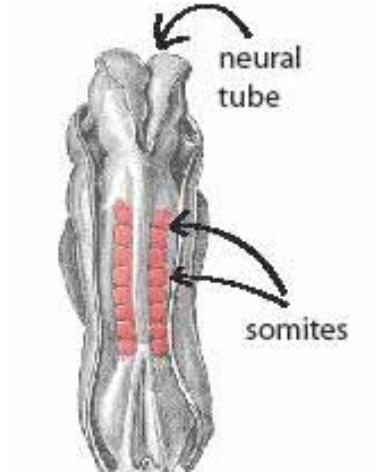


Figure 19: Nearby mesodermal cells clump together on either side of the neural tube.

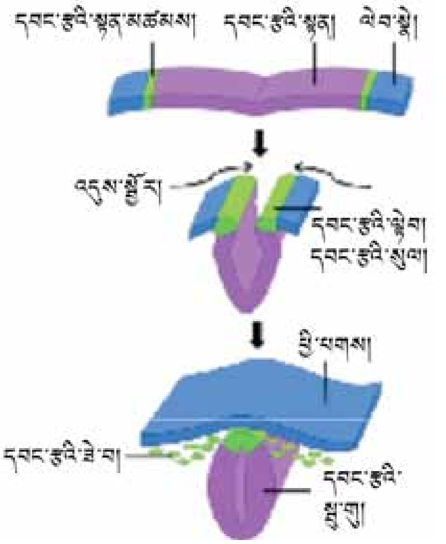
MAKING A CENTRAL NERVOUS SYSTEM

How does a tube turn into the nervous system? Review the anatomy of the nervous system discussed in NPI. As pointed out by Scott Gilbert in his excellent developmental biology text, this differentiation process is best described as occurring at three levels at once. First, at the level of visible parts of the developing embryo, the neural tube bulges and constricts to outline the first crude formation of the parts of the brain and of the spinal cord. Second, at the level of the tissues, cells in the wall of the neural tube

IN DEPTH: THE IMPORTANCE OF PROPER NEURAL TUBE CLOSURE

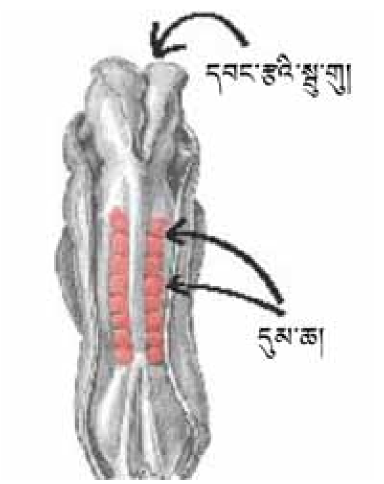
Proper closure of the neural tube is vital. Neural tube defects due to incomplete closure are seen fairly commonly—about 1 in 500 births—in humans. If the anterior (front) of the tube doesn't close, the developing brain is not protected and degenerates. This lethal disease is called anencephaly. If the posterior (rear) part of the tube doesn't close, spina bifida results. The severity of this disease depends on how much of the tube is left open, and thus how much of the spinal cord is unprotected. Complete neural tube formation is vitally dependent on a combination of genetic and environmental influences. Several genes are known to be essential for the process as are at least two dietary components, vitamin B_{12} and cholesterol.

དེ་ཡང་སྐབས་ཐིག་གི་ཕྲ་ཕུང་འདི་དག་མ་ཤི་གོང་དེར་འདི་དག་གིས་བརྡ་འཕྲིན་བཏང་སྟེ་རང་སའི་སྟེང་གི་བང་རིམ་སྟེ། ཕྱི་ཤུན་རིམ་པར་ཆགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་དག་ལ་ལྟེབ་རྩེག་ཐེབས་པར་བརྒྱུད་སྐུལ་བྱེད། བརྡ་འཕྲིན་དེ་དག་ལས་དེ་ལྟར་བརྒྱུད་སྐུལ་བྱེད་ལུགས་གཅིག་ནི་བར་ཤུན་རིམ་པའི་ཕྲ་ཕུང་དག་གི་སྒྲོམ་ལུས་དག་ལ་ཤུགས་རྐྱེན་བཟོས་པའི་སྒོ་ནས་དེར་འགྱུར་བ་སློང་རྒྱུ་དེ་ཡིན། འགྱུར་བ་དེ་འདྲ་བསླངས་པས་ཕྲ་ཕུང་དེ་དག་དཀྱུས་སུ་རིང་དུ་སོང་བ་དང་དུས་མཚུངས་སུ་སོ་སོའི་ལྟག་སྣེ་འཆུམ་པ་དང་། འོག་སྣེ་འབྱེ་ཡི་ཡོད། འདིས་ཕྲ་ཕུང་དེ་དག་མུ་མཐུད་དུ་ལྟེབ་རྩེག(དཔེ་རིས། ༡༨)ཐེབས་སུ་འཇུག་པ་ལ་བརྟེན་ནས་མཐར་དབང་རྩའི་སྦུ་གུ་ཧྲ་འཁོད་པའི་སྦུ་གུ་ཞིག་གི་ངོ་བོར་འཕོས་པ་དང་། སྐབས་ཐིག་གིས་རང་གི་ཐོད་དུ་གསར་དུ་གྲུབ་པའི་སྦུ་གུ་དེའི་རྟེན་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།



དཔེ་རིས། ༡༨ ཕྱི་ཤུན་ཕྲ་ཕུང་དག་གི་ལུས་སྒྲོམ་དེ་ཉིད་རིམ་གྱིས་བཟོ་འགྱུར་བྱེད་རིམ་བརྒྱུད་དགོས་པ་དེས་མུ་མཐུད་དུ་ལྟེབ་རྩེག་ཐེབས་སུ་འཇུག་ལ། དེ་ལས་དབང་རྩའི་སྦུ་གུ་འགྲུབ་ཀྱི་ཡོད།

དབང་རྩའི་སྦུ་གུ་དེ་གྲུབ་པའི་རྗེས། ཉེ་འཁྲིས་ཀྱི་བར་ཤུན་ཕྲ་ཕུང་དེ་དག་ནང་ཕན་ཚུན་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་རེས་བྱེད་ཀྱིན་དུ་ཕྲ་ཕུང་སོ་སོའི་ཕྱི་ངོས་སུ་ཆགས་པའི་འབྱར་བག་འདུས་རྫུལ་དེ་དག་ལ་སྒྱུར་སྐུལ་བྱས་ཏེ་དེ་དག་ཕྱོགས་གཅིག་ཏུ་འདུ་རུབ་བྱེད་དུ་འཇུག་པ་ལ་བརྟེན་ནས། ཕྲ་ཕུང་དེ་དག་དུམ་ཆ་རུ(དཔེ་རིས། ༡༩)འཁོད་པ་ཕུང་གྲུབ་ཀྱི་ཚོམ་བུའི་ངོ་བོར་གྱུར་བར་བྱེད། དེ་ཡང་དུམ་ཆ་འདི་རིགས་དབང་རྩའི་སྦུ་གུ་ཡི་ཕྱོགས་གཉིས་ཀའི་རྒྱུད་དུ་འགྲུབ་ཀྱི་ཡོད། མཐར་དུམ་ཆ་དེ་ཚོའི་ནང་གི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་འཚར་འཕེལ་བྱེད་བཞིན་པའི་མངལ་གནས་དེའི་ཡན་ལག་མི་འདྲ་བ་དག་ཏུ་གནས་སྤོར་བྱེད་པ་དང་། མུ་མཐུད་དུ་མཆེད་འཕེལ་བྱེད་བཞིན་དུ་ལུས་རྒྱབ་ཀྱི་ཤ་གྲིམ་དང་། པགས་པའི་ཕུང་གྲུབ། རྐང་ལག་གི་ཤ་གྲིམ། རུས་པ་ཐེ་བའི་ལུས་ཀྱི་ཆ་ཤས་གཞན་རྣམས་ཀྱི་རྨང་རྟེན་འདིང་བར་བྱེད། དུམ་ཆ་ཡི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ལུས་ཀྱི་ཆ་ཁུལ་ངེས་བཟུང་དག་ཏུ་གནས་སྤོར་བྱས་ཏེ་ཕུང་གྲུབ་སོ་སོའི་ངོ་བོར་མ་གྱུར་གོང་དབང་རྩའི་སྦུ་གུ་དེའི་རྒྱུད་དུ་ཆགས་པའི་སྐབས་ཉིད་ནས་དེ་དག་ཕྲ་ཕུང་གི་རིགས་བྱེ་བྲག་པ་དེ་དག་ཏུ་འགྲུབ་རྒྱུར་གཏན་ཁེལ་ཟིན་ཡོད་པ་རེད།



དཔེ་རིས། ༡༩ ཉེ་འཁྲིས་སུ་ཆགས་པའི་བར་ཤུན་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་དབང་རྩའི་སྦུ་གུ་ཡི་གཡོན་གཡས་གཉིས་ཀའི་ངོས་སུ་ཚོམ་བུའི་ངོ་བོར་འདུ་རུབ་བྱེད།

འདི་ལྟར་དུ་དུམ་ཆ་ཕྲ་ཕུང་དག་གི་རང་གཤིས་ད་གཟོད་ཅི་ཞིག་ཏུ་འགྱུར་མིན་ སྔ་ས་ནས་གཏན་ཁེལ་བ་དེ་འདྲ་བྱུང་བ་ནི་དེ་དག་གི་མཐའ་འཁོར་དུ་ཆགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་དག་ལས་སོན་པའི་བརྡ་འཕྲིན་གྱི་འདུས་ལུགས་དམིགས་བཀར་བ་དག་སྟེ། རིགས་མི་མཚུངས་པའི་གཟུར་གཤིས་ཀྱི་ཚོགས་འདུས་སྣ་ཚོགས་པ་དག་གིས་བླངས་ཤིང་ཕབ་སྒྱུར་བྱས་པའི་བརྡ་འཕྲིན་དག་གི་མཇུག་འབྲས་ཡིན་པ་རེད། དེས་ན་ཚུལ་འདི་ནི་འཚར་འཕེལ་རྒྱུད་རིམ་ཁྲོད་ངེད་ཚོས་ད་བར་མཐོང་ཟིན་པའི་ཐབས་ཇུས་དེ་དང་ཆེས་འདྲ་མཚུངས་ཤིག་རེད།

དབང་རྩ་ལྟེ་བའི་མ་ལག་ཅིག་འགྲུབ་ཚུལ།

དེས་ན་སྦུ་གུ་ཞིག་དབང་རྩ་མ་ལག་གི་ངོ་བོར་ཇི་ལྟར་འཕོ་འགྱུར་འགྲོའམ་ཞེ་ན། དབང་རྩ་ཚན་རིག་གི་སྟོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་དང་པོའི་ནང་གླེང་ཟིན་པ་དབང་རྩ་མ་ལག་གི་ཆགས་ལུགས་སྐོར་གྱི་བཤད་པ་དེར་བསྐྱར་ཞིབ་བྱས། སི་གོ་ཏ་ཧྥེལ་སྟར་ཏ་ཡིས་བརྩམས་པའི་འཚར་འཕེལ་སྐྱེ་དངོས་རིག་པ་སྐོར་གྱི་ཕྱུལ་བྱུང་སློབ་དེབ་དེའི་ནང་གསལ་སྟོན་བྱས་པ་བཞིན། གོང་གི་དབྱེ་ཚད་བྱེད་རིམ་དེ་བང་རིམ་གསུམ་གྱི་ནང་དུས་གཅིག་ཏུ་འགྲུབ་བཞིན་པའི་བྱེད་རིམ་ཞིག་ཏུ་འགྲེལ་བརྗོད་བྱས་ན་རན་འཚམ་ཞིག་རེད། དེ་ཡང་། དང་པོ། འཚར་འཕེལ་བྱེད་བཞིན་པའི་མངལ་གནས་དེའི་མདོན་པར་གསལ་བའི་ཡན་ལག་དག་གི་རིམ་པར། དབང་རྩའི་སྦུ་གུ་དེ་འབུར་བ་དང་འཆུམ་པ་མུ་མཐུད་དུ་བྱེད་པ་དེ་ལས་ཀླད་པ་དང་རྒྱུངས་པའི་ཆ་ཤས་དག་གི་ཚུགས་ཀ་རགས་པ་ཐོག་མར་འགྲུབ་བཞིན་ཡོད་ལ། གཉིས་པ། ཕུང་གྲུབ་ཆགས་པའི་རིམ་པར། དབང་རྩའི་སྦུ་གུ་ཡི་ནང་སྦུག་གི་གྱང་ལྡེབས་སུ་ཆགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ནང་ཁུལ་བསྐྱར་སྤྲིག་མུ་མཐུད་དུ་བྱེད་པ་དེ་ལས་ཀླད་པ་དང་རྒྱུངས་པའི་ཆ་ཤས་མངོན་པར་

གཏིང་ཚུགས་པའི་ལྟ་ཞིབ། དབང་རྩའི་སྦུ་གུ་ཚུལ་མཐུན་དུ་ཁ་ཟུམ་དགོས་པའི་གལ་གནད།

དབང་རྩའི་སྦུ་གུ་དེ་ཚུལ་མཐུན་དུ་ཁ་ཟུམ་དགོས་པ་ནི་ཧ་ཅང་གནད་ཆེ། དབང་རྩའི་སྦུ་གུ་ཡོངས་སུ་ཁ་ཟུམ་མ་ཐུབ་པའི་རྐྱེན་ལས་བྱུང་བའི་ནད་སྐྱོན་རིགས་གང་མཚམས་ཡོངས་གྲགས་སུ་གྱུར་ཡོད། ཕལ་ཆེར་མི་གྲངས་༥༠༠ རེའི་ཁྲོད་དུ་མི་གཅིག་ལ་ནད་སྐྱོན་འདི་ཐོག་གི་ཡོད། དེ་ཡང་གལ་ཏེ་སྦུ་གུ་དེའི་མདུན་ངོས(མདུན་)ཀྱི་ཕྱོགས་དེ་ཁ་ཟུམ་མ་ཐུབ་ཆེ་འཚར་འཕེལ་བྱེད་བཞིན་པའི་ཀླད་པ་དེར་སྨུང་བྱེད་མེད་པར་འགྱུར་པས། དེ་ལ་ཉམས་སྐྱོན་ཐོག་ངེས་རེད། གནད་གཙོད་ཀྱི་ནད་འདིར་ཀླད་ཆད་ཟེར། ཡང་གལ་ཏེ་སྦུ་གུ་དེའི་རྒྱབ་ངོས(རྒྱབ་)ཀྱི་ཕྱོགས་དེ་ཁ་ཟུམ་མ་ཐུབ་ཆེ་སྐྱེ་པོ་དེར་རྒྱུངས་གས་ནད་ཀྱིས་མནར་གྱི་ཡོད། དེ་ཡང་ནད་འདི་ཇི་ཙམ་ཚབས་ཆེ་མོར་གྱུར་མིན་གྱི་ཚོད་དེ་སྦུ་གུ་ཡི་ཆ་ཇི་ཙམ་ཞིག་འབྱེས་ནས་ལུས་ཡོད་མེད་དང་། དེ་ལ་བརྟེན་ནས་རྒྱུངས་པའི་ཆ་ཇི་ཙམ་ཞིག་ལ་སྨུང་བྱེད་མེད་པར་ལྷག་ཡོད་མེད་བཅས་ལ་རག་ལས། དབང་རྩའི་སྦུ་གུ་འདི་རྫོགས་པར་གྲུབ་པ་ནི་རིགས་རྫས་དང་ཁོར་ཡུག་གི་ཤུགས་རྐྱེན་དུ་མ་ཞིག་ལ་ཤུགས་ཆེར་རག་ལས་ཡོད། བྱེད་རིམ་འདིར་ངེས་པར་མཁོ་བའི་རིགས་རྫས་ཀྱི་རྣམ་གྲངས་དུ་མ་ཞིག་ཡོད་པ་དེ་བཞིན་དུ། འདིར་མཁོ་བའི་ཟས་བཅུད་ཀྱི་ཆ་ཤས་ཞུང་མཐར་ཡང་གཉིས་ཡོད་ཅིང་། དེ་དག་ནི་བཅུད་སྨན་སྦི་༡༢ དང་མཁྲིས་ཞག་བཅས་རེད།

rearrange to form the functioning regions of those visibly-forming brain and spinal cord. And third, at the level of the cell, cells differentiate into neurons and their supporting cells.

The neural tube bulges out, as seen in Figure 18 above, and grows rapidly while separating into first three and then five parts of the future central nervous system. The bulging is driven by pressure from fluid inside the neural tube. The pressure also eventually forces the tube to close off between what will become the brain and spinal cord. Figure 20 shows which parts of the developing tube will become which parts of the brain.

Now, once again, we see an important role for gradients in development. This time, cells outside of the neural tube, probably in the notochord, send signals to the neural tube cells. The timing (i.e., when these chemicals are released) and their resulting gradients help establish which type of neurons the neural tube cells will differentiate into. By a strategy we've seen before, these signals facilitate differentiation by activating transcription factors inside the cells; the transcription factors enter the nucleus and turn on or off genes that determine the particular personality of these neurons.

Here we see another dimension—time—development uses to build complexity from relatively simple strategies and relatively few components. When we add time to the dimensions of space, we introduce many more possibilities for variation. For example, the establishment of a gradient of chemical X during embryo cleavage might have one effect, whereas the establishment of the same gradient with the same chemical during gastrulation would undoubtedly have a very different effect. No new chemical or development strategy is needed; they are simply employed at a different time.

Which cells in the neural tube develop which personality depends on their location along the dorsal-ventral axis of the tube; the cells receive their signals in differently-timed gradients from their nearest neighbor cells. Depending where in the tube the cell is, signals might be sent from the ectoderm on the dorsal side of the tube, the notochord on the ventral side, or the somites on the other two sides. Results of these interacting gradient signals include, in the future spinal cord for example, the development of motor neurons ventrally and sensory neurons dorsally along the neural tube.

The spinal cord develops in the neural tube from a specific layer of stem cells called the germinal neuroepithelium (germ means seed, neuro refers to neuron, and epithelium refers to cells on the outside of something). Stem cells are cells that have the potential to become many different types of cells, as opposed to non-stem cells that always divide to make two cells with the same function as the parent cell.

YOUR TURN: DISCOVERING THE ONSET OF DEVELOPMENT

Can you think of experiments that would allow you to determine when during development tissues and their cells have become determined, that is when their life fate has been fixed, and what that life fate is?

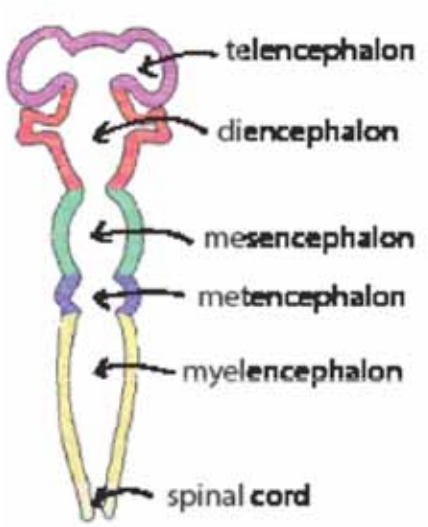
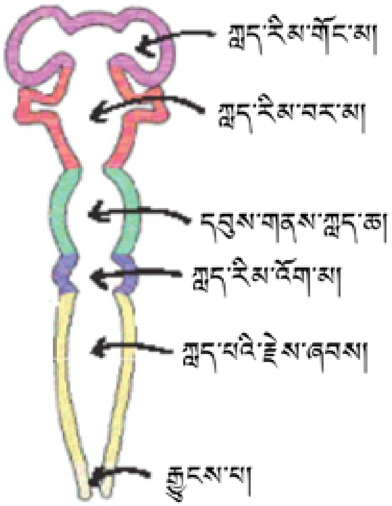


Figure 20: From top to bottom, the sections become the telencephalon, the diencephalon, the mesencephalon, the metencephalon, the myelencepha-lon, and the spinal cord.

ཁྱོད་ཀྱི་རིས་མོས། འཚར་འཕེལ་འགོ་ཚུགས་པའི་མཚམས་འཚོལ་བ།

འཚར་འཕེལ་རྒྱུད་རིམ་གྱི་མཚམས་གང་ཞིག་ཏུ་ཕུང་གྲུབ་དང་ཕྲ་ཕུང་དག་གི་བསྒོས་ཐང་གཏན་ལ་ཕབ་པ་སྟེ། རྒྱུད་རིམ་དེའི་མཚམས་གང་ཞིག་ན་དེ་དག་གི་བསྒོས་ཐང་གཏན་ཁེལ་བར་གྱུར་པའི་ཆོད་ཤེས་པ་ལ། ཁྱོད་ལྟར་ན་དངོས་བཤེར་བརྟག་དཔྱད་ཅི་འདྲ་ཞིག་བྱ་དགོས་སམ། དེ་ལྟར་གཏན་ལ་ཕབ་པའི་བསྒོས་ཐང་དེ་གང་ཞིག་ཡིན་ཆོག་གམ།



དཔེ་རིས། ༣༠ སྙིང་ནས་གདིང་ཕྱོགས་སུ་འགྲུབ་པའི་བང་རིམ་རྣམས་རིམ་པ་བཞིན་སྔོང་འཁོད་ཀླད་ཆ་དང་། ཟུང་ལྡན་ཀླད་ཆ། དབུས་འཁོད་ཀླད་ཆ། རྗེས་འཁོད་ཀླད་ཆ། ཞོ་འཁུར་ཀླད་ཆ། རྒྱུངས་པ་བཅས་རེད།

གསལ་བ་གང་དག་ད་ལྟ་འགྲུབ་བཞིན་པ་དེ་དག་གི་ལས་ཞུགས་ཆ་ཁྱུལ་རྣམས་འགྲུབ་བཞིན་པ་དང་། གསུམ་པ། ཕྲ་ཕུང་གི་རིམ་པར། ཕྲ་ཕུང་རྣམས་དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་དངོས་དང་། དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་དེ་དག་ལ་གཞོགས་འདེགས་བྱེད་པའི་ཕྲ་ཕུང་བཅས་ཀྱི་ངོ་བོར་དབྱེ་ཆོད་བརྒྱུད་བཞིན་ཡོད་པ་བཅས་ཡིན།

གོང་དུ་དཔེ་རིས་ ༡༩ ནང་གསལ་བ་བཞིན། དབང་རྩའི་སྦུ་གུ་ཕྱིར་འབུར་གྱིན་དུ་སྒྱུར་བར་འཚར་སྐྱེ་བྱེད་པ་དང་ཆབས་ཅིག་དེ་ཉིད་འགོ་སྟོད་དུ་མ་འོངས་པའི་ལྟེ་བའི་དབང་རྩ་མ་ལག་དེའི་ཆ་ཤས་གསུམ་པོ་དེ་ཉ་དང་། དེ་ནས་ཕྱིས་སུ་མ་ལག་དེའི་ཆ་ཤས་ལྔ་པོ་དེར་རིམ་གྱིས་འགྱེ་འགྱུར་ཐེབས་འགྲོ། དེ་ཡང་དབང་རྩ་སྦུ་གུ་དེའི་ནང་གི་གཤེར་ཁུ་དེ་ལས་འབྱུས་པའི་གནོན་ཤུགས་དེས་དེ་ལྟའི་འབུར་བའི་བྱ་བ་སློང་གི་ཡོད། མཐར་གོང་གི་གནོན་ཤུགས་དེ་ཉིད་ཀྱིས་སྦུ་གུ་དེའི་ཆ་ཤས་གང་ཞིག་ད་གཟོད་ཀླད་པ་དང་རྒྱུངས་པ་སོ་སོར་འགྱུར་རྒྱུའི་མཚམས་དེར་སྦུ་གུ་དེའི་ཁ་ཟུམ་དུ་འཇུག་གི་ཡོད། འཚར་འཕེལ་བྱེད་བཞིན་པའི་སྦུ་གུ་དེའི་ཆ་ཤས་གང་ཞིག་ད་གཟོད་ཀླད་པའི་ཆ་ཤས་གང་ཞིག་ཏུ་འགྱུར་མིན་ནི་དཔེ་རིས་ ༣༠ ཡིས་མཚོན་འགྲེལ་བྱེད།

འདིར་སྐབས་ཡང་ངེད་ཚོས་འཚར་འཕེལ་བརྒྱུད་རིམ་ནང་གཟར་གཤིས་རྣམ་པའི་བྱེད་སྒོ་དང་གནད་འགག་མཐོང་ཐུབ། སྐབས་འདིར། དབང་རྩའི་སྦུ་གུའི་ཕྱི་ལོགས་སུ་འཁོད་པའི་ཕྲ་ཕུང་གང་དག་ཕལ་ཆེར་སྐལ་ཐིག་གི་ལོག་པར་ཡོད་པ་དག་གིས་དབང་རྩའི་སྦུ་གུ་ཡི་ཕྲ་ཕུང་དག་ལ་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་གི་ཡོད། དེ་ཡང་(རྗེས་འགྱུར་འདི་དག་ནམ་གློད་འདོན་བྱེད་པའི་)དུས་གཏུགས་དེ་དང་(གློད་འདོན་གྱི་བྱ་བ་)དེ་དག་གི་འབྲས་བུར་གྱུར་པའི་གཟར་གཤིས་རྣམ་པ་བཅས་ཀྱིས་དབང་རྩའི་སྦུ་གུ་ཡི་ཕྲ་ཕུང་གང་ཞིག་དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་གང་ཞིག་ཏུ་འགྱུར་མིན་གཏན་འཁེལ་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། གོང་དུ་ངེད་ཚོས་མཐོང་ཟིན་པའི་ཐབས་བྱུས་དེའི་སྒོ་ནས། བརྡ་འཕྲིན་འདི་དག་གིས་ཕྲ་ཕུང་ནང་གི་ཕབ་ལེན་རྐྱེན་རྫས་རྣམས་ཡར་སློང་བྱས་པ་བརྒྱུད་དབྱེ་ཆོད་བྱེད་རིམ་ལ་གཞོགས་འདེགས་བྱེད་པ་རེད། དེའི་ཚུལ་ཡང་ཕབ་ལེན་རྐྱེན་རྫས་དེ་དག་ཕྲ་ཕུང་ལྟེ་ཉིང་ནང་ཞུགས་ནས་དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་འདི་དག་གི་རང་གཤིས་ངེས་ཅན་དེ་འདྲ་ལ་སྣང་ས་འཛིན་བྱེད་པའི་རིགས་རྫས་རྣམས་སད་པར་བྱེད་པའམ། ཡང་ན་བག་ལ་ཞ་བར་བྱེད་པ་རེད།

ལྷོས་བཅས་ཀྱི་ཐབས་བྱུས་སྣབས་བདེ་ཞིག་དང་། ལྷོས་བཅས་ཀྱི་ཆ་ལག་ཞུང་བའི་གནས་བབ་ཅིག་ནས་རྟོག་འཛིང་ཆེ་བའི་རྣམ་པ་ཞིག་བསྐྲུན་པར་འཚར་འཕེལ་རྒྱུད་རིམ་གྱིས་ཕྱོགས་ཆའམ་ཆ་རྐྱེན་གཞན་ཞིག་སྟེ། དུས་ཀྱི་ཆ་རྐྱེན་ལ་སྟེ་བ་དེ་འདིར་ངེད་ཚོས་མཐོང་ཡོད། ནམ་ཞིག་གི་ཚེ་ངེད་ཚོས་ཡུལ་གྱི་གོ་སའི་ཕྱོགས་ཆའི་སྟེང་དུས་ཀྱི་ཕྱོགས་ཆ་བསྣན་ཅན། ཁྱད་པར་འབྱུང་སའི་སྲིད་ཚད་ཀྱི་ཆ་གོང་མཐོར་གཏོང་གི་ཡོད། དཔེར་ན། མངལ་གནས་སྲུབས་འགྱུར་གྱི་དུས་རིམ་སྐབས་རྗེས་འགྱུར་གྱི་དངོས་པོ་X རྟགས་ཅན་གྱི་གཟར་གཤིས་རྣམ་པ་ཞིག་གྲུབ་པ་དེས་རྗེས་འབྲས་ངེས་ཅན་ཞིག་སློང་བའི་དབང་དུ་བཏང་ཡང་། རྗེས་འགྱུར་གྱི་དངོས་པོ་དེ་ཉིད་ཀྱིས་གྲུབ་པའི་གཟར་གཤིས་རྣམ་པ་གཅིག་མཚུངས་ཤིག་གལ་ཏེ་གྲོད་སྨྲུམ་འགྲུབ་པའི་དུས་རིམ་སྐབས་འབྱུས་ཡོད་ཚེ། དེས་སྔར་ལས་ཆེས་མི་འདྲ་བའི་རྗེས་འབྲས་བསྐྲུན་རྒྱུ་ཡིན་པ་ནི་སོམ་ཉི་མི་དགོས་པ་ལྟ་བུ་རེད། དེ་དག་ནི་རྗེས་འགྱུར་གྱི་དངོས་པོའམ། ཡང་ན་འཚར་འཕེལ་གྱི་ཐབས་བྱུས་མི་འདྲ་བ་ཞིག་ཚང་བས་མིན་པར། རྒྱུ་ཆའམ་ཐབས་བྱུས་དེ་ག་ཉིད་དུས་ཚིགས་མི་འདྲ་བ་ཞིག་ཏུ་སྤྱད་པས་བྱུང་བ་རེད།

དབང་རྩའི་སྦུ་གུའི་ནང་གི་ཕྲ་ཕུང་གང་ལ་གཤིས་སྤྱོད་གང་ཞིག་འཇགས་མིན་ནི་ཕྲ་ཕུང་དེ་དག་སྦུ་གུ་དེའི་སྙིང་འོག་སྒོག་ཤིང་རྒྱུད་ཀྱི་ཆ་ཁྱུལ་གང་དུ་ཆགས་ཡོད་མིན་ལ་རག་ལས་ཤིང་། ཕྲ་ཕུང་དེ་དག་ལ་རང་དང་ཉེ་འཁོར་སུ་འཁོད་པའི་ཕྲ་ཕུང་དག་གི་ས་ནས་དུས་ཚིགས་ཐ་དད་ལ་གཏུགས་པའི་གཟར་གཤིས་རང་བཞིན་གྱི་བརྡ་འཕྲིན་འཚོར་གྱི་ཡོད། ཕྲ་ཕུང་བྱེ་བྲག་པ་སོ་སོ་ནས་སྦུ་གུ་དེའི་ཆ་ཁྱུལ་གང་དུ་འཁོད་མིན་ལ་གཞིགས་ཏེ། རང་ལ་འཚོར་རྒྱུའི་བརྡ་འཕྲིན་དེ་དག་ཡང་ན་སྦུ་གུའི་སྙིང་ངོས་ཀྱི་ཕྱི་ཤུན་ནས་འོང་རྒྱུ་རེད་ལ། ཡང་ན་དེའི་འོག་ངོས་ཀྱི་སྐལ་ཐིག་ནས་སམ། ཡང་ན་དེའི་ངོས་ལྷག་མ་གཞན་གཉིས་པོའི་དུམ་ཆ་དག་ནས་འོང་རྒྱུ་རེད། གཟར་གཤིས་རང་བཞིན་གྱི་བརྡ་འཕྲིན་འདི་དག་ནང་ཕན་ཚུན་སྦྲེལ་སྦྱོར་བྱེད་པའི་མཇུག་འབྲས་ཀྱི་ཁོངས་སུ། དཔེར་ན་མ་འོངས་པར་འགྲུབ་རྒྱུའི་རྒྱུངས་པ་ལ་ཆ་མཚོན་ན་དབང་རྩའི་སྦུ་གུ་ཡི་འོག་ངོས་སུ་ཆགས་པའི་འགུལ་སྐྱོད་སློང་བའི་དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་རྣམས་དང་། ཡང་སྦུ་གུ་དེའི་སྙིང་ངོས་སུ་ཆགས་པའི་དབང་ཚོར་འབྲེལ་བའི་དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་རྣམས་ཀྱི་འཚར་འཕེལ་རྒྱུད་རིམ་བཅས་ཚུད་ཡོད།

དེ་ལ་རྒྱུངས་པ་ནི་དབང་རྩའི་སྦུ་གུའི་ནང་འཚར་འཕེལ་བྱེད་ལ། དེ་ཡང་སྦུ་གུ་དེའི་ནང་གི་ཁུད་ཆགས་དབང་རྩའི་ས་བོན་ཕྲ་ཕུང་དུ་འབོད་པའི་(བརྡ་ཆད་འདིའི་ germ ཞེས་པ་ས་བོན་ལ་འཇུག་པ་དང་། neuro ཞེས་པ་དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་དང་། epithelium ཞེས་པ་དངོས་པོ་ཅི་རུང་བའི་ཕྱི་ངོས་སུ་ཆགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་ལ་འཇུག)མ་རྐང་ཕྲ་ཕུང་གི་ཆགས་རིམ་དམིགས་བཀར་བ་ཞིག་ལས་འགྲུབ་ཀྱི་ཡོད། དེ་ལ་མ་རྐང་ཕྲ་ཕུང་དག་ནི་རང་ཉིད་ཕྲ་ཕུང་གི་རིགས་མི་འདྲ་བ་སྣ་ཚོགས་སུ་འགྱུར་རུང་བའི་ཕྲ་ཕུང་དག་ཡིན་ལ། དེ་ལས་གཞན་མ་རྐང་མིན་པའི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ནི་རྟག་ཏུ་སྐྱིད་བྱེད་ཕྲ་ཕུང་གང་ཡིན་པ་དེ་དང་བྱེད་ལས་གཅིག་མཚུངས་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་གཉིས་རང་དུ་འགྱེ་འགྱུར་བྱེད་པ་དག་ལ་ཟེར་བ་རེད།

The germinal neuroepithelium cells divide quickly within the embryonic neural tube. Cells resulting from these rapid divisions migrate around the tube to form a new layer of cells that thickens with yet more cells arising from the stem cells. Cells in this new thick layer differentiate into neurons and their supporting cells. These neurons are coated by protective proteins provided by their supporting cells and begin to extend projections and make connections among themselves.

Recall from NSI the parts of the brain (Figure 21). The cerebellum and cerebrum of our brains develop in a similar layered fashion as the spinal cord, combining stem cells dividing and their daughter cells migrating, differentiating and occasionally dying in a controlled fashion—all to form

IN DEPTH: THE POSSIBILITIES OF STEM CELLS

Stem cells are cells that have potential to become many other types of cells. As we've seen, as cells move through development in time, they become 'in-creasingly differentiated', until eventually they are determined and their function becomes set. During this process stem cells move from being totipotent (able to differentiate into any kind of cell) to pluripotent (able to differentiate into a more lim-ited number of cell types) and eventually to determined (no longer able to differentiate). This process turns out not to be true for all cells. Some cells maintain their identity as plu-ripotent stem cells in case they are needed later for repair or re-placement within damaged tis-sues. If for example, your brain sustains damage, neural stem cells can move in and then dif-ferentiate into the particular cell type that needs replacing. Many people are excited about the potential medical benefit of stem cells. What if, for ex-ample, we could take totipotent stem cells or pluripotent neural stem cells and transplant them into a person who is paralyzed. Perhaps these cells could differ-entiate into the person's missing cells, re-establishing their broken nervous system and al-lowing them to move and walk once again. Experiments and ideas like these are currently be-ing explored, although they are fraught with ethical issues.

interacting layers of neurons that grow axons and make connections among neurons. Neurons' growth involves their traveling down 'tracks' of **glial cells** to their destinations. Neural activity typical of humans is first seen in neurons at about 7 months after fertilization. All of this central nervous system development happens in an organized way in time and space; however, the organization is plastic and varies with environmental affects both before and after birth.

Growth of the cerebrum, especially the neocortex, which includes the highest functions of human thought, continues at the same high speed and with the same plasticity for at least a year after birth in humans. And neural plasticity and growth continue until old age and death.

Millions and millions of neurons are produced within the central nervous system during human development. Again, depending on their immediate environments in the neural tube, stem cells on the lining of the tube differentiate into diverse types of neurons and glial cells. From their cell bodies, neurons grow extensions called dendrites (Figure 22) and axons,

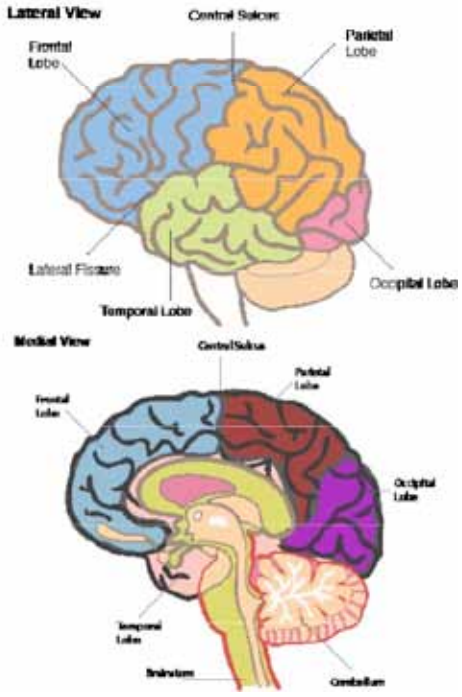


Figure 21: A side (above) and medial (below) view of the human brain, with lobes illustrated in differ-ent colors.

དེ་ཡང་། ཁྱད་ཆགས་དབང་རྩའི་ས་བོན་ཕྲ་ཕྲུང་རྣམས་མིའི་མངལ་གནས་ཀྱི་དབང་རྩའི་སྦུ་གུའི་ནང་སྦུག་ཏུ་སྨུར་པོའི་ངང་བགོ་འགྱུར་ཐེབས་ཀྱི་ཡོད་ལ། འདི་ལྟར་དུ་སྨུར་པོར་བགོ་འགྱུར་ཐེབས་པའི་མཇུག་འབྲས་སུ་ཐོན་པའི་ཕྲ་ཕྲུང་རྣམས་སྦུ་གུ་དེའི་མཐའ་འཁོར་དུ་གནས་སྤོར་བྱས་ཏེ་དེར་ཕྲ་ཕྲུང་གི་ཆགས་རིམ་གསར་པ་ཞིག་འགྲུབ། དེར་མ་ཟད་མ་རྐང་ཕྲ་ཕྲུང་དེ་དག་ལས་ཐོན་པའི་ཕྲ་ཕྲུང་འཕར་མ་འབྱུང་རིམ་བཞིན་གོང་གསལ་ཆགས་རིམ་དེར་འདུས་པས། དེ་ཉིད་སྟུར་བས་ཇེ་མཐུག་ཏུ་འགྱུར། དེ་ནས་མཐུག་ལ་གསར་བའི་ཆགས་རིམ་འདིའི་ནང་གི་ཕྲ་ཕྲུང་རྣམས་རིམ་གྱིས་དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་ཀྱི་རིགས་སོ་སོར་དང་། དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་ལ་གཞོགས་འདེགས་བྱེད་པའི་ཕྲ་ཕྲུང་གི་ངོ་བོ་སོ་སོར་ཕྱེད་པར་འགྱུར། གཞོགས་འདེགས་བྱེད་པའི་ཕྲ་ཕྲུང་དག་ལས་ཐོབ་པའི་སྲུང་བྱེད་སྲི་རྫས་དག་གིས་དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་འདི་དག་ཕྱི་ནས་གཡོགས་ཡོད་པས། འདི་དག་ལས་ནར་གཟུགས་ཕྲ་མོའི་རིགས་འབུས་ཏེ་དེ་དག་ཕན་ཚུན་ལ་མཚམས་སྦྱོར་བྱེད་དོ།།

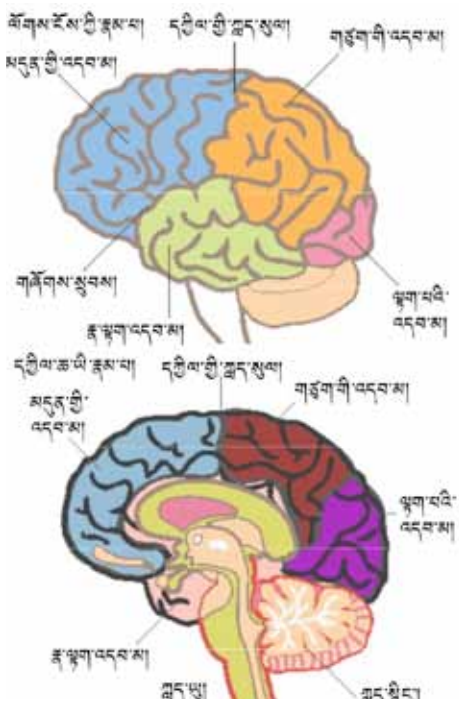
འདིར་དབང་རྩ་ཅན་རིག་གི་སྟོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་དང་པོའི་ནང་གླེང་ཟིན་པའི་ཀླད་པའི་ཆ་ཤས་(དཔེ་རིས། ༡༧)དག་ལ་ཕྱིར་དྲན་བྱེད་འོས། ང་ཚོའི་ཀླད་པའི་ཆ་ཤས་སུ་གྱུར་པ་ཀླད་སྙིང་དང་ཀླད་ཆེན་དག་འཚར་འཕེལ་བྱེད་ཚུལ་ནི་རྒྱུངས་པ་ཇི་ལྟ་བ་བཞིན་ཆགས་རིམ་དུ་མ་བརྩེགས་པའི་སྒོ་ནས་འགྲུབ་ལུགས་ནི་འདིར་ཡང་གཅིག་མཚུངས་ཡིན། དེ་ཡང་མ་རྐང་ཕྲ་ཕྲུང་རྣམས་འགྱེ་འགྱུར་ཐེབས་དང་དུས་མཚུངས་སུ་དེ་དག་གི་ན་ཆུང་ཕྲ་ཕྲུང་རྣམས་ཕྱོགས་སོ་སོར་གནས་སྤོར་བྱེད་པ་དང་། དེ་དག་རིགས་སོ་སོར་ཕྱེད་པ། མཐར་སྣངས་འཛིན་ལྡན་པའི་ངང་འཆི་ཚུལ་བཅས་ནི་འདིར་ཡང་ཚང་ཡོད། བྱེད་རིམ་འདི་ཀུན་ལ་བརྟེན་ནས་ནང་ཕན་ཚུན་སྦྲེལ་སྦྱོར་བྱེད་བཞིན་པའི་དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་ཀྱིས་གྲུབ་པའི་ཆགས་རིམ་རིམ་པ་མང་པོ་དེ་འདྲ་འགྲུབ་ཅིང་། ཆགས་རིམ་དེ་དག་གིས་བརྡ་སྐྱེལ་རྩ་ཕྲན་དུ་མ་སྐྱེད་སྤོང་བྱེད་པ་དང་། དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་ཕན་ཚུན་སྦྲེལ་ཅིང་མཐུད་པར་ཡང་བྱེད། དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་དག་གི་འཚར་སྐྱེའི་བརྒྱུད་རིམ་ནང་དེ་དག་འབྱར་སྐྱི་ཕྲ་ཕྲུང་ལས་གྲུབ་པའི་འཕྲང་ལམ་བརྒྱུད་དེ་རང་རང་གི་འགྲོ་ཡུལ་དུ་བཞུད་པའི་བྱ་བ་དེའང་ཚུད་ཡོད། མིའི་ལུས་ཕུང་ནང་རྙེད་པའི་དབང་རྩའི་བྱ་གཞག་དེ་འདྲ་ནི་ས་བོན་འདྲེས་སྦྱོར་གྲུབ་རྗེས་ཟླ་བ་བདུན་གྱི་མཚམས་སུ་དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་སྟེང་ཐོག་དང་པོར་མཐོང་རྒྱུ་ཡོད་པ་རེད། ལྟེ་བའི་དབང་རྩ་མ་ལག་གི་འཚར་འཕེལ་རྒྱུད་རིམ་འདི་ཀུན་དུས་ཀྱི་རྒྱུན་ཐག་དང་ཡུལ་གྱི་གོ་སའི་ཁྲིད་གོ་རིམ་ལྡན་པའི་ངང་འགྲུབ་ཀྱི་ཡོད་མོད། དེ་ལྟ་ནའང་བྱིས་པ་མ་བཙས་པའི་གོང་དང་། བཙས་པའི་རྗེས་གཉིས་ཀར་གོ་རིམ་དེ་ཉིད་འགྱུར་ཁ་སྐྱེན་པོའི་རང་བཞིན་དུ་གནས་ཤིང་། དེར་ཐོག་པའི་ཁོར་ཡུག་གི་ཤུགས་རྐྱེན་ཡང་སྐབས་སོ་སོར་རྣམ་པ་མི་འདྲ་བ་ཡོད་པ་རེད།

ཀླད་ཆེན་སྤྱི་དང་ལྷག་པར་ཀླད་ཤུན་གསར་མ་སྟེ། མིའི་བསམ་བློའི་བྱེད་ལས་རྟོག་འཛིན་ཆེ་ཤོས་རྣམས་ཚུད་སའི་ཆ་ཤུལ་བཅས་ཀྱི་འཚར་སྐྱེའི་བྱ་བ་ནི། བྱིས་པ་ཕྱིར་བཙས་རྗེས་སུ་མ་མཐར་ད་དུང་ལོ་ངོ་གཅིག་རིང་སྟེང་གི་མགྱོགས་ཚད་མཐོ་ལ་འགྱུར་ཁ་ཡང་བའི་ཚད་གཞི་གཅིག་མཚུངས་དེ་རང་དུ་མུ་མཐུད་དུ་གནས་ལ། སྤྱིར་ན་དབང་རྩའི་འགྱུར་གཤིས་དང་འཚར་སྐྱེའི་རང་བཞིན་བཅས་པ་དོ་བདག་སྐྱེ་བོ་དེ་ལོ་ན་མ་རྒས་ཀྱི་བར་དང་མ་ཤི་བའི་བར་མུ་མཐུད་དུ་གནས་པ་རེད།

མིའི་འཚར་འཕེལ་བརྒྱུད་རིམ་ཁྲོད་ལྟེ་བའི་དབང་རྩ་མ་ལག་ནང་དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་ས་ཡ་དང་ས་ཡ་མང་པོ་སྐྱེད་འདོན་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། འདིར་ཡང་། དབང་རྩའི་སྦུ་གུའི་ནང་གི་ཐད་ཀའི་ཁོར་ཡུག་ལ་གཞིགས་ཏེ་སྦུ་གུ་ནང་ངོས་སུ་ཆགས་པའི་མ་རྐང་ཕྲ་ཕྲུང་དེ་རྣམས་དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་དང་འབྱར་སྐྱི་ཕྲ་ཕྲུང་བཅས་ཀྱི་རིགས་སྣ་ཚོགས་ཀྱི་རྣམ་པར་ཕྱིར་འཐོན་པ་རེད། དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་འདི་དག་གི་སོ་སོའི་ཕྲ་ཕྲུང་གི་ལུས་དག་ནས་བརྡ་ལེན་རྩ་ཕྲན་(དཔེ་རིས། ༡༣) ཞེས་པ་དང་། གོང་དུ་བསྟན་པའི་བརྡ་སྐྱེལ་རྩ་ཕྲན་དུ་འབོད་པའི་ནར་གཟུགས་ཀྱི་རྣམ་པ་དེ་འདྲ་ཕྱི་ཕྱོགས

གཏིང་ཚུགས་པའི་ལྟ་ཞིབ། མ་རྐང་ཕྲ་ཕྲུང་དག་ལ་བརྟེན་ནས་འགྲུབ་ཐུབ་པའི་སྲིད་ཕྱོད་ཁག

མ་རྐང་ཕྲ་ཕྲུང་དག་ནི་རང་ཉིད་ཕྲ་ཕྲུང་གི་རིགས་གཞན་མང་པོའི་ངོ་བོར་འགྱུར་ཐུབ་པའི་ཕྲ་ཕྲུང་རྣམས་ལ་ཟེར་བ་རེད། གོང་དུ་ང་ཚོས་མཐོང་བ་བཞིན། མ་རྐང་ཕྲ་ཕྲུང་རྣམས་དུས་ཀྱི་རྒྱུན་ཐག་ཁྲིད་འཚར་འཕེལ་བརྒྱུད་བཞིན་དུ་རང་རང་གི་བྱེད་ལས་དང་ངོ་བོ་གཏན་ཁེལ་མ་བྱུང་བར་དེ་དག་ཕྲ་ཕྲུང་གི་རིགས་མི་མཚུངས་པ་ཏ་ཅང་མང་པོར་ཕྱེད་འགྲོ་བ་རེད། བྱེད་རིམ་འདིའི་རིང་མ་རྐང་ཕྲ་ཕྲུང་རྣམས་ཐོག་མར་"ཀུན་འགྱུར་ནུས་པའི་"(ཕྲ་ཕྲུང་གི་རིགས་ཅི་རིགས་པའི་ངོ་བོར་འཕོ་ཐུབ་པ)ངོ་བོར་དང་། དེ་རྗེས་"མང་འགྱུར་ནུས་པ"(ཕྲ་ཕྲུང་གི་རིགས་ངེས་བཟུང་མང་ཙམ་ཞིག་གི་ངོ་བོར་འཕོ་ཐུབ་པ)དང་། མཐར་"གཏན་ཁེལ་བའི་"(ཕྲ་ཕྲུང་གཞན་དུ་འཕོ་མི་ཐུབ་པ)ངོ་བོར་འཕོས་འགྲོ ཨོན་ཀྱང་འདི་ལྟའི་འགྱུར་འགྲོས་རྒྱུད་རིམ་ནང་ཕྲ་ཕྲུང་ཡིན་ནོ་ཅོག་བརྒྱུད་དགོས་པ་དེ་འདྲ་མིན། དེ་ལ་ཕྲ་ཕྲུང་འགའ་རེ་ནི་"མང་འགྱུར་"གྱི་ངོ་བོར་རྒྱུན་ཆུགས་སུ་གནས་ནས་ད་གཟོད་ཕྱུང་གྲུབ་ལ་བཟོ་བཅོས་དགོས་པའམ། ཡང་ན་ཚབ་བསྒྲིག་དགོས་པའི་སྐབས་དག་ཏུ་དོན་གོ་འཕེར་བར་འགྱུར། དེ་ཡང་དཔེར་མཚོན་ནས་བཤད་ན། གལ་ཏེ་ཁྱེད་ཀྱི་ཀླད་པར་རྨས་སྐྱོན་ཞིག་ཐོག་ན། དབང་རྩའི་མ་རྐང་ཕྲ་ཕྲུང་དེ་འདྲ་རྨས་སྐྱོན་ཡོད་སར་འཐོར་ཏེ། དེར་ཆབ་པོ་དགོས་པའི་ཕྲ་ཕྲུང་གི་རིགས་དེ་དང་དེའི་ངོ་བོར་ཕྲ་ཕྲུང་དེ་དག་སོ་སོ་ནས་ཕྱེད་འགྲོ་བ་རེད། དེས་ན་མ་རྐང་ཕྲ་ཕྲུང་དག་ལས་སོན་ཐུབ་པའི་སྨན་དཔྱད་དགེ་མཚན་སྐོར་བསམ་བློ་འཁོར་སྐབས་སྐྱེ་བོ་མང་པོར་སྤྲོ་སྣང་འབྱུང་གི་ཡོད། དཔེར་ན་དེང་ཚེས་"ཀུན་འགྱུར་ནུས་པའི་མ་རྐང་ཕྲ་ཕྲུང་"ངམ། ཡང་ན་"མང་འགྱུར་ནུས་པའི་དབང་རྩའི་མ་རྐང་ཕྲ་ཕྲུང་"དེ་འདྲ་ཁྱེར་ཏེ་སྲིབ་སྐྱོན་ཐོག་པའི་སྐྱེ་བོའི་ལུས་ནང་སྤོ་འཛུགས་བྱས་ཆེ་ཅི་ཞིག་འབྱུང་སྲིད་དམ། ཕལ་ཆེར་ཕྲ་ཕྲུང་དེ་དག་སྐྱེ་བོ་དེར་ཆད་པའི་ཕྲ་ཕྲུང་དག་གི་ངོ་བོར་ཕྱེད་དེ། རྨས་སྐྱོན་ཐོག་པའི་དབང་རྩ་མ་ལག་བསྐྱར་གསོ་ཐུབ་ནས་སྐྱེ་བོ་དེ་སྔར་ཡང་འགུལ་བསྐྱོད་ཐུབ་ཅིང་གོམ་བགྲོད་ནུས་པར་འགྱུར་ཤས་ཆེ། རིག་པ་དང་བརྟག་དཔྱད་ཀྱི་རྣམ་པ་འདི་རིགས་ལ་དེང་གི་ཆར་དབྱེ་ཞིབ་ཚོད་ལྟ་བྱེད་མུས་ཡིན་ཡང་། དེ་དག་དང་འབྲེལ་བའི་བཟང་སྤྱོད་བླང་དོར་གྱི་རྩོད་གཞི་མང་དག་ཅིག་ཀྱང་འབྱུང་བཞིན་ཡོད།



དཔེ་རིས། ༡༧ ཀླད་པའི་འདབ་མ་སོ་སོར་ཚོན་མདངས་མི་འདྲ་བ་བྱུགས་ཏེ་མཚོན་འགྲེལ་བྱས་པའི་མིའི་ཀླད་པའི་ལོགས་ངོས་(གོང་གི་དཔེ་རིས།)ཀྱི་རྣམ་པ་དང་དཀྱིལ་ཆ་(འོག་གི་དཔེ་རིས།)ཡི་རྣམ་པ།

referred to above, that communicate via electrical signals with other neurons. While at birth neurons tend to have few dendrites, in the first year of life cortical neurons, for example, develop an average of 10,000 new dendritic connections and sometimes as many as 100,000. This represents a vast growth in cell surface area and cell-to-cell interactions and is vital for the stunning higher functions of the human brain: memory, reasoning, art, meaning, and interpretation.

Axons are like dendrites but extend much farther from the main neuron cell body. In the dramatic case of the squid neuron, axons can be several feet long. Axons search out their connections using an exploratory mechanism that looks strikingly similar to how single-celled slime molds go about finding each other during aggregation following starvation. Compare the videos of the aggregating slime molds and the searching axon http://www.youtube.com/watch?v=_1zGQHrvoRo&feature=related. So, you shouldn't be surprised that the cellular and molecular phenomena involved in the two processes are similar: both the **neural growth cone** (the end of the axon) and the slime mold cell are following gradients of chemicals, both have receptors on their surfaces to receive signals and pass them on through cascades inside the cell to alter cell movement and response via, for example, the cytoskeletal components that allow the cells to move.

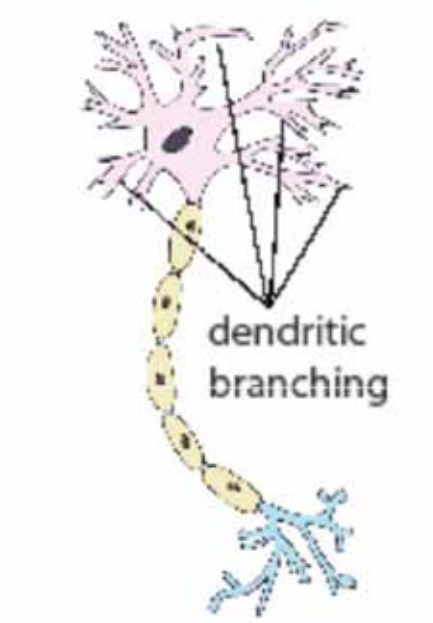


Figure 22: A nerve cell. Neurons grow extensions called dendrites. Many have another long process known as an axon.

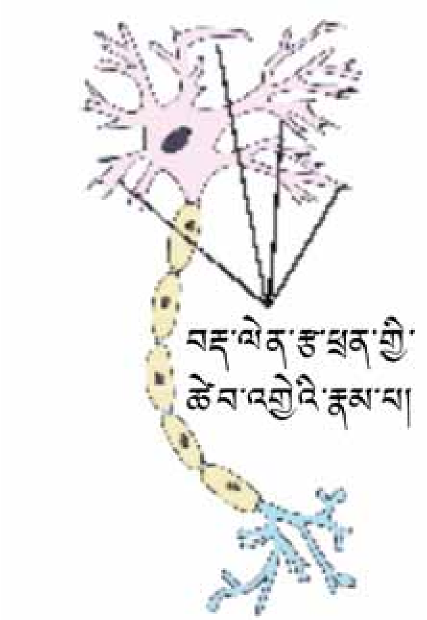
Nerve development depends on the gradients described above and the response to them, as well as on genes encoding the molecules that produce and respond to the gradients. In addition, neural connections are often made or not depending on the experiences of the organism during specific developmental windows of time. Whereas, neural fine-tuning and readjustment of connections made during development can continue to be altered by experience throughout life, early experiences are especially important.

For example, experiments in rodents have shown that the diversity and frequency of sounds a mouse pup hears when it is very young affect the very shape of the auditory cortex, the part of the brain involved in hearing (Figure 23).

Once neural connections are made, the neurons are wrapped in cell-protein insulation via a process called myelination. Schwann cells surround the axons and dendrites and wrap them up. Myelination protects the neurons, increases their speed of information transmission, and supports repair of any nerve cell damage.

Figure 23: The auditory cortex is part of the brain involved in hearing. This is a human brain; the auditory cortex of a mouse is discussed in the text.

As we mentioned above and will discuss in more detail in future Neuroscience Primers, your nervous system, especially the brain, changes and makes new neuronal connections all throughout your life. In other words, your brain, in a way, never stops developing, and changing.



དཔེ་རིས། ༡༡ དབང་རྩའི་ཕྲ་ཕུང་ཞིག་དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་དག་ལ་བརྡ་ལེན་རྩ་སྣན་དུ་འཕོད་པའི་རྒྱུང་ལག་དེ་འདྲ་སྐྱེ་ཞིང་། དེར་མ་ཟད་དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་དེ་དག་མང་པོ་ཞིག་ལ་དེ་ལས་གཞན་བརྡ་སྐྱེལ་རྩ་སྣན་དུ་འཕོད་པ་སྟེ་མ་ལས་ཀྱང་རིང་བའི་ནར་གཟུགས་དེ་འདྲའང་ཐོགས་ཡོད།

སུ་འཚར་སྐྱེ་བྱེད་ལ། འདི་དག་གིས་གློག་འགྱུར་བརྡ་འཕྲིན་གྱི་ལམ་ནས་དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་གཞན་དང་ལྷན་དུ་བརྡ་ལན་སྤྲོད་ལེན་བྱེད་པ་རེད། དེ་ཡང་བྱིས་པ་ཕྱིར་བཙའ་སྐབས་དེའི་དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་སོ་སོར་བརྡ་ལེན་རྩ་སྣན་ཞུང་ངུ་ལས་མེད་ཙང་། བཙས་ནས་ལོ་ན་གཅིག་ལོན་མཚམས་སུ་དཔེར་ན་སྐད་ཤུགས་དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་ལྟ་བུར་མཚོན་ན་དེ་རེ་རེར་ཆ་སྙོམས་སུ་བརྡ་ལེན་རྩ་སྣན་གྱི་མཐུད་ཀ་གསར་པ་ ༡༠༠༠༠ འབུས་ཡོད་པ་དང་། སྐབས་འགར་དེ་ལས་མང་བ་ ༡༠༠༠༠༠ ཙམ་གྲུབ་ཡོད་པ་རེད། འདིས་ཕྲ་ཕུང་གི་ཕྱི་ངོས་རྒྱ་ཁྱོན་དང་། ཕྲ་ཕུང་ནས་ཕྲ་ཕུང་དབར་གྱི་སྦྲེལ་སྦྱོར་བྱེད་རིམ་བཅས་པ་རྒྱ་ཆེར་མཆེད་ཡོད་པ་མཚོན་པ་མ་ཟད། དེ་ལྟར་མཆེད་པ་འདི་དྲན་པ་དང་། གདན་ཚིགས་ཀྱི་བྱ་བ། སྒྱུ་རྩལ། གོ་དོན་སྦྱོར་བ། གློག་འཕྲུལ་བཅས་མིའི་སྐད་པའི་ཆེས་མཆར་འོས་པའི་མཐོ་རིམ་བྱེད་ལས་དག་ལ་ཧ་ཅང་གནད་ཆེ་བ་ཡིན།

དེ་ལ་བརྡ་སྐྱེལ་རྩ་སྣན་རྣམས་ནི་སྤྱིར་ན་བརྡ་ལེན་རྩ་སྣན་དག་དང་འདྲ་མོད། འོན་ཀྱང་དེ་དག་བརྡ་ལེན་རྩ་སྣན་ལ་ལྟོས་ཏེ་ཕྲ་ཕུང་གི་ལུས་ལྟེ་བ་ནས་ཕྱི་ཕྱོགས་སུ་རིང་བར་ནར་ནས་ཡོད། ཆེས་ངོ་མཚར་ཆེ་བའི་མཚོ་འབུ་རལ་ཟེང་གི་དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་ལ་མཚོན་ན། དེར་བརྡ་སྐྱེལ་རྩ་སྣན་འགའ་ཞིག་རིང་ཚད་ཕི་ཏེ་མང་པོ་ཡོད། དེ་ཡང་བརྡ་སྐྱེལ་རྩ་སྣན་དག་གིས་འཚོལ་རྟོག་ཐབས་བྱུས་ལ་བརྟེན་ནས་རང་གི་སྦྲེལ་སྣེ་འཚོལ་ལུགས་དེ་ནི་སྨུག་ཕུང་རྣམས་ལྷོགས་སྣང་གི་དུས་རིམ་བརྒལ་ཏེ་ཕན་ཚུན་འདུས་ཕུང་ངོ་བོར་འགྱུབ་པའི་དུས་རིམ་སྐབས་ཕྲ་ཕུང་ཆེག་ལྷན་གྱི་སྨུག་ཕུང་རྣམས་ཀྱི་ཕན་ཚུན་འཚོལ་ལུགས་དང་ཧ་ཅང་འདྲ་མཚུངས་སུ་ཡོད། འདུ་ཟུབ་བྱེད་བཞིན་པའི་སྨུག་ཕུང་དག་དང་འཚོལ་རྟོག་བྱེད་བཞིན་པའི་བརྡ་སྐྱེལ་རྩ་སྣན་གཉིས་འགྲེལ་མཚོན་བྱེད་པའི་གཤམ་གསལ་བརྙན་འཕྲིན་རྣམས་ཁྱེད་ཀྱིས་མཚུངས་བསྡུར་བྱེད་འཐུས། http://www.youtube.com/watch?y=1zGOHrvoRo&feature=related དེས་ན་བྱེད་རིམ་འདི་གཉིས་དང་འབྲེལ་བའི་ཕྲ་ཕུང་དང་འདུས་རྡུལ་རིམ་པའི་ཆ་ཤས་ཕན་ཚུན་འདྲ་མཚུངས་ཡོད་པ་འདིས་ཁྱེད་ངོ་མཚར་སྐྱུར་པ་ཅི་ཞིག་ཡོད་དེ་མེད་ལ། དེའི་རྒྱུ་མཚན་ནི་འདི་ལྟ་སྟེ། དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་ཀྱི་སྟེང་གཟུགས་སྣེ་མོ་ནར་རིང་དེ་(བརྡ་སྐྱེལ་རྩ་སྣན་གྱི་མདུག་སྣེ་)དང་སྨུག་ཕུང་ཕྲ་ཕུང་གཉིས་ཀས་རྫས་འགྱུར་གྱི་གཟར་གཞིས་རྣམ་པ་དག་ལ་རྗེས་འདེད་བྱེད་པ་མཚུངས་པའི་ཕྱིར་དང་། གཉིས་ཀར་རང་གི་ཕྱི་ངོས་སུ་སྣེ་ལེན་པ་ཡོད་པའང་མཚུངས་པའི་ཕྱིར། སྣེ་ལེན་པ་དག་གིས་བརྡ་འཕྲིན་ བླངས་ནས། དཔེར་ན་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་འགྱུལ་ཟུང་དུ་བྱེད་པའི་ཕྲ་ཕུང་སྒྲོམ་ལུས་ཀྱི་ཆ་ལག་ལྟ་བུ་བརྒྱུད་ཕྲ་ཕུང་གི་འགྱུལ་བསྐྱོད་དང་ཡ་ལན་སྤྲོད་ཚུལ་ལ་ཁ་སྒྱུར་གཏོང་ཆེད་ཕྲ་ཕུང་ནང་སྟུག་གི་འབབ་རྒྱུན་བརྒྱུད་བརྡ་འཕྲིན་དེ་རྣམས་གཏོང་བར་བྱེད།

དེ་ལ་དབང་རྩའི་འཚར་འཕེལ་ནི་གོང་དུ་འགྲེལ་བརྗོད་བྱས་པའི་གཟར་གཤིས་རྣམ་པ་རྣམས་དང་། རྣམ་པ་དེ་དག་ལ་འཕྲད་པའི་ཡ་ལན་གྱི་རྣམ་པ་བཅས་ལ་རག་ལས་པར་མ་ཟད། གཟར་གཤིས་རྣམ་པ་དེ་དག་བསྐྲིད་ཅིང་། དེ་དག་ལ་ཡ་ལན་སྤྲོད་པའི་འདུས་རྡུལ་དག་གི་གསང་བརྡ་སྒྲིག་མཁན་གྱི་རིགས་རྫས་རྣམས་ལའང་རག་ལས་ཡོད། དེར་མ་ཟད། འཚར་འཕེལ་བརྒྱུད་རིམ་ཁྲོད་ཀྱི་དམིགས་བཀར་དུས་ཚིགས་སོ་སོར་དངོས་བདག་སྐྱེ་ལྡན་དེར་འཕྲད་པའི་མྱོང་བ་དེར་གཞིགས་ནས་དབང་རྩའི་འབྲེལ་མཐུད་དེ་འདྲ་སྐབས་རེ་འགྲུབ་ལ། ཡང་སྐབས་རེ་མ་འགྲུབ་པ་ཡང་ཡོད། སྤྱིར་ན་འཚར་འཕེལ་བརྒྱུད་རིམ་ཁྲོད་འགྲུབ་པའི་དབང་རྩའི་འབྲེལ་མཐུད་དག་ལ་རྩེ་ཟུར་འདོན་པ་དང་བསྐྱར་སྒྲིག་བྱེད་པ་བཅས་ལ་མི་ཚེ་གང་པོར་སྒྲོང་བས་ཟླ་མཐུད་དུ་ཁ་སྒྱུར་གཏོང་བ་སྲིད་མོད། འོན་ཀྱང་འདི་ཐད་འགོ་མའི་སྒྲོང་བ་རྣམས་དམིགས་བཀར་གྱིས་གནད་ཆེ།

དཔེར་ན། ཅིག་སོ་ཅན་གྱི་སྲོག་ཆགས་ལ་བསླབས་པའི་བརྟག་དཔྱད་དབྱེ་ཞིབ་དག་གིས་གསལ་སྟོན་བྱས་པ་ཞིག་ལ། ཅི་ཅིའི་ཕྲུ་གུ་ཞིག་གིས་རང་ཉིད་ཧ་ཅང་ཆུང་དུས་སུ་གོ་བའི་སྐད་ཀྱི་རྣམ་གྲངས་དང་ཐློས་ཕྱོད་བཅས་ཀྱིས་དེའི་ཐོས་ཚོར་གྱི་ཤུགས་སྣེ། ཐོས་ཚོར་དང་འབྲེལ་བའི་སྐད་པའི་ཆ་ཤས་(དཔེ་རིས། ༡༡)གྱི་བཟོ་བཀོད་རང་ལ་ཤུགས་རྐྱེན་བཟོ་ཡི་ཡོད།

དཔེ་རིས། ༡༢ ཐོས་ཚོར་གྱི་ཤུགས་ནི་ཐོས་ཚོར་དང་འབྲེལ་བའི་སྐད་པའི་ཆ་ཤས་ཤིག་རེད། འདིར་གསལ་བ་ནི་མིའི་སྐད་པའི་རྣམ་པ་ཞིག་ཡིན། ཅི་ཅིའི་ཐོས་ཚོར་གྱི་ཤུགས་སྐོར་གྱི་འགྲེལ་བཤད་ནི་བཤད་པའི་དཀྱུས་སུ་གསལ་ཡོད།

དབང་རྩའི་མཐུད་སྦྱོར་རྣམས་ལན་ཅིག་གྲུབ་ཙ་ན། བད་ཤུགས་འགྲུབ་རིམ་དུ་འཕོད་པའི་བྱེད་རིམ་ཞིག་བརྒྱུད་ནས་དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་རྣམས་ཕྲ་ཕུང་དང་སྦྲི་རྫས་ཀྱིས་གྲུབ་པའི་བར་འཚང་ནང་དུ་འཕྲུམས་པར་གྱུར་ལ། དེ་ཡང་ཤུགས་ཕྲ་ཕུང་དག་གིས་བརྡ་སྐྱེལ་དང་བརྡ་ལེན་རྩ་སྣན་རྣམས་མཐའ་ནས་བསྐོར་གྱིན་དུ་དེ་དག་འཕྲུམས་པར་བྱེད། དེ་ལ་བད་ཤུགས་འགྲུབ་རིམ་བྱེད་རིམ་གྱིས་དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་རྣམས་སྲུང་ཞིང་སྐྱོབ་པར་མ་ཟད། དེ་དག་གི་འཕྲིན་གཏོང་མྱུར་ཚད་མཐོར་འདེགས་བྱེད་པ་དང་། དབང་རྩ་ཕྲ་ཕུང་ལ་ཕོག་པའི་ཞམས་སྐྱོན་གྱི་རྣམ་པ་ཅི་རིགས་པའི་གསོ་བཅོས་ཀྱི་བྱ་བར་ཡང་རམ་འདེགས་བྱེད་དོ།།

དེང་ཚོས་གོང་དུ་གླེང་ཟིན་པ་དང་མ་འོངས་པར་ཡང་དབང་རྩ་ཚན་རིག་གི་སྟོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་ནང་གླེང་བར་འགྱུར་བ་བཞིན། དེང་ཚེའི་དབང་རྩ་མ་ལག་སྤྱི་དང་། ལྷག་པར་སྐད་པ་བཅས་ནི་མི་ཚེ་གང་པོར་ཟླ་མཐུད་དུ་འགྱུར་བཞིན་དུ་གནས་པར་མ་ཟད། དབང་རྩའི་མཐུད་སྦྱོར་གསར་པ་ཡང་ཟླ་མཐུད་དུ་སྐྱེ་བཞིན་དུ་གནས་ལ། འདི་ཉིད་ཕྱོགས་གཞན་

This so-called neuroplasticity has huge implications for development, for explaining how meditation can change the brain and for many other phenomena at the borders of Buddhism and neuroscience, borders His Holiness the Dalai Lama is exhorting western and eastern practitioners to explore.

BACK TO CELL DEATH IN NERVOUS SYSTEM DEVELOPMENT

Do you and your brain neurons remember that we started this conversation about brain development with a discussion of cell death? And remember our conversation of cell death started with the programmed cell death that occurs in the stalks of slime mold and continued to include harmless cell death in humans. This cell death process, known as apoptosis, also occurs in brain development; for example, cells are programmed to die early in the neural tube, and if this does not happen the result can be severely misshapen nervous systems, and even death of the developing person.

Another particularly intriguing example of apoptosis occurs during development as the axons and dendrites make their millions of connections to other neurons. Early in development, the neurons form large trees of dendrites and many axon links. Then, depending on which connections get made and used (which partly depends on experiences the organism has during this developmental time), the dendrites are pruned back and axon projections are decreased. Cells that do not make productive contacts with their target neurons, signal themselves to die. Other cells that are making redundant contacts are pruned back. Much like organisms fighting for survival, neurons compete for connections and territory.

In this way, the brain develops and fine-tunes itself in sync with the environment. This makes sense in that our brain genes and other brain molecules make connections *in collaboration with* the environment. This allows the brain to be adaptable and flexible and in conversation with the environment. The brain's very development and future capacity is linked to what the brain is experiencing as it develops; the brain is still flexible after development; it can still change, but the capacity limits for what can be built are laid down during this developmental foundation building.

So, you see the importance of living cells and of *dying* cells. It is just as important that, during development, the right cells die as it is that the right cells live. If cells don't cut back their connections and if other cells don't die as appropriate, the results can be profound, resulting in serious neurological defects.

ཞིག་ནས་བཤད་ན། ངེད་ཚོའི་ཀླད་པས་ནི་དུས་ནམ་ཡང་རང་གི་འཚར་འཕེལ་བྱ་བ་མཚམས་མི་འཇོག་ཅིང་། འགྱུར་བ་འགྲོ་རྒྱུར་ཡང་མཚམས་མི་འཇོག དབང་རྩའི་འགྱུར་གཤིས་སུ་འབོད་པ་འདི་སྤྱིར་བཏང་འཚར་འཕེལ་བྱེད་རིམ་དང་ཏ་ཅང་འབྲེལ་བ་ཡོད་ལ། སྒོམ་ཉམས་ལེན་གྱིས་ཀླད་པར་འགྱུར་བ་ཇི་ལྟར་བསྐྱེད་མིན་ཐད་འགྲེལ་བཤད་རྒྱུག་རྒྱུར་ཡང་ཏ་ཅང་འབྲེལ་ཆེ། དེ་བཞིན་དུ་ནང་པ་སངས་རྒྱས་པའི་ཆོས་ཚུལ་དང་དབང་རྩ་ཚན་རིག་དབར་གྱི་སྦྲེལ་མཚམས་སུ་གཏོགས་པའི་གནས་དོན་མང་དག་ཅིག་ལའང་ཏ་ཅང་འབྲེལ་བ་ཡོད་ཅིང་། ༧གོང་ས་༧སྐྱབས་མགོན་ཏཱ་ལའི་བླ་མ་མཆོག་གིས་འཛམ་གླིང་ཤར་ནུབ་ཀྱི་ཉམས་ལེན་པ་རྣམས་ལ་གོང་གསལ་སྦྲེལ་མཚམས་དེ་དག་དང་འབྲེལ་བའི་འཆོལ་ཞིབ་བརྟག་དཔྱད་བསྒྲུབ་དགོས་པའི་སྐུལ་མ་གནང་གི་ཡོད།

དབང་རྩ་མ་ལག་གི་འཚར་འཕེལ་ཁྲོད་ཕྲ་ཕུང་གི་འཆི་བའི་གནས་དོན་ལ་ཕྱིར་ལོག་བྱེད་པ།

ཀླད་པའི་འཚར་འཕེལ་སྐོར་གྱི་གླེང་མོལ་འདི་ངེད་ཚོས་ཕྲ་ཕུང་གི་འཆི་བ་དང་སྦྲེལ་ནས་འགོ་བཙམས་པ་དེ་ཁྱེད་དང་ཁྱེད་ཀྱི་ཀླད་པའི་དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་དག་གིས་འདིར་དྲན་ནམ། མ་ཟད། ཕྲ་ཕུང་གི་འཆི་བ་དང་འབྲེལ་བའི་གླེང་མོལ་དེ་ཡང་སྨྱུག་ཕུང་གི་རྐྱེན་ལག་ཕྲ་ཕུང་དག་ལ་འཕྲད་པའི་འཆི་རིམ་གནས་དོན་ཏེ། དེ་ལྟར་སྔོན་ཚུད་ནས་འཆར་བཀོད་ཟིན་ཚུལ་གླེང་གཞིར་བྱས་ཏེ་འགོ་བཙམས་ཡོད་ལ། དེ་ནས་མཐར་མིའི་ལུས་ཕུང་ནང་བྱུང་བའི་ཕྲ་ཕུང་གི་འཆི་རིམ་གནས་དོན་ཏེ། དེས་དོ་བདག་མིའི་འགྲོ་བ་དེར་གནོད་སྐྱོན་གང་ཡང་མི་བྱེད་པའི་སྐོར་སྔ་མཐུད་དུ་གྲོས་སྡུར་བྱས་པ་ཡང་འདིར་དྲན་དགོས། རང་ཞིག་རིམ་པར་འབོད་པ་ཕྲ་ཕུང་གི་འཆི་བའི་བྱེད་རིམ་དེ་ཀླད་པའི་ནང་དུའང་འབྱུང་བ་ནི། དཔེར་ན། ཕྲ་ཕུང་རྣམས་དབང་རྩའི་སྦྲུ་གུའི་ནང་དུས་རིམ་སོ་སོའི་འགོ་སྟོད་དུ་འཆི་དགོས་པར་སྔོན་ཚུད་ནས་བཀོད་སྒྲིག་ཐེབས་པ་དང་། ཅི་སྟེ་དེ་ལྟར་མ་ཤི་ཚེ་དེའི་མཇུག་འབྲས་སུ་ཡན་ལག་ཆེས་ཉམས་པའི་དབང་རྩ་མ་ལག་དེ་འདྲ་སྐྱེ་བར་འགྱུར་བ་དང་། དེའི་དབང་གིས་འཚར་འཕེལ་བྱེད་བཞིན་པའི་སྐྱེ་བོ་དེ་རྐྱེན་ལམ་དུ་གྱུར་པའང་སྲིད་པ་བཅས་ལས་གསལ་བའི་ཕྱིར།

འཚར་འཕེལ་རྒྱུད་རིམ་གྱི་ས་ཚིགས་གང་དུ་བརྡ་སྐྱེལ་རྩ་ཕྲན་དང་བརྡ་ལེན་རྩ་ཕྲན་དག་གིས་དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་གཞན་ལ་མཐུད་སྦྱོར་ས་ཡ་མང་པོ་བཟོ་བའི་སྐབས་དེར་རང་ཞིག་རིམ་པའི་དམིགས་བཀར་མཚར་འོས་པའི་མཚན་གཞི་གཞན་ཞིག་གྲུབ་ཀྱི་ཡོད། དེ་ཡང་འཚར་འཕེལ་དུས་རིམ་གྱི་འགོ་སྟོད་དུ་དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་དག་ལས་བརྡ་ལེན་རྩ་ཕྲན་དུ་མ་ལྡན་པའི་སྟོང་ཆ་ཆེན་པོ་དེ་འདྲ་དང་། ཡང་བརྡ་སྐྱེལ་རྩ་ཕྲན་གྱི་མཐུད་ཐག་མང་པོ་དེ་འདྲ་འགྲུབ་ལ། དེ་རྗེས་གོང་གསལ་མཐུད་སྦྱོར་དེ་དག་ལས་གང་ཞིག་ལོ་ལག་རྫོགས་པར་གྱུར་ཅིང་སྤྱོད་སྒོར་ཞུགས་(འདི་བྱུང་བ་ནི་ཕྱོགས་ཙམ་འཚར་འཕེལ་དུས་རིམ་འདིའི་རིང་དོ་བདག་སྐྱེ་ལྡན་དེར་འཕྲད་པའི་མྱོང་བ་དག་ལ་རག་ལས་པ་རེད།) མིན་ལ་གཞིགས་ཏེ། བརྡ་ལེན་རྩ་ཕྲན་རྣམས་གཅོད་འབྲེག་ཐེབས་པར་འགྱུར་ལ། ཡང་བརྡ་སྐྱེལ་རྩ་ཕྲན་རྣམས་ཀྱི་གྲངས་འབོར་བསྡུང་བར་འགྱུར། རང་རང་གི་དམིགས་འབེན་དུ་གྱུར་པའི་དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་དག་དང་མཐུད་སྦྱོར་དགེ་བར་མི་འགྲུབ་པའི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་རང་གི་འཆི་བ་རང་ཉིད་ཀྱིས་སློང་ལ། ཕྲ་ཕུང་གཞན་གང་དག་གིས་དགོས་མེད་མཐུད་སྦྱོར་འགྲུབ་པ་དག་ལ་གཅོད་འབྲེག་ཐེབས། དེས་ན་སྐྱེ་ལྡན་རྣམས་འཚོ་གནས་ཆེད་འགྲན་རྩོད་བྱེད་ཚུལ་དང་ཆེས་འདྲ་བར། དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་དག་ཀྱང་མཐུད་སྦྱོར་དང་ས་ཁྱོན་ཆེད་འགྲན་རྩོད་ལ་ཞུགས་སོ།།

ཚུལ་དེ་ལྟར་དུ་ཀླད་པ་འཚར་འཕེལ་བྱེད་ཅིང་། ཁོར་ཡུག་གི་འགྲོས་དང་བསྟུན་ནས་ཀླད་པའི་ཁྱད་ཟུར་འདོན་པར་བྱེད། འདི་ལ་གནས་ལུགས་ཡོད་པ་ནི། ངེད་ཚོའི་ཀླད་པའི་རིགས་རྫས་དང་ཀླད་པའི་འདུས་རྟུལ་གཞན་དག་གིས་ཁོར་ཡུག་དང་ཟུང་འབྲེལ་སློས་མཐུད་སྦྱོར་གྱི་རྣམ་པ་སྐྲུན་པ་དེ་ལས་ཤེས་ཐུབ། གནས་སྟངས་འདིས་ཀླད་པ་བསྟུན་འགྱུར་བདེ་བ་དང་མཉེན་ལྕུག་ཅན་དུ་བཟོ་ཞིང་། རྟག་ཏུ་ཁོར་ཡུག་དང་ལྷན་དུ་གྲོས་མོལ་ལ་ཞུགས་པ་ཞིག་ཏུའང་བཟོ་བ་རེད། ཀླད་པའི་འཚར་འཕེལ་དང་། ཀླད་པའི་འབྱུང་འགྱུར་གྱི་ལས་ནུས་བཅས་ནི་ཀླད་པ་དེ་ཉིད་འཚར་འཕེལ་བྱེད་བཞིན་དུ་དེས་གང་མྱོང་ཞིང་ཚོར་བ་དག་དང་སྦྲེལ་ཡོད། ཀླད་པ་ནི་འཚར་འཕེལ་བྱུང་བའི་འོག་ཏུའང་མུ་མཐུད་དུ་ལྡེམ་པོར་གནས་ཤིང་། མུ་མཐུད་དུ་འགྱུར་རུང་དུ་གནས་ལ། འོན་ཀྱང་འཚར་འཕེལ་གྱི་རྨང་རྟེན་འདིང་བའི་དུས་རིམ་འདིའི་ནང་ཀླད་པའི་ཆ་གང་ཞིག་ཚོད་ཇི་ཙམ་དུ་འཕོ་འགྱུར་འགྲོ་བའི་ཚད་བཀག་གཏན་ལ་ཕབ་ཀྱི་ཡོད།

དེས་ན་འཆི་གསོན་གང་རུང་གི་མདུན་ལམ་བསྒོམས་ཐང་དང་འཕྲད་པའི་ཕྲ་ཕུང་སོ་སོའི་གལ་གནད་དེ་ཁྱེད་ཀྱིས་ད་ཚོད་མཐོང་ཡོད་གཤིས། འཚར་འཕེལ་རྒྱུད་རིམ་ནང་ཇི་ལྟར་གསོན་པར་འོས་པའི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་གསོན་དགོས་པ་གལ་ཆེ་ཡིན་པ་དེ་བཞིན་དུ། འཆི་བར་འོས་པའི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་འཆི་དགོས་པའང་གལ་ཆེ། གལ་ཏེ་ཕྲ་ཕུང་དག་གིས་རང་གི་མཐུད་སྦྱོར་རྣམ་གྲངས་འོས་འཚམ་ལྟར་བསྡུ་སྐྲུམ་མ་བྱས་པ་དང་། ཕྲ་ཕུང་གཞན་དག་འོས་འཚམ་བཞིན་དུས་ལྟར་ཤི་མ་ཐུབ་ཚེ། དེའི་མཇུག་འབྲས་སུ་དབང་རྩའི་ཉམས་སྐྱོན་ཚབས་ཆེ་ཡོག་ཆོག་པས་མཇུག་འབྲས་ལྡེ་མོ་འབྱུང་སྲིད།

We have focused here on development of the nervous system, because we have already explored this system in detail in the earlier Life Sciences primers and in the Neuroscience primers. But, of course, our bodies have many other functions and many other systems to perform those functions; while these other systems are connected to the nervous system, they are considered functionally separate. These other systems arise from the embryo and develop—from cells to tissues to organs—using the same basic principles and mechanisms as the nervous system. Look at Figure 24 (shown earlier as Figure 17) to see from which specific parts of the embryo those systems arise.

We have previously talked about several types of tissues and organs when we discussed touch and other parts of our sensory and nervous systems.

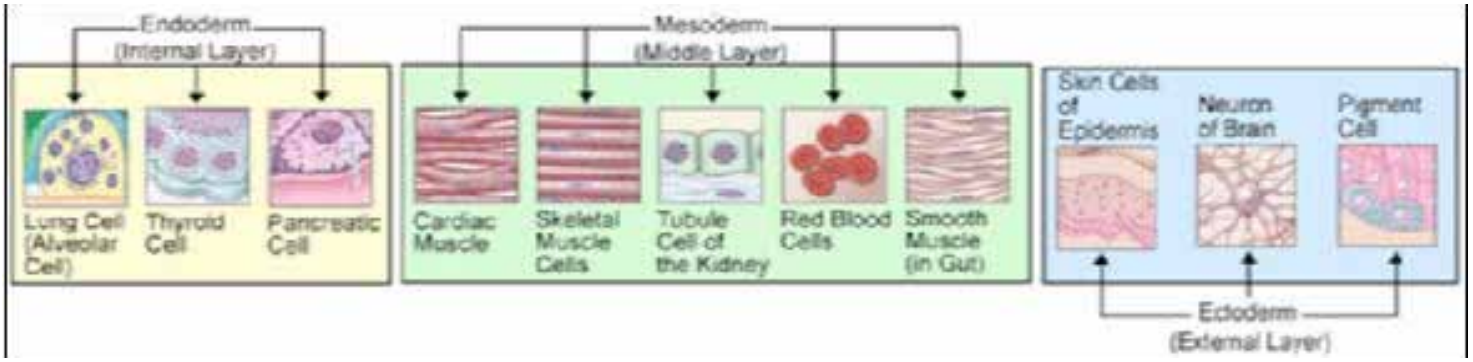


Figure 24: The three layers of the embryo give rise to different tissues and organ systems in the adult organism.

Think of the major functions your body performs. Figure 25 illustrates the organ systems of your body: (1) the nervous system we have already discussed that senses and regulates; (2) the skin that covers and protects; (3) the skeletal system that supports and protects; (4) the muscle system that allows movement and is vital to the heart and other internal organs; (5) the immune system to fight disease; (6) the cardiovascular system for transportation of materials (7) the respiratory system to supply oxygen to the body; (8) the endocrine system, another major regulator; (9) the digestive system to convert food to energy and waste; (10) the urinary system for monitoring blood chemistry and remove waste; and (11) the reproductive system to further our species.

Let's look at the different types of tissue that make up all these systems and organs.

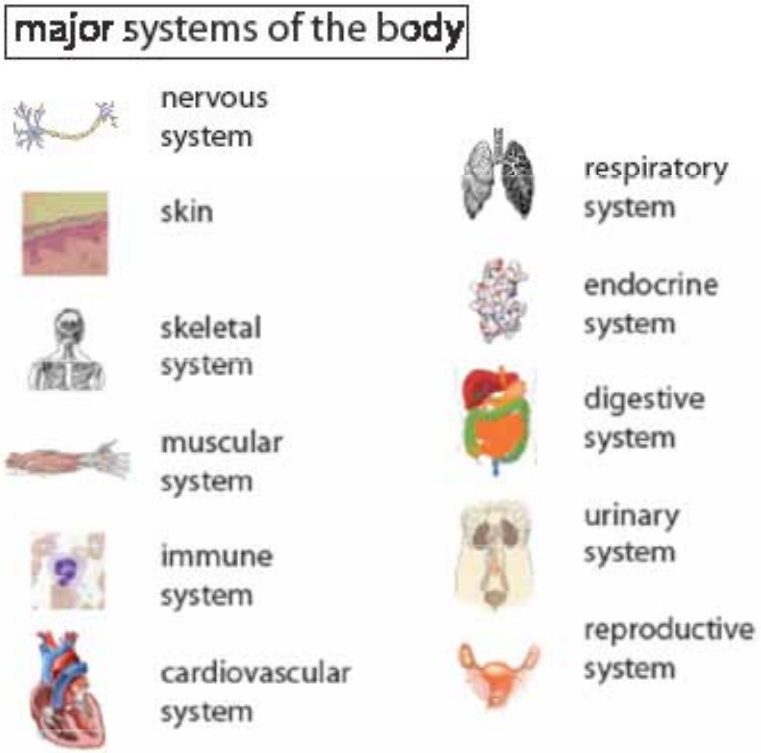
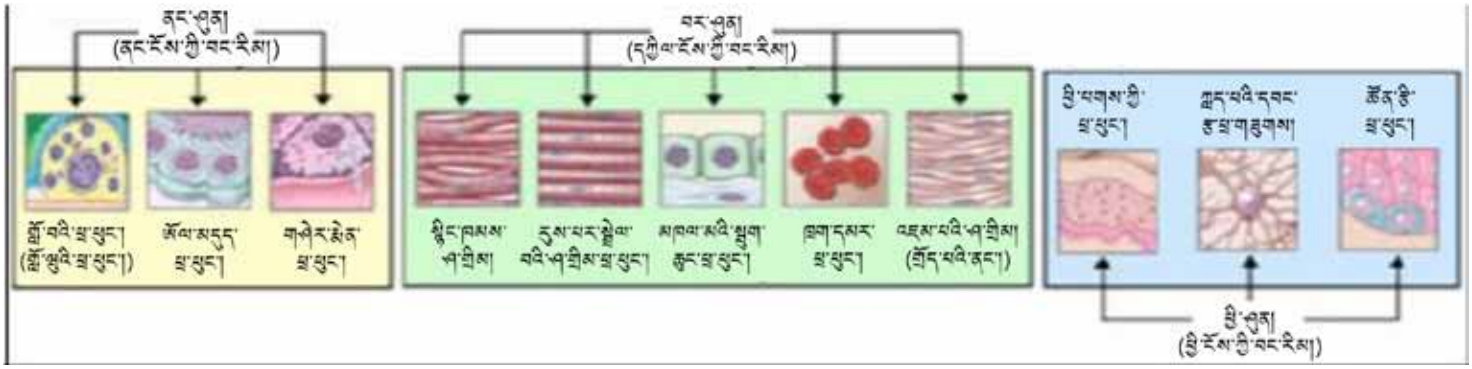


Figure 25: Our body consists of several systems working together.

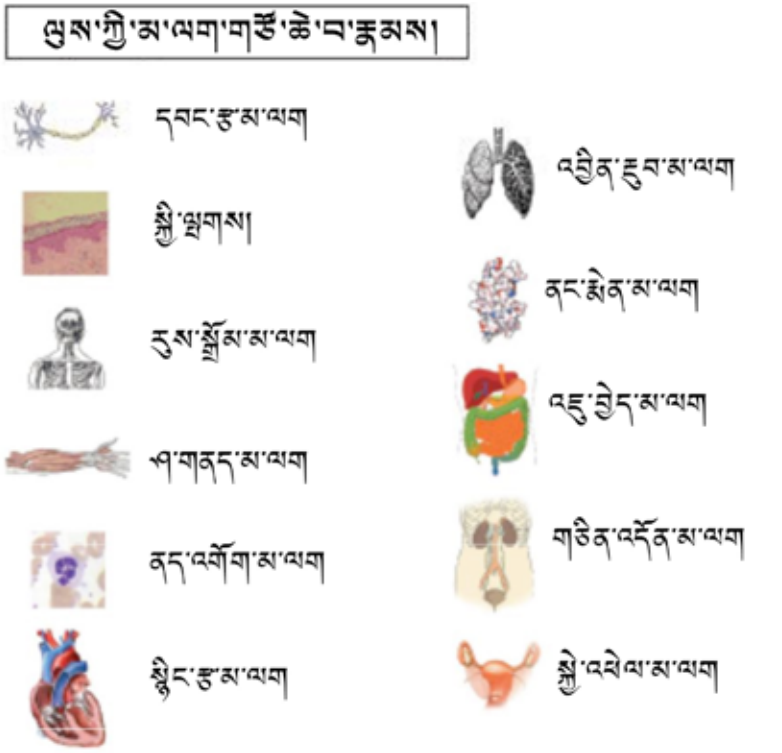
མིའི་ཤྲས་ཀྱི་མ་ཡག་གཞན་དག་དང་། ཚ་སྒོག་གི་བྱེད་དོམ་གཞན་ཁག་ཅིག

འདིར་འདུ་ཚོས་དབང་རྩ་མ་ཡག་གི་འཚར་འཕེལ་བྱེད་རིམ་དམིགས་སུ་བསྒུགས་ཏེ་བཤད་པ་ནི། ཚ་སྒོག་ཚན་རིག་གི་སྟོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་སྟ་མ་རྩམས་སུ་དང་། གཞན་ཡང་དབང་རྩ་ཚན་རིག་གི་སྟོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་དག་ཏུ་མ་ཡག་འདི་སྐོར་ཞིབ་ཐུ་ཐུང་ཟིན་བའི་རྒྱུ་མཚན་གྱིས་ཡིན། འོན་ཀྱང་ང་ཚོའི་ཡུས་ཐུང་ལ་བྱེད་ལས་གཞན་དག་ཀྱང་ཡོད་ཅིང་། བྱེད་ལས་དེ་དག་འགྲུབ་པའི་མ་ཡག་གཞན་མང་དག་ཅིག་ཀྱང་ཡོད། རྒྱུན་ན་མ་ཡག་གཞན་འདི་རྩམས་དབང་རྩ་ཡག་དང་སྒེལ་ནས་ཡོད་མོད། བྱེད་ལས་ཀྱི་ཚ་ནས་འདི་དག་མ་ཡག་ཐ་དད་དུ་ངོས་འཛིན་བྱས་ཚོག གོང་དུ་ང་ཚོས་དབང་རྩ་མ་ཡག་ལ་མཚོང་བའི་གཞི་རིམ་གྱི་རྩ་ཁག་དང་ལས་ཐབས་བཅས་ཀ་གཅིག་མཚུངས་དེ་རང་ལ་སྒྲུད་དེ་མ་ཡག་གཞན་འདི་རྩམས་ཀྱང་དང་ཐོག་མངལ་གནས་ཀྱི་སྐབས་ནས་(ཐོག་མར་ཐུ་ཐུང་དང་། དེ་ནས་དབང་ཡོའི་ངོ་བོར་)ལྷང་ལ་འབྱུ་ལ། དེ་ནས་རིམ་གྱིས་འཚར་འཕེལ་བྱེད་པ་རེད། དཔེ་རིས་ ༡༩ (གོང་གི་དཔེ་རིས་ ༡༧ དང་གཅིག་སྟུར་ཡིན་)འདིར་ལྟོས་ལ། མ་ཡག་གཞན་འདི་རྩམས་མངལ་གནས་ཀྱི་ལུས་ཀྱི་ཚ་ཤས་གང་དང་གང་ནས་དང་ཐོག་ཕྱིར་འབྱུ་མིན་ལ་རྒྱུས་ལོན་བྱོས།

སྔར་དེད་ཚོས་རེགས་ཚོར་དང་། གཞན་ཡང་དབང་ཚོར་མ་ཡག་དང་དབང་རྩ་མ་ཡག་གི་ཚ་ཤས་གཞན་སྐོར་གྱོས་སྟུང་བྱེད་སྐབས། དེད་ཚོས་ཐུང་སྟབ་དང་དབང་ཡོའི་རིགས་སྟ་ཚོགས་ཤིག་སྐོར་གཏམ་བཤད་བྱས་ལ། འདིར་ཚྭོད་ཀྱིས་དེད་



དཔེ་རིས། ༡༩ མངལ་གནས་སྐབས་ཀྱི་ལུས་ཀྱི་ཚགས་རིམ་གསུམ་པོ་དག་གིས་སྐྱེ་བོ་དང་མ་ཞེག་ལ་ལྟོས་རྒྱུའི་ཐུང་གྲལ་དང་དབང་ཡོའི་མ་ཡག་ཐ་དད་པ་དག་སྐྱེད་པར་བྱེད།



དཔེ་རིས། ༡༥ མིའི་ལུས་ལ་ཐན་ཚུན་མཉམ་སྦྲེལ་སྒོ་ནས་ལས་ལ་ཞུགས་པའི་མ་ཡག་མང་དག་ཅིག་ཡོད།

ཚོའི་ལུས་ཐིས་འགྲུབ་པའི་བྱེད་ལས་གཙོ་ཆེ་བ་རྣམས་ལ་བསམ་གཞིག་ཅིག་བྱེད་འོས། དཔེ་རིས་ ༡༥ པའི་ནང་དེད་ཚོའི་ལུས་ཀྱི་དབང་ཡོའི་མ་ཡག་རྣམས་ལ་རིས་འགྲེལ་བྱས་ཡོད་ཅིང་། དེ་དག་ནི། ༡ །ང་ཚོས་གོང་དུ་བགོ་སྤྲོང་བྱས་ཟིན་ཅིང་། ཤེས་ཚོར་དང་སྐད་འཛིན་ཀྱི་བྱ་བར་ཞུགས་པའི་དབང་རྩ་མ་ཡག ༢ ། གཡོག་ཅིང་དུ་བགོ་སྤྲོང་ཟིན་ཅིང་། ཤེས་ཚོར་དང་སྐད་འཛིན་ཀྱི་བྱ་བར་ཞུགས་པའི་རྒྱུ་མཚན་ཡིན། ༣ ། ཁྲག་ཀྱི་ཚ་ཤས་སོ་སོར་འཚོ་བྱེད་འབྲེན་ཀྱི་བྱ་བར་ཞུགས་པའི་འབྲེལ་རྩ་མ་ཡག ༤ ། སྐད་བཏུད་རྩམས་ཀྱི་བྱེད་པ་གཙོ་ཆེ་བ་གཞན་ཞིག་སྟེ་ནང་རྩེས་འཛིན་མ་ཡག ༥ ། ཟས་བཏུད་རྩམས་ནུས་པའི་ངོ་བོར་དང་སྟིགས་རོའི་ངོ་བོར་སྐྱུར་བྱེད་ཀྱི་འབྲུ་བྱེད་མ་ཡག ༦ ། ཁྲག་གི་རྩལ་འགྱུར་རྒྱུ་ཆ་ལ་བྱ་ར་བྱེད་ཅིང་། སྟིགས་རྩལ་འདོར་བར་ཞུགས་པའི་གཅིན་འདོན་མ་ཡག ༧ ། དེད་ཚོའི་ཉེ་རིགས་ཀྱི་འཚོ་གནས་རྒྱུན་འཁོར་ཀྱི་བྱ་བར་ཞུགས་པའི་སྐྱེ་འཕེལ་མ་ཡག་བཅས་སོ།།

དཔེ་རིས་ ༡ ལས་ཀྱི་ཚ་ཤས་ཀྱི་ཁྱད་པར་ཡོ་འདི་རྣམས་རྟེན་གང་གིས་གྲུབ་པའི་ཐུང་གྲུབ་ཀྱི་རིགས་ཐ་དད་དག་ལ་བལྟ་བར་བྱའོ།།

Do you remember our story back in LS primer II, *Genes and Cells*, the story about touching hot chai? We learned about the nervous system and touch by considering someone drinking a cup of hot chai. Let's pick up that story again and consider how all the systems in our bodies in Figure 25 play a role in drinking that chai. To make it interesting, let's say it's a couple, a man and woman who are in love and recently married who are sitting down for a cup of chai after a long week at work.

How is each system involved in this story? We'll talk primarily about each system separately, but of course, they are all interacting with each other all the time in order to make for a happy living being.

We have already discussed how the couple's sense of touch works. In Neurosciences I, we discussed how the couple is able to visually see the chai and each other. The nervous system responsible for touch and sight also monitors and regulates all the other systems and their roles in this story. The skeletal systems together with the muscle system, all covered by the integumentary system, allows the couple to reach out for their chai and then to sit down and interact with the chai and each other. The couple's immune systems immediately begin fighting any bacteria or other foreign agents that might be on the edge of their cups or otherwise gain access to their bodies. The couple's skins are protecting them from other foreign agents and holding the bodies together along with the muscle. As they move and talk and drink, they must be constantly breathing in oxygen and breathing out carbon dioxide via their respiratory systems, and then these gases must be moved via their circulatory systems to and from the rest of their bodies. When the two people drink their chai, it moves through the digestive system, where the nutritive value is taken from the food and moved again through the circulatory system to where it's needed, while unused waste from the chai is excreted through the urinary and other systems. The endocrine system signals that the couple is thirsty or hungry or hot or cold and it even helps signal their love for each other. And perhaps their love and desire to raise a family then leads the couple to reproduce, create a fertilized egg, that will develop—through the processes we described in the first part of this primer— from an embryo inside the mother into another new human being with all these same systems for itself (Figure 26).

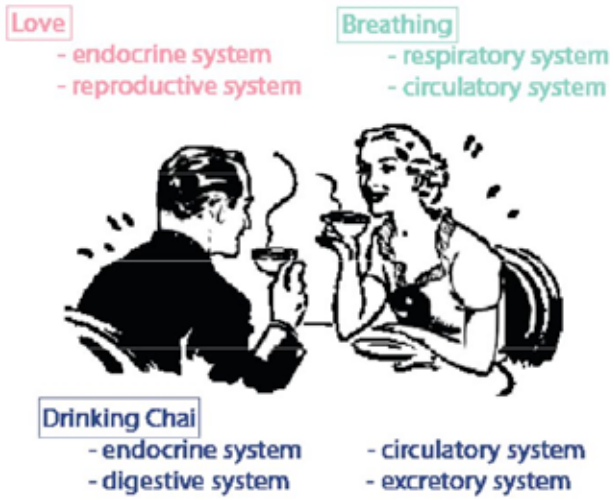


Figure 26: While the couple is drinking chai together, many bodily processes are occurring.

THE TISSUES THAT BUILD THE ORGANS

Animals have four basic types of tissues that in some combination compose all of our organs; these are epithelial, connective, muscle, and nerve tissues

སྔར་"རིགས་རྫས་དང་ཕྲ་ཕུང་"མིང་བྱང་ཅན་གྱི་ཆེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སྟོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་གཉིས་པའི་ནང་གི་ཇ་ཚ་བོ་བླུགས་པའི་ཕོར་པར་རེག་ཐུག་བྱེད་པ་དང་འབྲེལ་བའི་དེད་ཆོའི་གཏམ་བཤད་དེ་ཁྱོད་ཀྱིས་འདིར་དྲན་གསོ་ཐུབ་བམ། དེར་དེད་ཆོས་སྐྱེ་བོ་ཆེ་གེ་མོ་ཞིག་གིས་ཇ་ཚ་བོ་བླུགས་པའི་ཕོར་པ་ཞིག་ལས་ཇ་འཐུང་བའི་བྱ་གཞག་གཞིར་བྱས་ཏེ་དབང་རྩ་མ་ལག་དང་རིག་ཚོར་སྐོར་སྦྱངས་བཤད་བྱས་ཡོད། ད་ལམ་དེད་ཆོས་སླར་ཡང་སྔར་གྱི་བྱུང་བ་དེའི་གླེང་བསླངས་ཏེ། གོང་གི་དཔེ་རིས་ ༣༥ ནང་བཀྲངས་པའི་ལུས་ཀྱི་མ་ལག་དེ་ཀུན་དེ་ལྟའི་ཇ་འཐུང་བའི་བྱ་གཞག་དེར་ཆ་ཤས་ཇི་ལྟར་ལེན་ཚུལ་སྐོར་རྟོག་ཞིབ་ཅིག་བྱ་ལ། རྟོག་ཞིབ་འདི་སྒྲོ་སྣང་འཕྲུལ་བ་ཞིག་འབྱུང་ཆེད། འདིར་དེད་ཆོས་ཉེ་ལམ་རང་གཉེན་སྒྲིག་བྱས་ཤིང་། ཕན་ཚུན་བརྩེ་དུང་དམ་པོས་བཅིངས་པའི་སྐྱེ་བོ་ཕོ་མོའི་བཟའ་ཚོ་གང་ཞིག་གཟའ་འཁོར་གཅིག་ཕྱིལ་པོར་ལས་བྲེལ་ནང་ལྷུང་རྗེསགཞི་ནས་ད་གཟོད་ལྷོད་ལ་བབས་ཏེ་ལྷན་དུ་ཇ་འཐུང་བཞིན་དུ་འཁོད་པ་ཞིག་གླེང་གཞིར་གཟུང་ངོ་།།

དེས་ན་བྱུང་བ་འདིར་ལུས་ཀྱི་མ་ལག་དེ་རེ་རེས་ཆ་ཤས་གང་ཞིག་ལེན་ནམ་ཞེ་ན། སྤྱིར་ན་དོ་བདག་སྐྱེ་བོའི་བདེ་ཐབས་ལ་ཕན་པའི་ཕྱོགས་སུ་ལུས་ཀྱི་མ་ལག་དེ་ཀུན་དུས་རྟག་ཏུ་ཕན་ཚུན་མཉམ་སྦྲེལ་བྱེད་བཞིན་དུ་གནས་པ་བདེན་མོད། འོན་ཀྱང་འདིར་དེད་ཆོས་གཙོ་ཆེར་མ་ལག་དེ་དག་རེ་རེ་ནས་ལོགས་སུ་ཕྱེད་དེ་སྐབས་འབྲེལ་གྱི་གནད་དོན་ལ་འགྲེལ་བཤད་བྱའོ།།

དཔེ་རིས། ༣༦ ཁྱོ་ཤུག་གཉིས་པོ་མཉམ་འཛོམས་ཀྱིས་ཇ་ལ་རོལ་བཞིན་པའི་དུས་དེར་ལུས་ཀྱི་བྱེད་རིམ་མང་དག་ཅིག་དང་གིས་འགྲུབ་བཞིན་ཡོད།

དེ་ཡང་བཟའ་ཚོ་དེའི་རྒྱུད་ཀྱི་རིག་ཚོར་གྱི་ལས་ཚུལ་སྐོར་དེད་ཆོས་སྔར་ནས་གླེང་ཟིན་ལ། དེར་མ་ཟད།ཁྱོ་ཤུག་གཉིས་པོ་དེས་ཕོང་གཉིས་ཕན་ཚུན་དང་།ཁང་ལ་རོལ་སའི་ཇ་དང་བཅས་པ་ཇི་ལྟར་མངོན་སུམ་དུ་མཐོང་ཚུལ་ཡང་དབང་རྩ་ཚན་རིག་གི་སྟོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་དང་པོའི་ནང་གྲོས་སྡུར་བྱས་ཟིན། མ་ཟད། རིག་ཚོར་དང་མཐོང་ཚོར་གཉིས་ལ་འགན་འཁུར་བའི་དབང་རྩ་མ་ལག་གིས་ཀྱང་བྱུང་རབས་འདི་དང་འབྲེལ་བའི་ལུས་ཀྱི་མ་ལག་གཞན་དང་དེ་དག་གི་བྱེད་ནུས་བཅས་ལ་བྱ་ར་དང་སྐངས་འཛིན་ཡང་བྱེད། ཁྱོ་ཤུག་དེས་ཇ་ལ་བསྐལ་པ་དང་། མར་བསྡུད་དེ་ཕན་ཚུན་ཁ་ཡ་བྱེད་པ། ཇ་ལ་རེས་སྐབས་ཀྱིས་སྦྲེལ་བ་བཅས་ནི་དེ་དག་རྒྱུད་ཀྱི་ཕྱོགས་ཀུན་ཏུ་སྐྱི་ཞུགས་མ་ལག་གིས་གཡོགས་ནས་ཡོད་པའི་རྣུས་སྒྲོམ་མ་ལག་དང་ཤ་གནད་མ་ལག་བཅས་ལ་བརྟེན་ནས་བསྒྲུབ་ཐུབ་པ་འབྱུང་ལ། དེ་བཞིན་དུ་ཇ་འཐུང་སའི་ཕོར་པའི་ཁ་ཟུར་དག་ལ་འགོས་ནས་ཡོད་སྲིད་པའི་ཕྲ་སྲིན་ནམ། དེ་ལས་གཞན་པའི་རྒྱུས་མེད་ཀྱི་བྱེད་པ་དག་དང་། ཡང་ན་ཁྱོ་ཤུག་དེའི་ལུས་ནང་ཞུགས་པར་རྩོམ་པའི་དེ་འདྲའི་བྱེད་པ་དག་ལ་སྐྱི་བོ་དེ་དག་རྒྱུད་ཀྱི་ནད་འགོག་མ་ལག་གིས་འཕྲུལ་མར་འགོག་རྐོལ་བྱེད་པ་རེད། ཡང་། ཁྱོ་ཤུག་དེའི་སྐྱི་ཞུགས་དག་གིས་དེ་དག་གི་ལུས་ཕུང་དེ་རྒྱུས་མེད་ཀྱི་བྱེད་པའི་རིགས་ལས་སྲུང་བར་བྱེད་པས་མ་ཟད། ཤ་གནད་ལ་བརྟེན་ནས་སྐྱི་ཞུགས་འདིས་ལུས་ཀྱི་ཡན་ལག་ཀུན་ཕྱོགས་གཅིག་ཏུ་གཟུང་བར་ཡང་བྱེད། མ་ཟད། ཁྱོ་ཤུག་དེ་དག་འཁྱིལ་བསྐྱོད་བྱེད་པ་དང་། གླེང་མོལ་བྱེད་པ། བཏུང་བར་ལོངས་སྤྱོད་བཞིན་དུ་དེ་དག་རང་རང་གི་འབྱིན་རྔུབ་མ་ལག་ལ་བརྟེན་ནས་དུས་གཏན་དུ་འཚོ་རླུང་ནང་དུ་རྔུབ་པ་དང་། སོལ་རླུང་ཕྱིར་འབྱིན་པའི་བྱ་བར་ངེས་པར་ཞུགས་དགོས་ལ། དེ་ལྟར་བྱེད་བཞིན་དུ་འཁོར་རྒྱུན་མ་ལག་བརྒྱུད་རླངས་གཟུགས་དེ་དག་ལུས་ཀྱི་ཡན་ལག་ལྷག་མ་རྣམས་སུ་ཕར་འདྲེན་ཕྱིར་བསྒྱུ་ཡང་བྱེད་པ་རེད། དེ་ལ་སྐྱེ་བོ་གཉིས་པོ་དེས་སོ་སོའི་ཇ་སྐལ་འཐུང་བ་ན། བཏུང་བ་དེ་ཉིད་རང་གི་འཇུ་བྱེད་མ་ལག་རྒྱུད་དུ་རྒྱུ་རུ་འཇུག་ཅིང་། དེར་ཟ་བཏུང་གི་དངོས་པོ་དག་ལས་བཅུད་ཡོན་ཕྱིར་བླངས་རྗེས། སླར་ཞིང་འཁོར་རྒྱུན་མ་ལག་གི་ས་ཁྱོན་གང་དུ་དེ་དག་མགོ་སའི་ཆ་ཤུལ་རྒྱུད་དུ་གཏོང་ལ། ཇའི་རྒྱུ་ཆ་དེ་ལས་གང་མ་མཐོ་ཞིང་སྙིགས་རོར་ལུས་པ་དག་གཅིན་འདོན་མ་ལག་དང་མ་ལག་གཞན་བརྒྱུད་ཕྱིར་འབུད་པར་བྱེད། གང་གི་ཚེ་སྐྱེ་བོ་དེ་གཉིས་བསྒོམ་པའམ། ལྷོགས་པར་གྱུར་པའམ། ཡང་ན་འཁྲུགས་པའམ། ཚ་བར་གྱུར་པ་ན། རང་རང་རྒྱུད་ཀྱི་ནང་སྲིན་མ་ལག་དེས་དེ་འབྲེལ་གྱི་བཙ་འཕྲིན་གཏོང་ལ། མ་ཟད། ཁྱོ་ཤུག་ཕན་ཚུན་བརྩེ་དུང་གི་ཚོར་བས་ཟིན་པ་ནའང་དེ་འབྲེལ་གྱི་བཙ་འཕྲིན་གཏོང་བར་མ་ལག་དེས་རམ་འདེགས་བྱེད་དོ།། དེ་ནས་རིམ་གྱིས་བརྩེ་དུང་དེས་དྲངས་ཏེ་རིགས་རྒྱུག་གསོ་སྐྱོང་གི་འདོད་འདུན་སྐྱེས་པ་ན། བཟའ་ཚོ་དེས་སྐྱེ་འཕེལ་གྱི་བྱ་བར་ཞུགས་པས་ཁམས་འདུས་ས་བོན་བསྐྱེད་ལ། དེ་ཉིད་མའི་བུ་སྣོད་དུ་འཚར་བའི་མངལ་གནས་ཀྱི་རྣམ་པ་ནས་རིམ་གྱིས(སྟོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་འདིའི་སྟོད་ཆར་འགྲེལ་བཤད་བྱས་པའི་བྱེད་རིམ་དེ་དག་བརྒྱུད་)འཚར་འཕེལ་བྱས་ཏེ། གོང་གི་མ་ལག་དེ་ཀུན་ཚང་བའི་མིའི་འགྲོ་བ་གསར་པ་ཞིག་འགྲུབ་བོ(དཔེ་རིས། ༣༦)།

དབང་པོ་འགྲུབ་བྱེད་ཀྱི་ཕུང་གྲུབ།

སྲོག་ཆགས་རྣམས་ལ་གཞི་རྩའི་ཆ་ནས་ཕུང་གྲུབ་རིགས་བཞི་ཡོད་ཅིང་། ང་ཚོའི་ལུས་ཀྱི་དབང་པོ་ཀུན་ཕུང་གྲུབ་རིགས་བཞི་པོ་འདི་དག་ཕན་ཚུན་སྡེབ་སྦྱོར་ཅི་རིགས་པར་བྱས་པའི་སྒོ་ནས་གྲུབ་པ་ཞེ་ཅིག་ཡིན།

(Figure 27). As we discuss these different types of tissues, remember the structure/function theme of biology that we've seen again and again in our studies and remember from where in the developing embryo these tissues arise (refer back to earlier Figure 23). Cells and tissues have evolved in the same way that molecules have, so that their shape fits their function and vice versa.

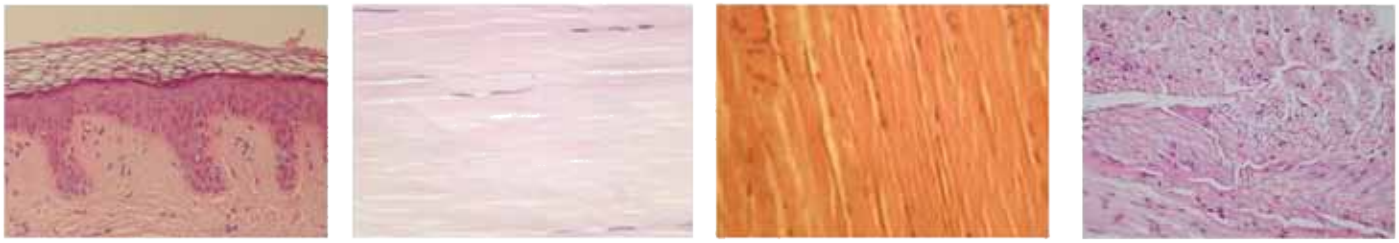


Figure 27: Microscopic images of different types of real tissue. From left to right: epithelial, connective, muscle and nervous tissue.

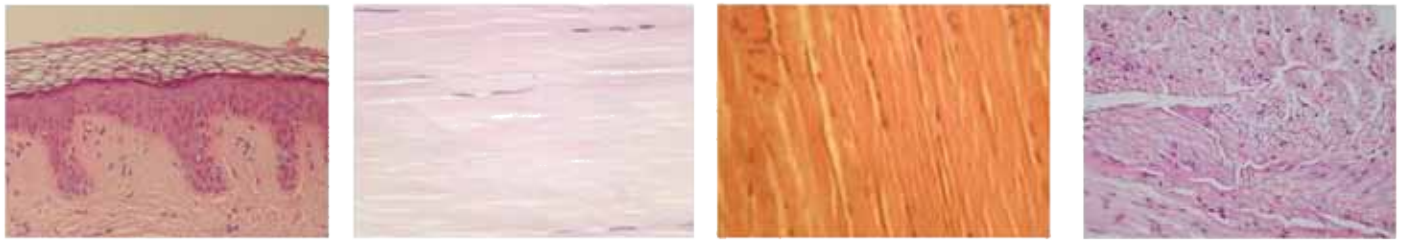
Epithelial tissues cover the body and the outsides of organs, as well as the internal linings of body cavities (called an epithelial membrane in this case). Because their role is in covering and protecting, epithelial tissue cells occur tightly packed in layers or sheets , as you can see in Figure 27 above. They serve as boundaries between us and the environment; thus, epithelial cells are gateways to what can and cannot get into us or our organs—an important first line of regulation and security. **Glands**, organs specialized to secrete products like hormones, sweat or milk, are also composed of epithelial tissue. **Secretion** is a process that involves the production of a substance in a cell and then the regulated removal of that substance out of the cell to be carried to a specific location.

Connective tissues provide an underlying support, a cushioning network of cells, for nearly all organs. Connective tissue cells are connected in a loose fibrous gel. These tissues vary depending on their location and function; some compose bone and cartilage (early bone in embryos), others body fat (called adipose tissue) and blood. Connective tissues connect the skin to muscle and fill in spaces between body organs.

Muscle tissues' specialty is the ability to grow and shrink, to contract. Skeletal muscle tissue connects bones to the body. Cardiac muscle allows the heart to work and pump blood throughout the body. Smooth muscle tissue lines our digestive tract, blood vessels and other organs.

And, as we know, the nervous system's specialty is signaling among all these other tissues, organs, and the brain.

རིགས་བཞི་པོ་དེ་ནི། པགས་པའི་ཕྱང་གྲྭག ཨཕྱད་སྦྱོར་ཕྱང་གྲྭག ཤ་གནད་ཕྱང་གྲྭག དབང་རྩའི་ཕྱང་གྲྭ་བཅས་རེད་(དཔེ་རིས། ༡༥)། འདིར་དེད་ཚོས་ཕྱང་གྲྭ་རིགས་མི་འདྲ་བ་འདི་དག་སྐོར་གོས་སྤྱར་བྱེད་པ་དང་ཚབས་ཅིག དེ་སྔ་དེད་ཚོས་སྐོབ་ཚན་ནང་བསྒྲུར་ནས་ཡང་དུ་མཐོང་བའི་སྐྱེ་དངོས་རིག་པའི་ཚགས་དབྱིབས་དང་བྱེད་ལས་གཉིས་ཀ་ཚུན་ཆད་ཤེས་ཀྱི་དུས་མཚམས་གང་ནས་ཕྱང་གྲྭ་འགྲུབ་པའི་འགོ་རྩོམ་མིན་ལའང་ཕྱིར་དྲན་བྱེད་དགོས། (གོང་གི་དཔེ་རིས་ ༡༡ ལ་སྐྱོན་གྱིས།) འདུས་རྩལ་རྣམས་འཕེལ་འགྲུར་བྱེད་ཚུལ་རྟེ་སྐ་བ་དེ་བཞིན་དུ་ཐུ་ཕྱང་དང་ཕྱང་གྲྭ་རྣམས་ཀྱང་འཕེལ་འགྲུར་བྱུང་ཡོད་ལ། དེར་བརྟེན་དེ་དག་གི་བྱེད་ལས་དང་ཚགས་དབྱིབས་གཉིས་ཚན་ཆུན་འབྱེལ་ཆགས་སུ་འགོད་རེས་ཡིན།



དཔེ་རིས། ༡༥ འདི་དག་ནི་རིགས་མི་གཅིག་པའི་ཕྱང་གྲྭ་གྱི་པར་ངོ་མ་དེ་འདྲ་རེད། དེ་ཡང་གཡོན་ནས་བཅིས་པས་འདི་དག་རིམ་པ་བཞིན། པགས་པའི་ཕྱང་གྲྭ། ཨཕྱད་སྦྱོར་ཕྱང་གྲྭ། ཤ་གནད་ཕྱང་གྲྭ། དབང་རྩའི་ཕྱང་གྲྭ་བཅས་རེད།

དེ་ལ་ཤུན་རྩེ་ཕྱང་གྲྭ་དག་གིས་ལུས་དང་དབང་པོ་རྣམས་ཀྱི་ནས་གཡོག་ལ། དེར་མ་ཟད། ལུས་ཀྱི་བུ་གა་དག་གི་ནང་ངོས་ཀྱི་ཚགས་རིམ་(འདི་དག་ལ་སྐབས་འདིར་ཤུན་སྐྱི་ཟེར།)དག་ཀང་དེ་དག་གིས་ལེབས་ནས་ཡོད། ཤུན་རྩེ་ཕྱང་གྲྭ་ཀྱི་བྱེད་སྒོ་ནི་གཞན་ལ་གཡོག་ཅིང་སྲུ་དེ་ཡིན་པས། གོང་གི་དཔེ་རིས་ ༡༥ ནང་གསལ་བ་བཞིན། འདིའི་ཕྱང་གྲྭ་ཁ་ཕྱང་རྣམས་ཚགས་དམ་ཡོར་འགོད་པའི་ཚགས་རིམ་མམ་ལེབ་རྩེའི་རྣམ་པར་གྲྭ་ཡོད། འདི་དག་གིས་དེད་ཚོ་དང་ཁོར་ཡུག་དབང་གྱི་མཚམས་འཇོག་ས་ཐིག་གཟུང་བ་རེད། དེས་ན་པགས་པའི་ཁ་ཕྱང་རྣམས་ནི་ང་ཚོའི་ནང་སྤྲུག་ཏུ་འམ། ཡང་ན་དེད་ཚོའི་དབང་ཡོའི་སྤྲུག་ཏུ་དངོས་རྫས་ཅི་ཞིག་གིས་ཀང་བའི་མཚམས་འཇོག་རྒྱལ་སྤོ་ལྟ་བུ་ཡིན་པས། སྐངས་འཇོག་དང་བདེ་སྡུང་གི་ས་ཚིགས་དང་ཡོའི་ཚུལ་དུ་གྲྭ། རེན་བུ་སྐྱེ། རེན་གཤེར་རམ། རྡུལ་ཆུ། ཡང་ན་འོ་མ་ལྟ་བུའི་ཐོན་རྫས་འཚིར་འདོན་བྱེད་པའི་དབང་ཡོ་དམིགས་བསྒོགས་པ་དེ་དག་ཀང་ཤུན་རྩེ་ཕྱང་གྲྭ་གྱིས་གྲྭ་ཡོད། དེ་ལ་འཛིག་ཐོན་རྫས་འཚིར་འདོན་བྱེད་པའི་དབང་ཡོ་དམིགས་བསྒོགས་པ་དེ་ཉིད་ཐོ་རེམ་ལྟར་ཡོད་ཅིང་ཁོ་ཚོས་ཐུན་རྟེན་ཁག་ཅིག་ལ་ཐུག་ཚོད་ཆེ་ཤོས་ཀྱི་ཚེ་ཟད་ཀྱི་ཡོད་ཚུལ་ཡིན་ནོ། དེ་ལ་ཕྱི་ཕྱོགས་ཀྱི་ཁ་ཕྱང་རྣམས་ཀྱི་ཐོན་རྫས་ཚུ་ཁོ་ཚོས་ཁ་ཤས་ཆེ་ཤོས་ཀྱི་ཚེ་ཟད་ཀྱི་ཡོད་ཚུལ་ཡིན་ནོ། ཁ་ཕྱང་གྲྭ་ཚུ་ཁོ་ཚོས་ཁ་ཤས་ཆེ་ཤོས་ཀྱི་ཚེ་ཟད་ཀྱི་ཡོད་ཚུལ་ཡིན་ནོ།

ཨཕྱད་སྦྱོར་ཕྱང་གྲྭ་དག་གི་ཁལ་ཆེར་ལུས་ཀྱི་དབང་པོ་ཀུན་ལ་འབོལ་སྐན་ལྟ་བུའི་དགེ་མཚན་འགྲུབ་པའི་ཐྲ་ཕྱང་གི་དངོས་རྫས་ཤིག་ཡིན། དེར་བརྟེན་ཁལ་ཆེར་དབང་པོ་ཐམས་ཅད་ཀྱི་གདན་ཚས་ཀྱི་ཚུལ་དུ་གྲྭ་ཡོད། ཨཕྱད་སྦྱོར་ཕྱང་གྲྭ་ཐྲ་ཕྱང་རྣམས་ཁན་ཆུན་སྐྱོད་པོར་སྦྱལ་ནས་འཁོད་པའི་རྩིད་དང་རང་བཞིན་ཀྱི་སྦྱིན་རྒྱའི་རྣམ་པར་ཡོད་ཅིང་། ཕྱང་གྲྭའི་དག་རང་རང་གི་འཁོད་གནས་དང་བྱེད་ལས་ཀྱི་ཚ་ནས་ཁན་ཆུན་མི་མཐུངས་ཏེ། འགའ་ཞིག་གིས་རྒྱས་པ་དང་སྡུམ་རྒྱས་(མངལ་གནས་སྐབས་ཀྱི་འགོ་མའི་རྒྱས་པ་)འགྲུབ་ལ། ཡང་གཞན་དག་གིས་ལུས་ཚོ་ལ་(འདི་ལ་ཚོ་ལ་བཟུང་ཕྱང་གྲྭ་རེར།)དང་ཁྲག་གཤེར་འགྲུབ་པ་རེད། ཨཕྱད་སྦྱོར་ཕྱང་གྲྭ་དག་གིས་ལུས་ཀྱི་པགས་པ་དེ་ཤ་གནད་ལ་འབྲུར་བར་བྱེད་པ་དང་། ལུས་ཀྱི་དབང་པོ་ཁན་ཆུན་དབར་ཀྱི་སྐོང་ཚ་འགེངས་བ་རེད།

ཤ་གནད་ཕྱང་གྲྭ་དག་གི་དམིགས་བསལ་ཁྱད་ཚོས་ནི་དེ་དག་འཚར་སྐྱེ་བྱེད་ཤེས་པ་དེ་རེད། རུས་པར་ཆགས་པའི་ཤ་གནད་ཕྱང་གྲྭ་དག་གིས་རུས་པ་རྩམས་ལུས་ལ་འབྱར་བར་བྱེད་ལ། སྐྱིང་གི་ཤ་གྲིམ་གྱིས་སྐྱིང་ལམས་ལས་ལ་འཇུག་པ་དང་ལུས་ཀྱི་ཚ་ཐམས་ཅད་ཀྱི་ཁྲག་གཤེར་འབྲུང་གྲྭ་ཁ་དང་རམ་འཛེགས་བྱེད། འཇམ་པའི་ཤ་གནད་ཕྱང་གྲྭ་ཀྱི་ཤས་ཆེ་ཞིང་ཁྲ་ཐུན་ཡོད་ཅིང་། ཁྲག་ལམ་དང་། དབང་པོ་གཞན་རྩམས་ཀྱི་ནང་ཤ་འགྲུབ་ཀྱི་ཡོད།

མཐར། ང་ཚོས་ཤེས་གསལ་བཞིན། དབང་རྩ་མ་ལག་གི་དམིགས་བསལ་ཁྱད་ཚོས་ནི། ཕྱང་གྲྭ་དང་དབང་པོ་གཞན་དང་། སྤྱད་པ་བཅས་ཀྱི་དབང་བརྟ་འཕྲིན་གཏོང་རྒྱུ་དེ་རེད།

INTEGUMENTARY, SKELETAL, AND MUSCLE SYSTEMS

The skin, skeletal, and muscle systems give the man and the woman in the couple drinking chai support and protection, while helping them reach for the chai, sit down in their chairs, and stay upright and in place while sitting or standing.

In *Genes and Cells*, we talked about the integumentary system (skin) in terms of touch and feeling heat from the hot chai on skin. In mammals, structures that emerge from developing skin cells include hair, nails, sweat glands and sensory receptors like those involved in detecting the heat of the chai. The **epidermis** is the outside waterproof layer of skin; beneath this is the dermis, made of fibrous connective tissue.

Most animals have an internal skeleton just below the skin. The skeleton, made of bone and cartilage, gives support to the skin and provides an infrastructure for muscles to interact with. Figure 28 shows the human skeleton; of our 206 bones, of particular importance to our chai-drinking couple are the skulls protecting their brains, the sternums protecting their hearts, the vertebrae of their backbone protecting their spinal cords and their arm and leg bones allowing them to reach, touch, sit, and stand. The skeleton allows all this by working *together with* all the other systems, especially their muscles.

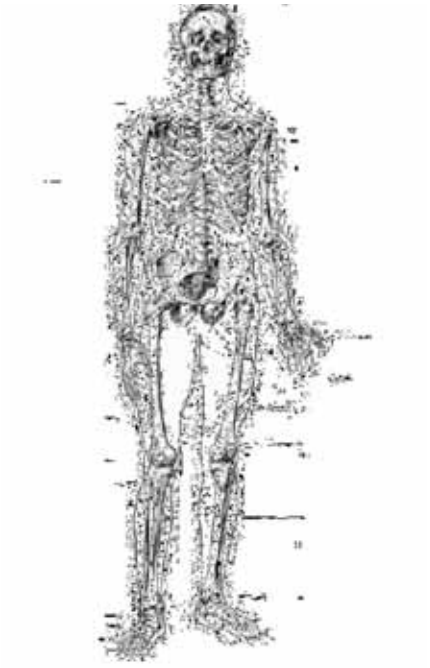


Figure 28: The human skeleton has 206 bones.

Bones and muscles work together. For example when the couple reaches for their cups of chai (based on a signal from their nervous system), the bones of their arms—the humerus, radius, and ulna—move easily because muscle attachments to the bone are arranged so that the bone acts as a lever (see Physics Primer I) and amplifies the motion of the muscles. This motion is also facilitated by the elbow and shoulder, examples of freely movable joints between two bones. At the joint on the ends of the bones, a cap of connective tissue secretes fluid to make the bones move together easily.

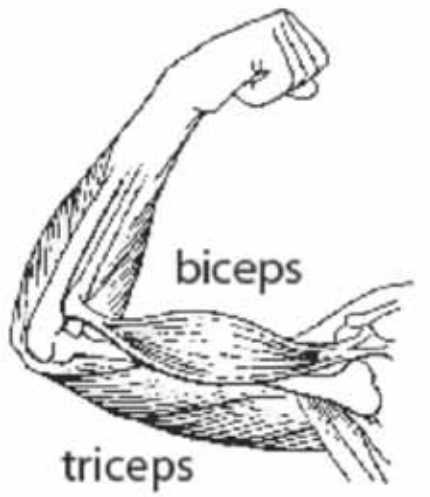


Figure 29: The biceps and triceps are two muscle groups in the arm that work against each other.

The couple's skeletal muscles and tendons, connective tissue that links muscle to bone, pass over the shoulder and elbow joints to attach the bones on either side. Contracting muscles pull bones toward or away from each other. Muscles work against each other, so that in the movement, for example the movement made by the chai-drinking man to lift his cup from the table to his lips, his biceps muscle contracts, while his triceps muscle relaxes. Then, when he puts the cup down, the muscles work against each other in reverse, that is, the biceps relax and the triceps contract (Figure 29).

སྐྱི་ལྤགས་དང་། རུས་སྒྲོམ་དང་། ཤ་གནད་བཅས་ཀྱི་མ་ལག་དག་གི་སྐོར།

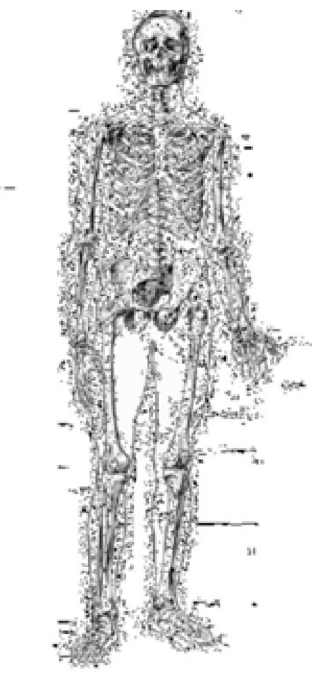
དེ་ལ་སྐྱི་ལྤགས་དང་། རུས་སྒྲོམ་དང་། ཤ་གནད་བཅས་ཀྱི་མ་ལག་རྣམས་ཀྱིས་ཇ་ལ་རོལ་བཞིན་པའི་ཕྱི་ཤུག་ཕོ་མོ་དེས་ཇ་ལ་བསྟབ་པ་དང་། རང་རང་གི་སྟོད་སྟེགས་སུ་བསྡད་པ་དང་། གཞན་ཡང་མར་བསྡད་པའམ་ཡར་ལངས་པ་གང་རུང་སྐབས་རང་ཚུགས་ཐེན་པོས་ཐད་དྲང་དུ་གཞི་ཚུགས་ནུས་པ་བྱ་རྒྱུར་རམ་འདེགས་བྱེད་པ་བརྒྱུད་ཕྱི་ཤུག་ཕོ་མོ་དེར་རྟེན་སྐྱོར་དང་སྲུང་སྐྱོབ་བྱེད།

"རིགས་རྫས་དང་ཕྲ་ཕུང་"(ཚེ་སྲོག་ཅན་རིག་གི་སྔོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་གཉིས་པ་)ནང་པགས་པའི་སྙིང་ཇ་ཚ་བོ་རིག་པ་ལས་བྱུང་བའི་རིག་ཚོར་དང་དྲོད་ཚོར་སྐོར་འགྲེལ་བརྗོད་བྱས་པ་བརྒྱུད་ངེད་ཚོས་སྐྱི་ལྤགས་མ་ལག་(པགས་པ་)སྐོར་གླེང་ཡོད། ནུ་གསོས་སེམས་ཅན་རྣམས་ལ་ཆ་མཚོན་ན། འཚར་འཕེལ་བྱེད་བཞིན་པའི་པགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ལས་ལྷང་ལ་འབྱུས་པའི་བཀོད་དབྱིབས་ཀྱི་ཁོངས་སུ་སྐྲ་སྤུ་དང་། སེན་མོ་དང་། རྔུལ་རྨེན་དང་། གཞན་ཡང་ཇའི་ཚ་དྲོད་ཚོར་ཤེས་བྱེད་པའི་དབང་ཚོར་སྣེ་ལེན་པ་དག་ཚུད་ཡོད། དེ་ལ་ཕྱི་པགས་ནི་ཚུ་འཚོག་ནུས་ཤིང་ལུས་ཀྱི་པགས་པའི་ཕྱི་ངོས་སུ་གྲུབ་པའི་རིམ་པ་དེར་ཟེར་ལ། དེའི་འོག་གི་རིམ་པ་དེར་ནི་བར་པགས་ཞེས་བརྗོད་ཅིང་། དེ་ནི་རྩིད་དར་རང་བཞིན་གྱི་མཐུད་སྦྱོར་ཕུང་གྲུབ་གིས་གྲུབ་པ་ཞིག་རེད།

སེམས་ཅན་མང་ཆེ་བར་ལུས་ཀྱི་པགས་པའི་འོག་ཉིད་དུ་ནང་གི་རུས་ཀྲང་ཡོད་ཅིང་། རུས་པ་དང་ཕྲུམ་རུས་ལས་གྲུབ་པའི་རུས་སྒྲོམ་འདིས་པགས་པའི་རྟེན་བྱེད་པ་དང་། ཤ་གནད་དག་ལ་སྦྲེལ་སྦྱོར་བྱེད་སའི་གཞི་ཞིག་ཀྱང་འདིས་སྤྲིན་པ་རེད། དཔེ་རིས་ ༣༨ ཀྱིས་མིའི་རུས་སྒྲོམ་མཚོན་ཞིང་། མི་ཞིག་ལ་ཡོད་པའི་རུས་པ་ ༢༠༦ ཡོངས་ནས་སྐབས་འབྲེལ་ཇ་ལ་རོལ་བཞིན་པའི་ཕྱི་ཤུག་གཉིས་པོ་དེར་དམིགས་བསལ་གལ་གནད་གཟུང་བ་ནི་ཡོང་ཚོའི་ཀླད་པ་བསྲུང་ཞིང་སྐྱོབ་པའི་ཀ་ལི་དང་། ཡོང་ཚོའི་སྙིང་ཁམས་བསྲུང་ཞིང་སྐྱོབ་པའི་བྲང་རུས་དག་དང་། ཡོང་ཚོའི་རྒྱུངས་པ་བསྲུང་ཞིང་སྐྱོབ་པའི་རྒྱབ་གཞུང་རུས་པ་དང་། ཡོང་ཚོས་དངོས་ཆས་ལ་བསྟབ་པ་དང་། རེག་པ་དང་། མར་བསྡད་པ་དང་ཡར་ལངས་པ་བཅས་ལ་རམ་འདེགས་བྱེད་པ་སྟེ། ཡོང་ཚོའི་དཔུང་ངར་དང་རྐང་པའི་རུས་པ་བཅས་ཡིན། དེ་ཡང་རུས་སྒྲོམ་གྱིས་ལུས་ཀྱི་མ་ལག་གཞན་ཀུན་དང་ལྷག་པར་ཤ་གནད་དག་དང་མཉམ་སྦྲེལ་བྱེད་པའི་སྒོ་ནས་བྱེད་ལས་འདི་ཀུན་འགྲུབ་ཏུ་འཇུག་གི་ཡོད།

ཤ་གནད་དང་རུས་པ་གཉིས་མཉམ་སྦྲེལ་གྱིས་ལས་ལ་འཇུག་པ་རེད། དཔེར་ན། ཕྱི་ཤུག་གཉིས་པོ་དེས་(དབང་རྩ་མ་ལག་ནས་ཐོན་པའི་བརྡ་འཕྲིན་ཞིག་གི་རྗེས་སུ་ཞུགས་ཏེ་)ཇ་བླུགས་པའི་ཕོར་པར་བསྟབ་པའི་ཚེ་ཡོང་ཚོའི་དཔུང་ངར་གྱི་རུས་པ་སྟེ། དཔུང་རྐང་རུས་པ། ལག་ངར་རུས་ཆེན། ལག་ངར་རུས་ཆུང་རྣམས་ལས་སླ་པོར་གཡོ་འགུལ་ཐུབ་ཀྱི་ཡོད། དེ་ལྟར་ནུས་པ་ནི་རུས་པ་ལ་འབྱར་བའི་ཤ་གནད་དེ་དག་གི་འཁོད་ལུགས་ཀྱི་དབང་གིས་རུས་པ་དེ་འདེགས་འཇུའ་(དངོས་ཁམས་རིག་པའི་སྔོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་རྣམས་ལ་ལྟོས།)ཞིག་གི་ཚུལ་གཟུང་གི་ཡོད་ལ། དེར་བརྟེན་དེས་ཤ་གནད་དག་གི་གཡོ་འགུལ་མཐོར་འདེགས་བྱེད་ནུས་པའི་རྒྱུ་མཚན་གྱིས་རེད། དེར་མ་ཟད། དེ་ལྟའི་གཡོ་འགུལ་དེར་གྲུ་མོ་དང་དཔུང་པས་ཀྱང་རམ་འདེགས་བྱེད། དེ་ལ་གྲུ་མོ་དང་ཕྲག་པ་གཉིས་ནི་རུས་པ་གཉིས་དབར་གྲུབ་པའི་བདེ་བླག་ཏུ་འགྲུལ་སྐྱོད་རུང་བའི་ལྷུ་ཚིགས་ཀྱི་མཚན་གཞི་ཡིན། རུས་ཚིགས་སོ་སོར་འཁོད་པའི་རུས་པ་དག་གི་མཇུག་སྣེར་མཐུད་སྦྱོར་ཕུང་གྲུབ་ཀྱིས་གྲུབ་པའི་གཡོག་ཁེབས་ཤིག་ཡོད་ཅིང་། དེས་རླན་གཤེར་ཞིག་གློད་འདོན་བྱེད་པ་དེ་ལ་བརྟེན་ནས་རུས་པ་རྣམས་བདེ་བླག་ངང་འགྲུལ་སྐྱོད་བྱེད་ནུས།

ཕྱི་ཤུག་གཉིས་པོ་དེའི་རུས་འབྱར་ཤ་གནད་དང་རྩ་བ་(སྟེ་ཤ་གྲིམ་རྣམས་རུས་པར་སྦྲེལ་བྱེད་ཀྱི་མཐུད་སྦྱོར་ཕུང་གྲུབ་)རྣམས་ཕྲག་པ་དང་གྲུ་མོའི་ལྷུ་ཚིགས་ཀྱི་སྟེང་ནས་རྒྱུགས་ཏེ་ཕྱོགས་གཉིས་ཀ་ནས་རུས་པ་རྣམས་གཟུང་ལ། འཁྱུམ་བྱེད་ཤ་གྲིམ་དག་གིས་རུས་པ་རྣམས་ནང་ཕན་ཚུན་གྱི་ཕྱོགས་སུའམ། དེ་ལས་ལྡོག་པའི་ཕྱོགས་སུ་འཐེན་གྱི་ཡོད། ཤ་གྲིམ་རྣམས་ཕན་ཚུན་གོ་ལྡོག་སྟེ་ལས་ལ་འཇུག་པ་ནི། དཔེར་ན། ཕྱི་ཤུག་གཉིས་པོའི་ནང་ནས་ཇ་ལ་རོལ་བའི་སྐྱེས་པ་དེས་ཅོག་ཙེའི་སྟེང་ནས་ཕོར་པ་ཡར་འགྱོག་སྟེ་རང་གི་ཁར་འདེགས་པའི་གཡོ་འགུལ་གྱི་བྱ་གཞག་དེར། ཡོའི་དཔུང་ཤང་ཉ་བྱང་འཁུམ་པ་དང་ལྷན་དུ་ཡོའི་དཔུང་ཤང་ཉ་གསུམ་ལྷོད་ལ། ཡང་ནམ་ཞིག་སྐྱེས་པ་དེས་ཕོར་པ་མར་བཞག་ཚེ། ཤ་གྲིམ་དེ་དག་ཕན་ཚུན་གོ་ལྡོག་སྟེ་ལས་ལ་འཇུག་པ་སྟེ། ཡོའི་དཔུང་ཤང་ཉ་བྱང་ལྷོད་པ་དང་ལྷན་དུ་ཡོའི་དཔུང་ཤང་ཉ་གསུམ་འཁུམ་པ་རེད་(དཔེ་རིས། ༣༩)།།



དཔེ་རིས། ༣༨ མིའི་ལུས་ཕུང་གི་རུས་ཀྲང་ལ་རུས་པ་ ༢༠༦ ཡོད།

དཔེ་རིས། ༣༩ དཔུང་ཤང་ཉ་བྱང་དང་དཔུང་ཤང་ཉ་གསུམ་ཞེས་པ་ནི་དཔུང་ངར་ལ་ཆགས་པའི་ཤ་གྲིམ་གྱི་ཚོགས་མི་འདྲ་བ་གཉིས་ཡིན་ལ། དེ་གཉིས་ལས་ལ་ཞུགས་སྐབས་ཕན་ཚུན་གོ་ལྡོག་སྟེ་འཇུག་པ་རེད།

Skeletal muscles like the triceps and biceps in our couples' arms have evolved a fibrous structure that fits their contracting function. Figure 30 shows the different levels of muscle organization in our man's arm. The biceps, like all skeletal muscle, is composed of fibers wrapped in a connective package. Each fiber is in turn composed of smaller fibers (called myofibrils; 'myo' means muscle). It is the sliding of these fibers across each other that is responsible for contraction. Figure 31 shows the molecular mechanism of muscle contraction. Contraction in skeletal muscle involves electrical signals from neurons (as discussed in previous primers) together with life's major energy source (ATP) working on the fibrous proteins that compose muscle (myosin, actin, troponin, and tropomyosin most prominently). We will discuss metabolism, the production and use of energy in more detail below.

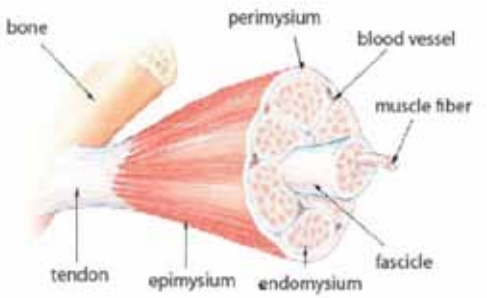


Figure 30: Muscles have many levels of organization.

Cardiac muscle that drives the fast-beating hearts of our newlyweds and smooth muscle that helps regulate blood pressure by squeezing the walls of blood-bearing vessels are the two other major types of muscle tissue. They use the same basic components and mechanisms to contract as does skeletal muscle, but adapted to fit their particular jobs.

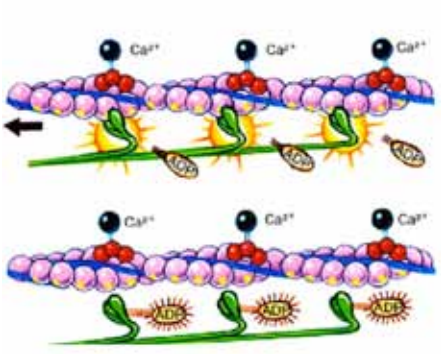


Figure 31: Calcium binds to totroponin(in(in red)red)to reveal to-vealmyosin binding(in green) sitesbindingonactinsites(in onpink) the foractinthefilamentsmyosin (in green).

THE IMMUNE SYSTEM

The immune system is a fascinating and complex one that we will spend much more time with in Life Sciences Primer IV. In general, suffice it to say that if any potential pathogens—like bacteria, viruses, fungi—are on the cups when our couple lifts their chai to their lips, our immune systems will get right to work. This is our internal security force, and we have two different types: a non-specific response force and a specific response force.

Imagine a foreign bacterium infects the woman in our chai-couple. Bacteria have different proteins on their cell surfaces (called **antigens**) than her cells do, so these pathogens' proteins are recognized immediately by her immune system. Figure 32 shows the different kinds of phagocytic cells of

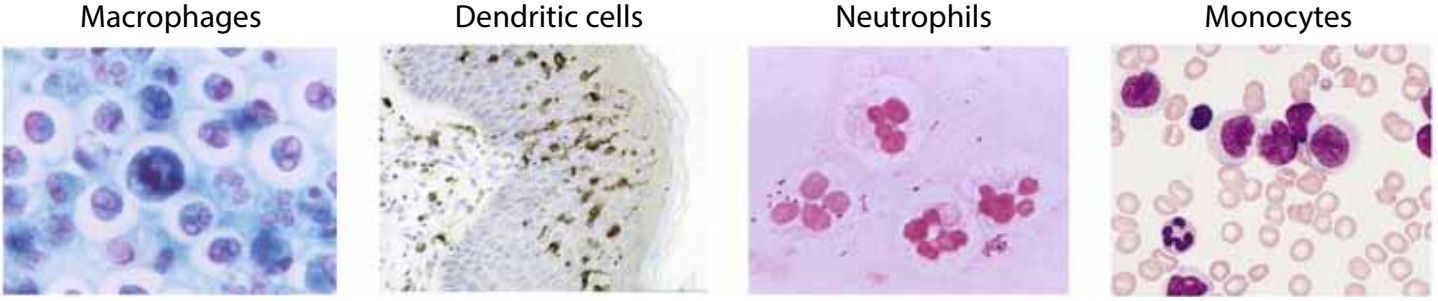
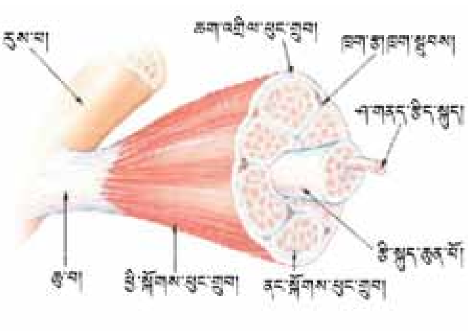
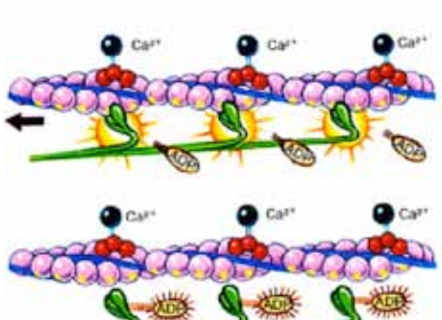


Figure 32: Micrographs from left to right of different phagocytic cells: macrophages, dendritic cells, neutrophils, and a cluster of monocytes and neutrophils.



དཔེ་རིས། ༣༠ ཤ་གྲིམ་དག་ལ་བཀོད་སྒྲིག་གི་བང་རིམ་མང་དག་ཅིག་ཡོད།



དཔེ་རིས། ༣༡ གྲུང་སྨྲི་(ཟིང་སྐྱ་)རྩིད་དར་དག་གི་ཁྱད་ངོས་སུ་གྲིམ་སྨྲི་(ལྟང་གུ་)འཆིང་སྦྱོར་བྱ་སའི་ས་ཁུལ་རྣམས་མངོན་གསལ་ཆེད་དཀར་ཤམ་གྱིས་འགྱུར་སྨྲི་(དམར་པོ་)ལ་འཆིང་སྦྱོར་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།

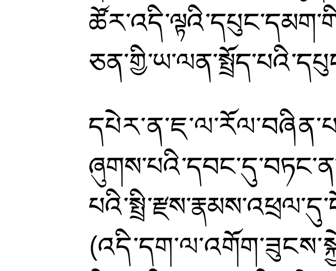
དེ་ཡང་ཕྲ་ཤུག་གཉིས་པོ་དེའི་དཔུང་ངར་ལ་ཆགས་པའི་དཔུང་རྐང་ཞུ་ཟུང་དང་ཞུ་གསུམ་ལྷ་བུའི་རྟུས་འབྱར་ཤ་གྲིམ་དེ་རྣམས་འཁུམ་སྟུད་ཀྱི་བྱ་བར་འཕྲོད་པའི་རྩིད་དར་གྱི་རྣམ་པར་འཕེལ་འགྱུར་བྱུང་ཡོད། དཔེ་རིས་ ༣༠ ནང་མིའི་དཔུང་ངར་ལ་ཆགས་པའི་ཤ་གྲིམ་གྱི་བཀོད་སྒྲིག་རིམ་པ་མི་འདྲ་བ་སྣ་ཚོགས་པ་རྣམས་མཚོན་ཡོད་ལ། རྟུས་འབྱར་ཤ་གྲིམ་ཀུན་དང་མཚུངས་པར་དཔུང་རྐང་ཞུ་ཟུང་དེ་ཡང་མཐུད་སྦྱོར་རང་བཞིན་གྱི་ཕྲུམ་ཁྲེས་ཤིག་གི་ནང་དཀྲིས་ནས་ཡོད་པའི་རྩིད་དར་དག་གིས་གྲུབ་པ་དང་། རྩིད་དར་དེ་དག་ཀྱང་རེ་རེ་ནས་དེ་བས་ཕྲ་བའི་རྩིད་སྐུད་(དེ་དག་ལ་ཤ་གྲིམ་རྩིད་ཕྲན་ཟེར་ཞིང་། འདིའི་མིང་གི་ཆ་ཤས་"མ་ཡ"ཞེས་པ་ཤ་གྲིམ་ལ་གོ)དག་གིས་གྲུབ་པ་རེད། རྩིད་དར་འདི་དག་ཕན་ཚུན་ཤུད་ནས་འགྲུལ་བ་འདི་ལ་བརྟེན་ནས་འཁུམ་སྟུད་ཀྱི་བྱ་བ་འགྲུབ་ཐུབ། དཔེ་རིས་ ༣༡ ནང་ཤ་གནད་དག་ལ་ལྡན་པའི་འཁུམ་སྟུད་བྱ་བ་དེའི་འདུས་རྟུལ་རིམ་པའི་ལས་ཚུལ་དེ་མཚོན་ཡོད། རྟུས་འབྱར་ཤ་གྲིམ་དག་གི་འཁུམ་སྟུད་བྱ་བ་དེ་འགྲུབ་ལུགས་ནི། (སྔོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་སྔ་མ་རྣམས་སུ་གྲོས་སྟུར་བྱས་པ་བཞིན་)དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་དག་ལས་འབབས་པའི་གློག་གི་བརྡ་འཕྲིན་རྣམས་དང་ལྷན་དུ་ཚ་སྒོག་གི་ཁུས་པའི་འབྱུང་ཁུངས་གཙོ་བོ(ཨེ་ཊི་ནོ་སིན་ཊི་ར་ཡི་ཕོ་སི་ཕེཊ་འདུས་རྟུལ། བསྡུས་མིང་དུ་)ཨེ་ཊི་པི་འདུས་རྟུལ་རྣམས་ཀྱིས་ཤ་གྲིམ་རྣམས་གང་ལས་གྲུབ་པའི་རྩིད་དར་རང་བཞིན་གྱི་སྨྲི་རྫས(གཙོ་ཆེར་གྲིམ་སྨྲི་དང་། གྲུང་སྨྲི། འགྱུར་སྨྲི། འགྱུར་གྲིམ་སྨྲི་རྫས་ལྟ་བུ)དེ་དག་གི་སྟེང་དུ་བྱེད་ནུས་བཏོན་པ་ལས་འགྲུབ་ཀྱི་ཡོད། ང་ཚོས་གཤམ་དུ་ནུས་སྤྱུར་བྱེད་རིམ་སྟེ། ནུས་པ་སྐྱིད་སྐྱུན་དང་བཀོལ་སྤྱོད་བྱེད་ཚུལ་སྐོར་རྒྱས་པར་གྲོས་སྟུར་བྱ་རྒྱུ་ཡིན།

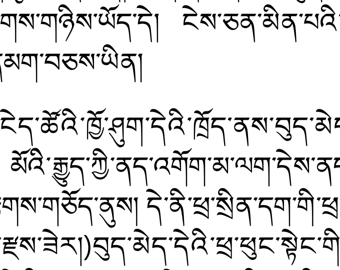
སྙིང་གི་ཤ་གྲིམ་སྟེ། གང་ཞིག་གིས་གཉེན་སྒྲིག་བྱས་མ་ཐག་པའི་བཟའ་ཚོ་དག་གི་སྙིང་གི་འཕར་ལྡིང་མྱུར་མོ་དེ་སྐྱུལ་བར་བྱེད་པ་དེ་དང་། འཛམ་པའི་ཤ་གྲིམ་སྟེ། གང་ཞིག་གིས་ཁྲག་འཁྱུར་བའི་རྩ་ལམ་དག་གི་ཀྲུང་ལོགས་འཆིར་བའི་སྒོ་ནས་ཁྲག་ཤེད་སྟངས་འཛིན་བྱེད་པ་སྟེ། ཤ་གྲིམ་དེ་གཉིས་ནི་ཤ་གྲིམ་ཕུང་གྲུབ་ཀྱི་རིགས་གཙོ་ཆེ་བ་གཞན་གཉིས་ཡིན། དེ་དག་གིས་ཀྱང་རྟུས་འབྱར་ཤ་གྲིམ་ཇི་ལྟ་བ་བཞིན་འཁུམ་སྟུད་ཀྱི་བྱ་བ་འགྲུབ་པར་གཞི་རིམ་གྱི་ཆ་ལག་དང་ལས་ཚུལ་དེ་ག་ཉིད་སྤྱོད་སྒོར་བསྟེན་མོད། དེ་དག་རང་རང་གི་སྐབས་འབྲེལ་བྱེད་སྒོ་དག་ལ་འཚམ་འགྲིག་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།

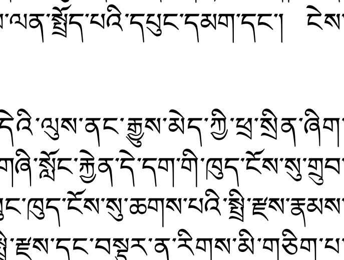
ནད་འགོག་མ་ལག

ལུས་ཀྱི་ནད་འགོག་མ་ལག་ནི་སྤྲོ་སྣང་སྦྱིན་པ་ཞིག་དང་། རྙོག་འཛིང་ཡང་ཆེ་ཙམ་ཞིག་ཡིན། ངེད་ཚོས་འདི་སྐོར་ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སྔོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་བཞི་པར་ཙུང་ཟད་རྒྱས་པར་བགྲོ་གླེང་བྱ་ལ། སྤྱིར་བཏང་ཙམ་དུ་བཤད་ན། ངེད་ཚོས་གླེང་གཞིར་འཁྱེར་བའི་ཕྲ་ཤུག་གཉིས་པོ་དེས་སོ་སོའི་ཇ་ཕོར་དེ་རང་རང་གི་ཁ་འཁྲམ་དུ་བཀྲུགས་ནས་འཐུང་བའི་མཚམས་དེར་གལ་ཏེ་ཕོར་པའི་ཁ་ཟུར་དུ། དཔེར་ན། ཕྲ་སྲིན་དང་། དུག་སྲིན་དང་། ཤ་མོ་ལྟ་བུ་ཉེན་ཁ་བཟོ་སྲིད་པའི་ནད་གཞི་སློང་རྐྱེན་གྱི་མཚན་གཞི་ཅི་རིགས་པ་ཞིག་ཡོད་ཚེ། ངེད་ཚོའི་རྒྱུད་ཀྱི་ནད་འགོག་མ་ལག་དེ་ཉིད་སྐབས་དེར་ལམ་སེང་ལས་ལ་འཇུག་ཚོག་ཏུ་འཁོད་ཡོད། འདི་ནི་ངེད་ཚོའི་རྒྱུད་ཀྱི་ནང་བསྲུང་དཔུང་དམག་ལྟ་བུ་ཡིན། ངེད་ཚོར་འདི་ལྟའི་དཔུང་དམག་གི་རིགས་གཉིས་ཡོད་དེ། ངེས་ཅན་མིན་པའི་ཡ་ལན་སྤྲོད་པའི་དཔུང་དམག་དང་། ངེས་ཅན་གྱི་ཡ་ལན་སྤྲོད་པའི་དཔུང་དམག་བཅས་ཡིན།

དཔེར་ན་ཇ་ལ་རོལ་བཞིན་པའི་ངེད་ཚོའི་ཕྲ་ཤུག་དེའི་ཁྲིད་ནས་བུད་མེད་དེའི་ལུས་ནང་རྒྱུས་མེད་ཀྱི་ཕྲ་སྲིན་ཞིག་ཞུགས་པའི་དབང་དུ་བཏང་ན། མོའི་རྒྱུད་ཀྱི་ནད་འགོག་མ་ལག་དེས་ནད་གཞི་སློང་རྐྱེན་དེ་དག་གི་ཁྱད་ངོས་སུ་གྲུབ་པའི་སྨྲི་རྫས་རྣམས་འཕྲལ་དུ་ངོ་རྟགས་གཅོད་ནུས། དེ་ནི་ཕྲ་སྲིན་དག་གི་ཕྲ་ཕུང་ཁྱད་ངོས་སུ་ཆགས་པའི་སྨྲི་རྫས་རྣམས(འདི་དག་ལ་འགོག་ཟུངས་སྐྱེད་རྫས་ཟེར།)བུད་མེད་དེའི་ཕྲ་ཕུང་སྟེང་གི་སྨྲི་རྫས་དང་བསྡུར་ན་རིགས་མི་གཅིག་པ་ཡིན་པའི་རྒྱུ་མཚན་གྱིས་རེད། དཔེ་རིས་ ༣༢ ནང་ངེས་ཅན་མིན་པའི་ནད་འགོག་མ་ལག་ཏུ་གཏོགས་པའི་ཟ་བྱེད་ཕྲ







དཔེ་རིས། ༣༢ གོང་གསལ་ནི་ཟ་བྱེད་ཕྲ་ཕུང་གི་ཕྲ་གཟུགས་བརྙན་པར་ཁག་ཅིག་རེད། དེ་དག་ནི་རིམ་པ་བཞིན། (གཡོན་ཟུར་)རགས་ཟ་ཕྲ་ཕུང་དང་། (གཡོན་)ཚེབ་ལག་ཕྲ་ཕུང་། (གཡས་)བར་ལེན་ཕྲ་ཕུང་། (གཡས་ཟུར་)གཅིག་ལྡན་ཕྲ་ཕུང་གི་སྟེབ་ཚོགས་དང་བར་ལེན་ཕྲ་ཕུང་བཅས་རེད།

the non-specific immune system. Specifically, receptors of **phagocytes** bind the antigens and swallow and digest these foreign materials.

This early, non-specific recognition stimulates the other parts of the woman's non-specific immune response. Her phagocytes get more efficient, and, much like the binding of cAMP in slime mold activates transcription factors to turn on genes, binding to phagocytes also activate many genes to produce proteins signaling that an invasion has taken place. Many of these invader-signaling proteins are known as cytokines, and they help regulate both the non-specific and the specific immune response. Different cytokines are secreted by different immune system cell types and some cytokines are only made in response to certain types of infection (Figure 33).

Interferons (IFN)	Tumor Necrosis Factor (TNF)
- interfere with viral replication - activate other immune cells	- can cause cell death - may be involved in tumor regression
Interleukin (IL)	Chemokines
- promote the development and differentiation of T-cells and B-cells	- bring immune cells to sites of infection - direct cells in normal tissue development

Figure 33: Different types of cytokines and their functions.

Some cytokines secreted by phagocytes activate another part of the non-specific immune response called **complement** (because it complements the rest of the immune system); some pathogens also activate complement directly. Complement is present in species evolutionarily as far away from humans as crabs, suggesting that it has been around as a pathogen-fighting strategy for millions of years.

Complement attacks pathogens using four distinct strategies, including lysing the invaders, covering them with molecules that make it easier for phagocytes to eat them, and activating other parts of the immune system to help in the attack. For example, complement uses chemotaxis to attract **leukocytes** (the white blood cells of the immune system) to the pathogen. The leukocytes then help destroy pathogens.

Inflammation is another non-specific immune response and is activated and regulated by cytokines after infection. Inflammation causes an increase in the diameter of blood vessels near the site of infection, allowing more blood and thus more pathogen-fighting molecules to reach the area. At the same time, inflammation increases the permeability of the blood vessels, so immune response molecules can leak into the infected area to help fight infection; this process of inflammation causes swelling, which can be painful. More macrophages and other phagocytic cells also leave the blood and move into the infected area to attack the pathogens. Sometimes this local response can raise the temperature of your whole body, causing fever. Fever, thus, is beneficial in that it helps the immune system fight infection, but it can also cause problems if it continues for too long or if your body temperature goes too high.

ཕུང་གི་རིགས་མི་འདྲ་བ་དེ་འདྲ་མཚོན་འགྲེལ་བྱས་ཡོད། ལྷག་དོན། ཟ་བྱེད་ཕྲ་ཕུང་དག་གི་ཕྱི་ངོས་སུ་ཆགས་པའི་སྣེ་ལེན་པ་རྣམས་ཀྱིས་འགོག་ཐུབས་སྐྱེད་རྫས་རྣམས་འཆིང་ཞིང་སྨོམ་ལ་ཁྱུར་མིད་གཏོང་བ་རེད།

འདི་ལྟར་དུ་ངེས་ཅན་མིན་པའི་ཚུལ་གྱིས་སྔ་ས་ནས་ངོ་རྟགས་ཚོད་པ་འདིས་བུད་མེད་ཀྱི་ལུས་ཀྱི་ཆ་ཤས་གཞན་དག་ནས་འཐོན་པའི་ངེས་ཅན་མིན་པའི་ནད་འགོག་རང་བཞིན་གྱི་ཡ་ལན་རྣམ་འགྱུར་དེ་འདྲ་སྟོང་གི་ཡོད། འདི་ལ་བརྟེན་ནས་བུད་མེད་དེའི་རྒྱུད་ཀྱི་ཟ་བྱེད་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ལས་ཕྱོད་ཆེ་བར་འགྱུར། ཐུར་སྨྱུག་ཕུང་རྒྱུད་དུ་འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྟལ་ལ་འཆིང་སྦྱོར་ཐེབས་པ་དེས་ཕབ་ལེན་རྐྱེན་རྫས་རྣམས་བསླངས་ཤིང་། དེས་རིགས་རྫས་སད་པར་བྱེད་པ་ཇི་ལྟ་བ་བཞིན། འདིར་ཡང་ཟ་བྱེད་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ལ་འཆིང་ཞིང་སྨོམ་པ་དེས་ལུས་ཕུང་ལ་ཚུར་ཀློལ་བྱུང་བའི་བཙ་འཕྲིན་གཏོང་མཁན་གྱི་སྲི་རྫས་རིགས་བསྐྱེད་པའི་རིགས་རྫས་མང་དག་ཅིག་ཡར་སད་པར་བྱེད་པ་རེད། འདི་ལྟར་དུ་འཐབ་རྒོལ་བཙ་འཕྲིན་གཏོང་མཁན་གྱི་སྲི་རྫས་མང་པོ་ཞིག་ལ་བཙ་སྲི་"ཟེར་ལ། དེ་དག་གིས་ངེས་ཅན་དང་ངེས་ཅན་མིན་པའི་ནད་འགོག་ཡ་ལན་གྱི་རིགས་གཉིས་ཀར་སྣངས་འཛིན་ཐུབ་པར་རམ་འདེགས་བྱེད། དེ་ཡང་ནད་འགོག་མ་ལག་གི་ཕྲ་ཕུང་རིགས་མི་འདྲ་བ་སོ་སོས་བཙ་སྲི་ཡི་རྣམ་པ་མི་འདྲ་བ་འཆོར་འདོན་བྱེད་ལ། དེ་དག་ལས་བཙ་སྲི་འགའ་རེ་ནི་གཞན་ཁའི་རིགས་ངེས་བཟུང་(དཔེ་རིས།༡༡)དེ་འདྲ་ཁོ་ནར་ཡ་ལན་སྤྲོད་ཆེད་དུ་གྲུབ་ཡོད།

ཟེ་ཚོགས་སྐྱི་རྣམ།	སྨན་རྒྱ་འཛོམས་སྐྱི།
དུག་སྲིན་ངོ་བཤུའི་བྱེད་རྫས་ནང་ཟེ་གནོགས་བྱེད། ནད་འགོག་ལྷ་ཕུང་གཞན་དག་ཡར་སྐྱོང་བར་བྱེད།	འདི་ས་ལྷ་ཕུང་གི་འཆི་སྐྱོན་སྐྱོང་ཤིད། སྨན་ནད་བསྐྱར་ལོག་བྱེད་པའི་རྒྱུད་རིམ་ནང་འཕྲེལ་བ་ཡོད་ཤིད།
དཀར་ཕུང་བྱེ་སྐྱི།	རྣམ་ལྡན་སྐྱི་རྣམ།
ཏི་-ལྷ་ཕུང་གི་རིགས་དང་སྦྱི-ལྷ་ཕུང་རིགས་ཀྱི་འཕར་འཕེལ་དང་དབྱེ་ཚོད་བྱེད་རིམ་ལ་འདེགས་སྐྱོར་བྱེད།	ནད་འགོག་ལྷ་ཕུང་རྣམས་གཞན་ཁའི་ཆ་ཁྱུལ་དུ་འོང་འཛིན་བྱེད། རང་རང་གི་ཕུང་གྲུབ་འཕར་འཕེལ་ཕྱུགས་མཐུན་དུ་འབྱུང་བའི་རྒྱུགས་སུ་ལྷ་ཕུང་རྣམས་ལ་ཁ་སྐུར་གཏོང་།

དཔེ་རིས། ༡༡ བཙ་སྲི་ཡི་རིགས་མི་འདྲ་བ་དང་དེ་དག་གི་བྱེད་ལས་གསལ་བའི་རེའུ་མིག

ཟ་བྱེད་ཕྲ་ཕུང་དག་གིས་འཆོར་འདོན་བྱས་པའི་བཙ་སྲི་ཡི་རིགས་ཁག་ཅིག་གིས་ངེས་ཅན་མིན་པའི་ནད་འགོག་ཡ་ལན་གྱི་ཆ་ཤས་གཞན་ཞིག་སློང་བར་བྱེད་ཅིང་། དེ་འདྲའི་ཆ་ཤས་དེར་ཁ་སྐོང་ཡན་ལག་ཟེར། (དེ་ནི་དེས་ནད་འགོག་མ་ལག་བྱིངས་ལ་ཁ་སྐོང་བྱེད་པ་ལས་ཐ་སྙད་དེ་ལྟར་བཏགས་པ་རེད།) དེ་ཡང་ནད་གཞི་སློང་རྐྱེན་འགའ་ཞིག་གིས་ཁ་སྐོང་ཡན་ལག་དེ་འདྲའང་དངོས་སུ་ཡར་སློང་གི་ཡོད། ཁ་སྐོང་ཡན་ལག་འདི་རིགས་ནི་སྡིག་སྲིན་ལྟ་བུ་འཕེལ་འགྱུར་གྱི་ཕྱོགས་ནས་བལྟས་ན་མིའི་འགྲོ་བ་ནས་ཏ་ཅང་རྒྱང་ཐག་རིང་བའི་སྐྱེ་དངོས་ཉེ་རིགས་ཁྲོད་དུའང་རྟེན་དུ་ཡོད་ལ། འདིས་ཡན་ལག་འདི་ནད་གཞི་སློང་རྐྱེན་ལ་འཐབ་རྒོལ་གྱི་ཐབས་བྱུས་ཚུལ་དུ་ལོ་ངོ་ས་ཡ་མང་པོའི་རིང་འཚོ་གནས་བྱས་ཡོད་པར་སྣེ་སྟོན་བྱེད།

དེ་ལ་ཁ་སྐོང་ཡན་ལག་འདིས་ཐབས་འཕྲུལ་མི་འདྲ་བ་བཞི་ལ་བརྟེན་ནས་ནད་གཞི་སློང་རྐྱེན་དག་ལ་འགོག་རྒོལ་བྱེད་ལ། ཐབས་འཕྲུལ་དེ་དག་གི་ཁོངས་སུ་ཚུར་རྒོལ་བ་རྣམས་ལ་ལིས་བཤིག་གཏོང་བ་དང་། སློང་རྐྱེན་དེ་རྣམས་འདུས་རྟལ་གྱིས་འཐུམས་པར་བྱས་ཏེ་ཟ་བྱེད་ཕྲ་ཕུང་དག་གིས་ལས་སླ་པོར་བཟའ་ཐུབ་པར་བཟོས་པ་དང་། འགོག་རྒོལ་གྱི་བྱ་བར་རམ་འདེགས་འཐོབ་ཆེད་ནད་འགོག་མ་ལག་གི་ཡན་ལག་གཞན་དག་ཀྱང་སད་པར་བྱེད་པ་བཅས་ཚུད་ཡོད། དཔེར་ན། ཁ་སྐོང་ཡན་ལག་འདིས་ནད་གཞི་སློང་རྐྱེན་དག་ལ་དཀར་ཕུང་(ནད་འགོག་མ་ལག་ཏུ་གཏོགས་པའི་ཁྲག་དཀར་ཕྲ་ཕུང་)འཕྲད་དུ་འཇུག་ཆེད་རྫས་འབྲེལ་ཕྱོགས་བསྐྱོད་བགོལ་སྒྱོད་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། དེ་ནས་དཀར་ཕུང་དག་གིས་ནད་གཞི་སློང་རྐྱེན་རྣམས་གཞོམ་རྒྱུར་རམ་འདེགས་བྱེད་པ་རེད།

གཉན་ཚད་ནི་ནད་འགོག་བྱེད་རིམ་ཁོངས་ཀྱི་ངེས་ཅན་མིན་པའི་ཡ་ལན་རྣམ་པ་ཞིག་རེད། འདི་གཉན་ཁ་བྱུང་བའི་རྗེས་སུ་བཙ་སྲི་དག་གིས་སློང་ཞིང་སྣངས་འཛིན་བྱེད་ས་ཞིག་རེད། དེ་ལ་གཉན་ཚད་ཀྱིས་གཉན་ཁ་འབྱུང་སའི་ཉེ་འཁྲིས་ཀྱི་ཁྲག་རྩ་དག་གི་ཞེང་ཚད་རྒྱས་པའི་རྐྱེན་བྱེད་ལ། འདིས་ཆ་ཁུལ་དེར་ཁྲག་མང་བ་རྒྱུག་ཏུ་འཇུག་པ་དང་། དེ་ལ་བརྟེན་ནས་ཆ་ཁུལ་དེར་ནད་གཞི་སློང་རྐྱེན་དག་ལ་འགོག་རྒོལ་བྱེད་པའི་འདུས་རྟལ་མང་བ་འཁྱེར་ཐུབ། དེ་དང་དུས་མཚུངས་སུ་གཉན་ཚད་ཀྱིས་ཁྲག་རྩའི་ཚགས་གཤིས་ལྷོད་པར་བྱེད་ལ། དེ་ལ་བརྟེན་ནས་ནད་འགོག་ཡ་ལན་དུ་གྱུར་པའི་འདུས་རྟལ་རྣམས་གཉན་ཁ་ཐོག་སའི་ཆ་ཁུལ་དུ་ཐིགས་ཏེ་གཉན་ཁར་འགོག་རྒོལ་བྱེད་ཐུབ། གཉན་ཚད་ལངས་པའི་བྱེད་རིམ་འདིས་ཟུག་རྔུ་ཅན་གྱི་སྐྲངས་འབུར་སློང་ལ། རགས་ཟ་ཕྲ་ཕུང་མང་ཆེ་བ་དང་ཟ་བྱེད་ཕྲ་ཕུང་གི་རིགས་གཞན་དག་ཀྱང་ཁྲག་ལས་ཐོན་ནས་ནད་གཞི་སློང་རྐྱེན་དག་ལ་འགོག་རྒོལ་བྱེད་ཆེད་གཉན་ཁའི་ཆ་ཁུལ་དུ་རྒྱུ་བ་རེད། འདི་ལྟར་ཆ་ཁུལ་བྱེ་བྲག་དག་ཏུ་བྱུང་བའི་ཡ་ལན་བྱ་འགྱུལ་གྱིས་སྐབས་རེ་སྐྱེ་བོའི་ལུས་ཕུང་སྤྱི་ཡོངས་ཀྱི་དྲོད་ཚད་སྟར་ཏེ་ཚད་ནད་སློང་སྲིད། དེ་ལྟ་ན་གཉན་ཁར་འགོག་རྒོལ་བྱེད་པའི་ནད་འགོག་མ་ལག་ལ་རམ་འདེགས་བྱེད་པའི་ཆ་ནས་ཚད་ནད་ལ་དགེ་མཚན་ཡོད་མོད། འོན་ཀྱང་འདི་སྨ་མཐུད་དུ་ཡུན་རིང་གནས་པའམ། ཡང་ན། དེ་ལ་བརྟེན་ནས་ལུས་ཀྱི་དྲོད་ཚད་ཧ་ཅང་འཕར་ཆེ་དཀའ་ཉེན་བཟོ་སྲིད།

SPECIFIC IMMUNE RESPONSE

Chances are that the non-specific immune responses we just discussed would be enough to kill bacteria invading the couple's bodies. The non-specific system is always ready to respond and fight foreign invaders at a moment's notice. We also have a powerful partner to the non-specific response and that is the adaptive, specific immunity response. The specific immune response, on the other hand, takes a few days to get going, but amazingly it develops in us to specifically kill particular types of pathogen, even though we've never experienced those pathogens before.

How does this happen? Two general types of cells are important here: **T-cells** and **B-cells**. Both types begin their lives inside bones in bone marrow, where B-cells continue to develop and from where T-cells move to the thymus (a gland near your heart) to finish maturing. Mature T and B-cells, also referred to as **lymphocytes**, are in **lymph nodes**. Lymph is the material that contains immune system molecules and resides in the lymph nodes and lymph-containing organs like the spleen and tonsils. Figure 34 shows the lymphocytes and their life histories.

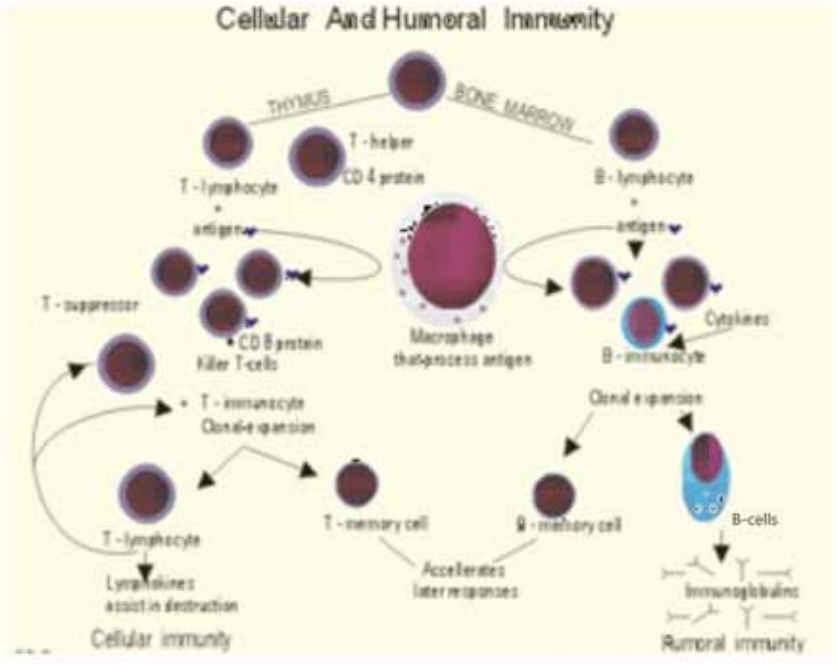


Figure 34: Life histories of human lymphocytes, from New Human Physiology, 2nd Edition, Paulev-Zubieta

IN DEPTH: SELF VS. NON-SELF

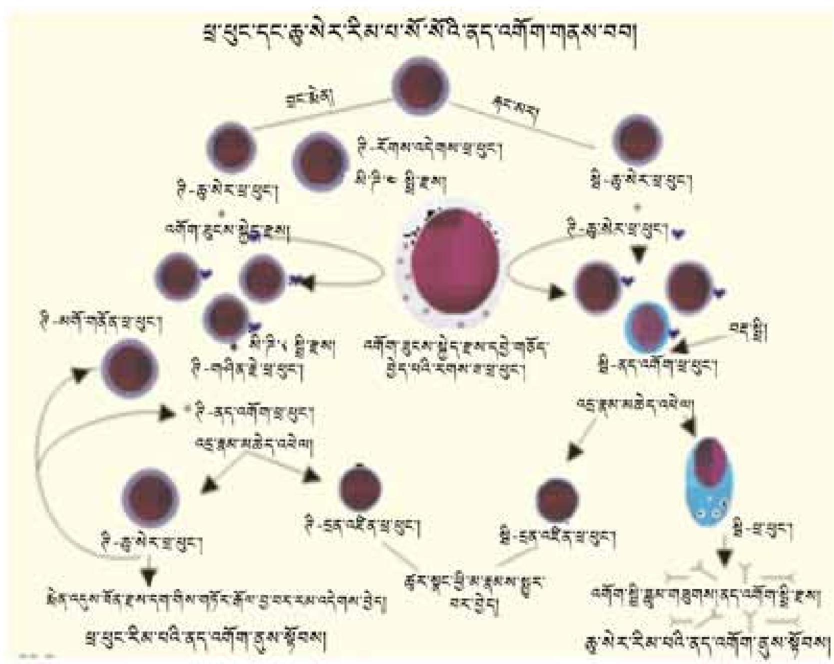
Although this sounds like some profound Buddhist philosophical problem, it is how immunologists refer to a major challenge of the immune system: to ensure the system only attacks foreign cells and not its own host cells. An intricate system has evolved in humans, so that during development immune system cells that are made that would attack self are removed from the system early. Nevertheless, many debilitating diseases known as auto-immune diseases do exist in which immune systems attack normal host cells, causing, as you can imagine serious health issues.

Viruses and bacteria have the advantage of being able to adapt quickly, literally within hours and within one organism. Some of the most insidious human diseases in history have resulted from these pathogens directly attacking the very system that is attacking

ངེས་པ་ཅན་གྱི་ནད་འགོག་ཡ་ལན།

སྤྱིར་ན་ངེད་ཚོས་གོང་ཙམ་དུ་གླེང་ཟིན་པའི་ངེས་ཅན་མིན་པའི་ནད་འགོག་ཡ་ལན་དེ་དག་གཅིག་སྤུས་ཀྱང་སྟར་གྱི་ཁྲོ་ཤུག་དེའི་ལུས་ལ་རྒོལ་བའི་ཕྲ་སྲིན་རྣམས་གསོད་ཐུབ་པ་སྲིད། མ་ཟད། ངེས་ཅན་མིན་པའི་མ་ལག་དེ་ནི་བཟང་ལན་ཞིག་འབྱོར་མ་ཐག་ཕྱིའི་གནོད་པར་ཡ་ལན་དང་འགོག་རྒོལ་བྱེད་རྒྱུར་རྟག་ཏུ་གྲ་སྒྲིག་ཨང་སར་ཡོད། དེའི་ཐོག་ཏུ། ངེས་ཅན་མིན་པའི་ནད་འགོག་ཡ་ལན་དེར་རམ་འདེགས་བྱེད་པའི་ཡ་ལན་མ་ལག་སྟོབས་ཆེ་ཞིང་བསྟུན་འགྱུར་འགྲོ་ནུས་པ་གཞན་ཞིག་ཀྱང་ཡོད་ལ། དེ་ནི་ནད་འགོག་ཡ་ལན་གྱི་མ་ལག་ངེས་ཅན་ཟེར་བ་དེ་རེད། དེ་ཡང་སྔ་མ་དང་མི་འདྲ་བར་ངེས་ཅན་ནད་འགོག་ཡ་ལན་འདི་དངོས་སུ་ལས་ལ་ཞུགས་པར་ཉིན་ཤས་འགོར་གྱི་ཡོད་མོད། འོན་ཀྱང་ངོ་མཚར་ཆེ་བ་ཞིག་ལ་འདི་ཉིད་ནད་གཞི་སློང་རྐྱེན་གྱི་རིགས་ངེས་བཟུང་དེ་འདྲ་ལ་དམིགས་བཙུགས་ཏེ་གསོད་རྒོལ་བྱེད་པའི་ངོ་བོར་འཚར་འཕེལ་བྱེད་ལ། དེས་གསོད་རྒོལ་བྱེད་སའི་ནད་གཞི་སློང་རྐྱེན་གྱི་རིགས་དེ་རྣམས་ངོ་བདག་སྐྱེ་བོ་དེས་སྟར་གཏན་ནས་ཉམས་སུ་མ་མྱོང་བ་དེ་འདྲ་ཡིན་ཡང་ཆོག་པ་རེད།

འདི་ཇི་ལྟར་འབྱུང་ངམ་ཞེ་ན། འདིར་ཕྲ་ཕུང་གི་རིགས་སྤྱིར་བཏང་བ་གཉིས་དང་འབྲེལ་བ་ཡོད། དེ་དག་ནི་ཏེ-ཕྲ་ཕུང་དང་སྦི-ཕྲ་ཕུང་བཅས་རེད། ཕྲ་ཕུང་རིགས་འདི་གཉིས་ཀའི་ཚེ་རྒྱུན་ནི་རུས་པའི་ནང་སྡུག་གི་ཪང་མར་ནང་འགོ་ཚུགས་ཀྱི་ཡོད་ལ། དེར་སྦི-ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ མྱུ་མཐུད་དུ་འཚར་འཕེལ་བྱེད་བཞིན་དུ་གནས་ཤིང་། ཏེ-ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ཆ་ཁྱུལ་དེ་ནས་ཐོན་ཏེ་བྲང་རྨེན་ལ་གནས་སྤོར་བྱེད་ཅིང་། དེར་གཞི་ནས་ཡོ་ལག་ཛོགས་པར་འགྲུབ་ཀྱི་ཡོད། དེ་ཡང་ཡོ་ལག་ཛོགས་པའི་ཏེ-ཕྲ་ཕུང་དང་སྦི-ཕྲ་ཕུང་(འདི་དག་ལ་ཆུ་སེར་ཕྲ་ཕུང་ཞེས་ཀྱང་བརྗོད་)འདི་རྣམས་རྨེན་མདུད་ནང་དུ་འཁོད་ཡོད། དེ་ལ་ཆུ་སེར་ཞེས་པ་ནད་འགོག་མ་ལག་གི་འདུས་རྫས་རིགས་འཁྱུར་བའི་རྫས་རྒྱུ་དེ་ལ་ཟེར་ཞིང་། རྫས་རྒྱུ་དེ་ཉིད་རྨེན་མདུད་ནང་དུ་གནས་ཡོད། དེ་བཞིན་དུ་ཆུ་སེར་འཁྱུར་བའི་དབང་པོ་དཔེར་ན་མཆེར་པ་དང་གྲེ་ཤ་བཅས་ཀྱི་ནང་དུའང་གནས་པ་རེད། དཔེ་རིས ༡༩ ཡིས་ཆུ་སེར་ཕྲ་ཕུང་དག་དང་དེ་དག་གི་ཚེའི་བྱུང་རབས་མཚོན་འགྲེལ་བྱེད།



དཔེ་རིས། ༡༩ མིའི་ཆུ་སེར་ཕྲ་ཕུང་དག་གི་ཚེའི་འཁོར་རྒྱུན། པའོ་ལིབ་ཇོ་སྦྲི་ཊ་ཡིས་བརྩམས་པའི་དཔེ་དེབ"མིའི་ལུས་ཁམས་ཀྱི་གནས་ལུགས་གསར་པ"ཞེས་པའི་དཔར་ཐེངས་གཉིས་པ་ལས་བླངས།

དེ་ལ་དུག་སྲིན་དང་ཕྲ་སྲིན་དག་ལ་དམིགས་བསལ་ཁྱད་ཆོས་ཤིག་ཡོད་པ་ནི། དེ་དག་མགྱོགས་མྱུར་སྐྱོས་བསྟུན་འཕྱོད་བྱེད་ནུས་པ་སྟེ། ཆུ་ཚོད་འགའ་རེ་ཙམ་གྱི་ནང་ཚུན་དུ་དང་། དེ་ཡང་སྐྱེ་དངོས་གཅིག་རང་གི་ནང་དུ་བསྟུན་འཕྱོད་བྱེད་ཐུབ་པ་དེ་རེད། ནད་གཞི་སློང་རྐྱེན་འདི་དག་ལ་འགོག་རྒོལ་བྱེད་པར་ཞུགས་པའི་མ་ལག་དེ་ག་རང་ལ་ནད་གཞི་སློང་རྐྱེན་འདི་དག་གིས་ཚུར་དངོས་སུ་འགོག་རྒོལ་བྱེད་པའི་འབྲས་བུར། བྱུང་རབས་ལོ་རྒྱུས་ནང་མིའི་འགྲོ་བར་ཐོག་པའི་ཆེས་འཇབ་གཤིས་ཅན་གྱི་ནད་ཡམས་ཕལ་ཆེ་བ་ཕྱིར་དོད་ཡོད། ཨེ་ཊ་ཛི་

> **གཏིང་ཚུགས་པའི་ལྟ་ཞིབ། བདག་གམ་བདག་མེད།**
>
> འདིར་སྣང་ཚོད་དུ་ནང་པའི་ལྟ་གྲུབ་དང་འབྲེལ་བའི་གནད་དོན་ཟབ་མོ་ཞིག་གླེང་བ་ལྟ་བུར་སྣང་མོད། འོན་ཀྱང་དོན་དངོས་སུ་ནི་འདི་ནད་འགོག་མ་ལག་དང་འབྲེལ་བའི་མགོ་རྙོག་གཙོ་ཆེ་ཞིག་ལ་ནད་འགོག་རིག་པ་བ་དག་གི་ལྟ་སྟངས་ཞིག་མཚོན་གྱི་ཡོད། མགོ་རྙོག་དེ་ནི་ཕྱི་ནས་བཙན་འཛུལ་བྱེད་པའི་རྒྱུས་མེད་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་ཁོ་ན་ལ་མ་ལག་དེས་འགོག་རྒོལ་བྱེད་པ་མ་གཏོགས། གནས་ཚང་རང་ཁོངས་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་དག་ལ་དེས་འགོག་རྒོལ་མི་བྱེད་པར་ཁག་ཐེག་བྱ་རྒྱུ་དེ་རེད། དེ་ཡང་སྤྱིར་ན་འཕེལ་འགྱུར་རྒྱུན་ཐག་ཁྲོད་མིའི་ལུས་པོར་ཞིབ་རྒྱུས་ཅན་གྱི་མ་ལག་ཅིག་འཕེལ་འགྱུར་བྱུང་ཡོད་ཅིང་། དེ་ལ་བརྟེན་ནས་འཚར་འཕེལ་བརྒྱུད་རིམ་ནང་སྐྱེད་སྐྲུན་བྱས་པའི་ནད་འགོག་མ་ལག་ཁྲོད་ཕྲ་ཕུང་གང་ཞིག་རང་གིས་རང་ལ་འགོག་རྒོལ་བྱེད་ཉེན་ཡོད་རིགས་རྣམས་མ་ལག་དེས་སྔ་ས་ནས་ཕྱིར་འབུད་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། དེ་ལྟ་ནའང་ད་དུང་འགོག་ཟུངས་རང་རྒོལ་ནད་རིགས་སུ་འབོད་པ་ལུས་སྟོབས་རྒུད་བྱེད་ཀྱི་ནད་མང་དག་ཅིག་འབྱུང་གིན་ཡོད་ལ། འདི་དག་གིས་རང་ཁོངས་གནས་ཚང་དེའི་ཕྲ་ཕུང་ཚུལ་མཐུན་དེ་འདྲ་ལའང་འགོག་རྒོལ་བྱེད་པ་རེད། དེས་ན་ཁྱོད་ཀྱིས་ཀྱང་ཚོད་དཔག་ནུས་པ་བཞིན། དེ་ལ་བརྟེན་ནས་འཕྲོད་བསྟེན་དང་འབྲེལ་བའི་གནད་དོན་ཚབས་ཆེ་རིགས་སློང་གི་ཡོད།

them. This is the case with AIDS (acquired immune deficiency syndrome), the plague of the 20th and 21st century. AIDS is caused by a virus that specifically attacks human immune systems; the virus enters T-cells by binding to one of its receptors and quickly begins to kill those T-cells and spread to others. When the immune system of someone with AIDS is thus decimated, it is no longer able to fight off infections, and infections that would normally be quickly vanquished by the immune system, can instead lead to serious illness and death.

T-cells are responsible for one type of specific immune response called cell-mediated immunity. B-cells are responsible for the other type of specific immune response called antibody-mediated immunity.

Macrophages and **dendritic cells** become activated when they detect proteins (referred to as **antigens**) on the surface of invading pathogens. The macrophages and dendritic cells then eat the pathogens, entirely degrading most of them, but saving some proteins from the pathogens to display on their surfaces. This is how macrophages get their name: antigen-presenting cells (APCs). The cells then carry the information in their antigens, very specific information about the invader, to the T-cells in the lymph nodes. The APCs find the lymph nodes thanks to chemotaxis. The T-cells have receptors that recognize the antigens presented by the APCs.

Two general types of T-cells in the lymph nodes await the antigen-presenting cells: Helper T-cells and Cytotoxic ('cyto' for cell, 'toxic' for deadly) T-cells. The T-cells have thousands of different T-cell receptors. When one Helper T-cell receptor recognizes the antigen being presented by the APC, the two cells bind and the Helper T-cell secretes a growth factor that stimulates it and other activated Helper T's to grow bigger and divide by mitosis. This process is called clonal expansion, because now clones, or exact copies, of Helper T-cells which happened to recognize the antigen of the pathogen invaded. Some of the activated Helpers move to the site of infection and attract other parts of the immune system to come and attack the invaders, others remain as Memory T cells to remember this specific type of infection in case it happens again, and still others are involved in activating specific immune response (antibody-mediated immunity).

At the same time APCs are activating Helper T-cells in the lymph nodes, they are also activating Cytotoxic T-cells in a similar manner. Once these Cytotoxic T-cells receive the antigen information about the invader, they also expand clonally and move to the site of infection. Here, as their name suggests, these cells attack and destroy the pathogen.

(འཕྲལ་ཙོག་ནད་འགོག་ཁམས་སྐྱོན་ཀྱི་རྟགས་འདུས་)སྟེ། དུས་རབས་ཉི་ཤུ་དང་ཉེར་གཅིག་གི་ནད་ཡམས་འདི་ཡང་ཙོག་མར་འབྱས་ཚུལ་དེ་ལྟར་རེད། ཞེ་ཤཿཌི་འདི་མིའི་རྒྱུད་ཀྱི་ནད་འགོག་མ་ཡག་དག་ལ་དམིགས་བསྒོམས་ཏེ་འགོག་རོལ་ཅིད་ཡིན་པའི་དུག་སྲིན་ཞིག་གིས་སྐོང་གི་ཡོད། དེའི་ཚུལ་ཡང་། དུག་སྲིན་དེས་ཉི་ཤུ་ཞེ་ཡ་ཙ་ཡང་ཡང་རྒྱང་ཞིག་ལ་འཆིང་སྐྱོང་ཅིའི་སྐོ་ནས་ཐུ་ཁུགས་ལ། དེ་ནས་སྐྱུར་བར་ཀྱི་-ཐུ་ཐུང་དེ་དག་གསོད་འགོག་མ་ཡག་ཆ་ཤས་ཤུན་ཅིག་ལ་འགྱམ་ཀྱི་ཡོད། ཚུལ་འདི་ཉུང་དུ་ཞེ་ཡ་ཙ་ཡིན་ཏེ། ནད་འགོག་མ་ཡག་ཏུ་ཅི་ཡང་ཐུབ་ཀྱི་ཡོད། མ་ཡག་དེས་སྔར་བཞིན་གཉན་ཁ་དག་ལ་གདོང་ལེན་བྱེད་མི་བཏུབ། དེར་མ་ཟད། རྐྱེན་དུ་ནད་འགོག་མ་ཡག་གིས་འཕྲལ་མར་གཞོམ་བྱའི་གཉན་ཁ་དག་གིས་ཀྱང་དེ་གཟོད་ནད་གཞི་དག་པ་དང་འཆི་སྐྱོན་སྐོང་གི་ཡོད།

དེ་ཡང་ཀྱི་-ཐུ་ཐུང་རྣམས་ཐུ་ཐུང་བརྐྱད་པའི་ནད་འགོག་རང་བཞིན་དུ་འགོད་པ། ནད་འགོག་ཡ་ལན་དེས་ཅན་པའི་རིགས་གཅིག་ལ་འཁན་འཁུར་ལ། དེ་བཞིན་དུ་སྤྱི-ཐུ་ཐུང་རྣམས་འགོག་གཟུགས་བརྐྱད་པའི་ནད་འགོག་རང་བཞིན་དུ་འགོད་པ། དེས་ཅན་གྱི་ནད་འགོག་ཡ་ལན་རིགས་གཞན་ཁ་དག་ལ་འཁུར་བ་རེད།

དེ་ལ་ཚུར་ཆོལ་བྱེད་པའི་ནད་གཞི་སྐོང་ཀྱེན་དག་གི་ཕྱི་ངོས་སུ་ཆགས་པའི་སྤྱི་ཇས་(འདི་དག་ལ་འགོག་ཟྱངས་སྐྱེད་ཇས་ཞེས་སུ་འགོད་)དེ་རྣམས་རགས་ཟ་ཐུ་ཐུང་དང་ཆེའ་ཡག་ཐུ་ཐུང་དག་གིས་ཤེས་ཆོར་ཁྱད་ཙ་ན་ཐུ་ཐུང་དེ་དག་སད་པར་འགྱུར་ལ། དེ་ནས་རགས་ཟ་ཐུ་ཐུང་དང་ཆེའ་ཡག་ཐུ་ཐུང་དེ་དག་གིས་ནད་གཞི་སྐོང་ཀྱེན་དེ་དག་ཟ་བར་ཟེད། དེའི་སྐོ་ནས་དེ་དག་ལས་ཚལ་མོ་ཆེ་གཏན་ནས་ཉམས་སྨད་དུ་གཏོང་བ་རེད། དེ་ལྟ་ནའང་ནད་གཞི་སྐོང་ཀྱེན་དག་ལས་ཙོའ་ཡིན་པའི་ཇས་འཁའ་འགྲན་དེ་དག་(རགས་ཟ་ཐུ་ཐུང་དང་ཆེའ་ཡག་ཐུ་ཐུང་)གི་ཕྱི་ངོས་སུ་འཇལགས་བཙུག་པའི་སྐོ་ནས་ཉར་ཚགས་ཟེད་ཀྱི་ཡོད། ཟེད་ཚུལ་འདི་ལ་བརྟེན་ནས་རགས་ཟ་ཐུ་ཐུང་དག་ལ་འགོག་ཟྱངས་སྐྱེད་ཇས་འདོན་པའི་ཐུ་ཐུང་ཞེས་པའི་མིང་ཙོག་སོ།། དེ་ནས་ཐུ་ཐུང་དེ་དག་གིས་རང་རང་གི་འགོག་ཟྱངས་སྐྱེད་ཇས་ནང་གི་ཆ་འཕྲིན་(ཚུར་ཆོལ་ཟེད་མཁན་དག་དང་འཟེལ་བའི་ཆ་འཕྲིན་དམིགས་བཀར་བ་)དེ་ཟེན་མདུད་སྒུག་གི་ཀེ-ཐུ་ཐུང་དག་གི་བར་དུ་འོར་འཇེན་ཟེད་པ་རེད། དེ་ཡང་འགོག་ཟྱངས་སྐྱེད་ཇས་འདོན་པའི་ཐུ་ཐུང་དག་གིས་ཟེན་མདུད་འཚོལ་ཀྱེད་ཐུབ་པ་དེ་ནི་ཇས་འཟེལ་ཐྱོགས་བསྐྱོད་ཀྱི་མཐུ་ལས་ཡིན་པ་དང་། འགོག་ཟྱངས་སྐྱེད་ཇས་འདོན་པའི་ཐུ་ཐུང་གི་ཐུ་ཁུགས་ཀྱི་ཁོངས་སུ་ཚུད་པ་དེ་འཇུ་ཀྱི-ཐུ་ཐུང་དག་ལ་ཡོད་པ་རེད།

ཟེན་མདུད་ནང་སྒུག་ཏུ་ཀེ-ཐུ་ཐུང་གི་ནང་གསེས་རིགས་སྐྱིར་བཏང་བ་གཉིས་ཀྱིས་འགོག་ཟྱངས་སྐྱེད་ཇས་འདོན་པའི་ཐུ་ཐུང་རྣམས་ལ་སྒུག་ནས་བསྡད་ཡོད། དེ་དག་ནི་རོགས་འདེགས་ཀེ-ཐུ་ཐུང་དག་དང་དུག་ཅན་ཀེ-ཐུ་ཐུང་(འདིའི་ 'cyto' ཞེས་པ་ཐུ་ཐུང་དང་། 'toxic' ཞེས་པ་དུག་ཅན་ལ་གོ་བ་རེད།)བཅས་རེད། དེ་ཡང་ཀེ-ཐུ་ཐུང་དག་ལ་ཀེ-ཐུ་ཐུང་སྐྱེ་ལེན་པ་རིགས་མི་གཅིག་པ་སྐོང་ཐུག་མང་པོ་ལྡན་ལ། འགོག་ཟྱངས་སྐྱེད་ཇས་འདོན་པའི་ཐུ་ཐུང་གིས་འཁུར་ཞིག་ཁེག་ཁྱད་པའི་འགྲུལ་ཀེ-ཐུ་ཐུང་དེ་དང་ཁ་སྐོང་ཀྱེན་ཟེད་པ་རེད། སྐོང་ཀྱེན་དེས་རོགས་འདེགས་ཀེ-ཐུ་ཐུང་ལ་ཆགས་ཏེ་ཆེ་རུ་འཇུག་པ་དང་། སྐྱེད་ཐུང་ཀྱིས་ཀྱི་ལམ་ནས་འཀྱེ་འཁྱུར་ཞེབས་སུ་འཇུག་པ་རེད། ཅེད་རིམ་འདི་ལ་ངོ་འཇུ་སྐྱེད་མཆེད་ཟེར་ལ། དེའི་རྐུ་མཚན་ནི་མཚམས་འདི་ནས་རོགས་འདེགས་ཀེ-ཐུ་ཐུང་དག་གི་ངོ་འཇུ་སྐེ། དེ་དག་གི་འཇུ་བཤུས་ངོ་མ་དག་གིས་ནང་གཞི་སྐོང་ཀྱེན་དག་གི་ལུས་ལ་ཆགས་པའི་འགོག་ཟྱངས་སྐྱེད་ཇས་རྣམས་ངོ་རྟགས་གཙོད་པའི་སྐོ་ནས་དེ་དག་ལ་འགོག་ཆོལ་ཅེད་འགོ་ཚུགས་པས་རེད། དེ་ཡང་ཡར་སད་པའི་རོགས་འདེགས་ཀེ-ཐུ་ཐུང་དག་གི་ཁོངས་ནས་ཁྱོགས་སུ་བཀུག་ནས་ཚུར་ཆོལ་བར་ཁ་གཏོད་ཅེད་པ་ལ་ཆགས་པའི་འགོག་ཟྱངས་སྐྱེད་ཇས་ཀྱི་ཁོངས་ནས་ཀྱང་ཁ་ཅིག་ཅེས་ཀྱང་ཡོད་ཅེས་ཁ་ཅིག་ལ་ཐུབ་ཀྱི་ཡོད། དེ་དག་ལས་དང་དུང་ཁག་ཅིག་ནི་ནད་འགོག་ཡ་ལན་རིས་ཅན་(འགོག་གཟུགས་བརྐྱད་པའི་ནད་འགོག་རང་བཞིན་)དེ་འཁུ་ཡར་སྐོང་བར་ཞུགས་སོ།།

དེ་ལ་འགོག་ཟྱངས་སྐྱེད་ཇས་འདོན་པའི་ཐུ་ཐུང་དག་གིས་ཟེན་མདུད་ནང་སྒུག་ཏུ་རོགས་འདེགས་ཀེ-ཐུ་ཐུང་རྣམས་ཡར་སྐོང་བ་དང་དུས་མཚུངས་སུ། དེ་དག་གིས་དུག་ཅན་ཀེ-ཐུ་ཐུང་དག་ཀྱང་སྐར་ཤྲེ་ཁྱེད་ཡུགས་གཅིག་པའི་སྐོ་ནས་ཡར་སད་པར་ཁྱེད། དེ་ཡང་ཚུར་ཆོལ་བའི་སྐོར་ཀྱི་འགོག་ཟྱངས་སྐྱེད་ཇས་ཚ་འཕྲིན་དེ་དུག་ཅན་ཀེ-ཐུ་ཐུང་འདི་རྣམས་ལ་སོན་མ་ཐག ཐུ་ཐུང་དེ་དག་གི་ངོ་འཇུ་མཆེད་ཅིང་འཕེལ་བའི་སྐོ་ནས་དེ་དག་གཤེ་ཁྱེད་ཁྱུག་གཅིག་པའི་སྐོ་ནས་ཐུ་ཁུགས་སུ་བགྲོད་པར་ཁྱེད། དེ་ཡང་ཀེ-ཐུ་ཐུང་ཁྱེད་ཅིང་ཐུ་ཁུགས་ཀྱི་ཁོངས་ནས་ཀྱང་ཁ་ཅིག་ཅེས་ཀྱང་ཡོད་ཅེས་ཁ་ཅིག་ལ་ཐུབ་ཀྱི་ཡོད། ཐུ་ཁུགས་འདིར་ཐུ་ཐུང་འདི་དག་གིས་ནད་གཞི་སྐོང་ཀྱེན་དེར་ཆོལ་ཞིང་ཁམས་སྨད་པར་ཁྱེད་ཅོ།།

B-cells do two things: (1) just like macrophages and dendritic cells, they digest pathogens and display antigens on their surfaces and (2) they produce antibodies. Antibodies are proteins that bind very specifically to pathogens' antigens; the shapes of the antigen and the antibody are complementary. Each single B-cell makes only one specific antibody, but it can make many copies of it. Much like T-cells then, B-cells must learn, via antigen presentation, specific information about the invader. When they do, they too become activated, growing in size and dividing to make many copies of themselves, each of which can produce large amounts of antibody specific to the pathogen. This process is assisted by Helper T-cells.

Activated Helper T-cells recognize the B-cells that are binding foreign antigen; the Helper T's secrete cytokines that then stimulate those B-cells to grow and divide. The mature B-cells then produce **antibodies**, proteins specific to the invader. The antibodies leave the lymph nodes and travel to the site of infection where they bind the antigens on the surface of the invaders and kill them. As is the case with T-cells, some mature B-cells, rather than produce antibodies, stay in the lymph as Memory B-cells.

Because the specific immune system remembers specific infections by storing mature B- and T-cells that were made in response to that infection, if the same infection occurs again, the specific immune response is much faster. So, let's say our couple drinking chai both get exposed to bacteria A from their chai cups, but it so happens that a few years ago the woman suffered from and fought off an infection by this bacteria, while the man has never experienced bacteria A before. The man's non-specific immune system starts attacking the bacteria, but it takes his specific immune system a few days to get going, so he might be sick for a few days. On the other hand, the woman's immune system remembers the previous infection and her B- and T-cells that had been made years ago to fight bacterium A, quickly respond without a lag time to the infection of bacteria A. Thus, the woman probably does not get sick, or gets much less sick than her husband.

IN DEPTH: PATHOGEN EVOLUTION

Battles between pathogens and hosts are continually occurring during evolution. The pathogen is evolving mechanisms to evade the host immune system and the host is evolving mechanisms to counter them. This is a back and forth and eternal battle. Recall from our discussion earlier in this primer, that one theory of why sex evolved in the first place is as a mechanism to evolve and develop new and diverse respones to pathogens.

CIRCULATION

How does energy and different molecules—such as all the immune system molecules we've just discussed—move long distances from one part of our couple's bodies to the other? Organisms have evolved circulatory systems to solve this challenge; our system is a cardiovascular system that includes the heart, blood vessels, and blood (Figure 35).

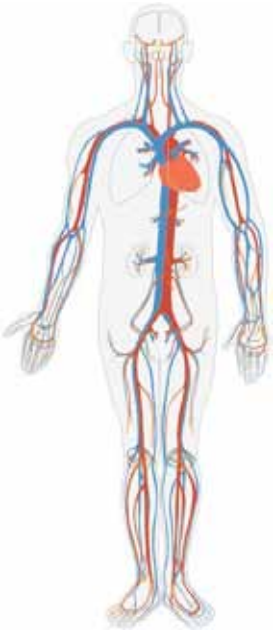


Figure 35: The circulatory system consists of the heart, blood vessels, and the blood itself.

The transport medium of our cardiovascular systems is blood, and blood is composed of three kinds of cells—the white blood cells or leukocytes of the immune system we just learned about, red blood cells, and platelets. The blood is pumped by the heart, the special muscle we discussed above, through blood vessels to and from all parts of your body.

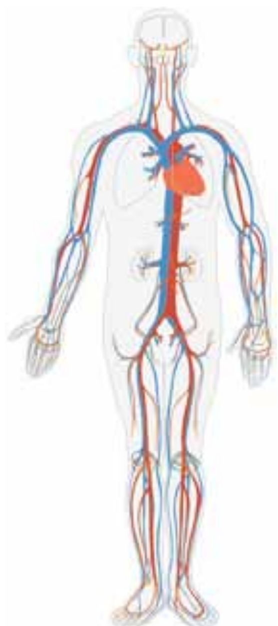
དེ་ལ་སྣི-ཕྲ་ཕུང་དག་གིས་བྱ་བ་གཉིས་བསྒྲུབ་སྟེ། དང་པོ། རགས་ཟ་ཕྲ་ཕུང་དང་ཆེབ་ལག་ཕྲ་ཕུང་དང་འདྲ་བར། ཕྲ་ཕུང་འདི་དག་གིས་ནད་གཞི་སློང་རྐྱེན་རྣམས་ལ་སྦྱུད་ནས་དེ་དག་གི་ལུས་ངོས་སུ་འགོག་ཐུབ་སྐྱེད་རྫས་དག་འཁྲིམ་པར་བྱེད་ལ། གཉིས་པ། དེ་དག་གིས་འགོག་གཟུགས་སྐྱེད་འདོན་བྱེད་པ་རེད། དེ་ཡང་འགོག་གཟུགས་དག་ནི་ནད་གཞི་སློང་རྐྱེན་དག་ལ་བརྟེན་པའི་འགོག་ཐུབ་སྐྱེད་རྫས་ཀྱི་སྟེང་དུ་འཆིང་སྦྱོར་བྱེད་པའི་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་རིགས་ཤིག་ཡིན། འགོག་གཟུགས་དང་འགོག་ཐུབ་སྐྱེད་རྫས་དག་གི་བཟོ་དབྱིབས་ནི་ཕན་ཚུན་ཁ་འཁྲིག་པོ་ཡོད། དེ་ཡང་སྣི-ཕྲ་ཕུང་ཁེར་རྐྱང་རེ་རེས་འགོག་གཟུགས་ཀྱི་རིགས་དམིགས་བཀར་བ་རེ་ཙམ་བཟོ་འདོན་བྱེད་མོད། འོན་ཀྱང་དེས་དེའི་འདྲ་བཤུས་ཕོན་ཆེ་བཟོ་ཐུབ། དེས་ན་ཏི-ཕྲ་ཕུང་རྣམས་དང་ཆེས་འདྲ་བར། འགོག་ཐུབ་སྐྱེད་རྫས་འདོན་པའི་ཐབས་ལམ་བརྒྱུད་སྣི-ཕྲ་ཕུང་དག་གིས་ཀྱང་ཚུར་རྒོལ་བའི་དངོས་པོ་དེའི་སྐོར་ཆ་འཕྲིན་ངེས་བཟུང་རྣམས་ངེས་པར་རྒྱུས་ལོན་བྱེད་དགོས་ཤིང་། དེ་ལྟར་བྱེད་པ་ན། ཕྲ་ཕུང་དེ་དག་ཉིད་ཀྱང་སད་ཅིང་བོངས་ཚད་རྒྱས་པར་འགྱུར། མཐར་རང་ཉིད་བགོ་འགྱུར་ཐེབས་ཀྱིན་དུ་སོ་སོའི་འདྲ་བཤུས་མང་དག་ཅིག་བཟོ་བ་དང་། དེ་དག་རེ་རེས་ནད་གཞི་སློང་རྐྱེན་སོ་སོར་དམིགས་བཀར་རན་པའི་འགོག་གཟུགས་ཀྱི་ཁ་གྲངས་ཧ་ཅང་མང་པོ་སྐྱེད་འདོན་བྱེད། བྱེད་རིམ་འདིར་རོགས་འདེགས་ཏི-ཕྲ་ཕུང་དག་གིས་རམ་འདེགས་བྱེད་པ་རེད།

དེ་ཡང་རྒྱུས་མེད་ཀྱི་འགོག་ཐུབ་སྐྱེད་རྫས་ལ་འཆིང་ཞིང་སྦྱོར་པའི་སྣི-ཕྲ་ཕུང་དེ་དག་ནི་སད་སློང་ཐེབས་པའི་རོགས་འདེགས་ཏི-ཕྲ་ཕུང་དག་གིས་ངོ་རྟགས་གཙོད་ནུས་ལ། དེ་ནས་རོགས་འདེགས་ཏི-ཕྲ་ཕུང་དག་གིས་བརྡ་སྤྲི་འཆོར་འདོན་བྱས་པ་དེས་སྣི-ཕྲ་ཕུང་དེ་དག་སྐྱེ་འཚར་བྱེད་པ་དང་འགྱེ་འགྱུར་བྱེད་པར་སྐུལ་སློང་བྱེད། དེ་ནས་ཕོ་ལག་རྫོགས་པའི་སྣི-ཕྲ་ཕུང་དག་གིས་ཚུར་རྒོལ་བ་དག་ལ་ཆེད་དུ་དམིགས་པའི་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་ངོ་བོར་གྱུར་པའི་འགོག་གཟུགས་སྐྱེད་འདོན་བྱེད། དེ་ནས་འགོག་གཟུགས་དེ་དག་རྣིན་མདུད་དག་ནས་ཐོན་ཏེ་གཞན་ཁའི་ཁྲུལ་དུ་བགྲོད་ལ། དེར་དེ་དག་གིས་ཚུར་རྒོལ་བ་དག་གི་ཕྱི་ངོས་སུ་འགོག་ཐུབ་སྐྱེད་རྫས་རྣམས་ལ་འབྱར་བའི་སྒོ་ནས་ཚུར་རྒོལ་བ་རྣམས་གསོད་པར་བྱེད། ཏི-ཕྲ་ཕུང་དག་ལ་མཐོང་བ་བཞིན། ཕོ་ལག་རྫོགས་པའི་སྣི-ཕྲ་ཕུང་འགའ་རེས་འགོག་གཟུགས་སྐྱེད་འདོན་བྱེད་རྒྱུའི་ཚབ་ཏུ། དྲན་འཛིན་སྣི-ཕྲ་ཕུང་དག་གི་ངོ་བོར་ཆུ་སེར་ནང་སྦུག་ཏུ་ སྲུ་མཐུད་དུ་གནས་འཆའ་བར་བྱེད་དོ།།

དེ་ཡང་གཉན་ཁ་ངེས་བཟུང་བ་དེར་ཡ་ལན་གྱི་ཚུལ་དུ་སྐྱེད་སྐྲུན་བྱས་པའི་ཕོ་ལག་རྫོགས་པའི་སྣི-དང་ཏི-ཕྲ་ཕུང་དེ་དག་ནད་འགོག་མ་ལག་དམིགས་བཀར་བ་དེས་ཉར་ཚགས་བྱས་ཡོད་པ་ལ་བརྟེན་ནས་མ་ལག་དེས་གཉན་ཁ་བྱེ་བྲག་པ་དེ་དྲན་པའི་ཡུལ་དུ་བཟུང་བར་གྱུར་ལ། དེར་བརྟེན་གལ་ཏེ་གཉན་ཁའི་རིགས་དེ་ཉིད་དུ་གནོད་སྐྱར་ཡང་འབྱུང་ཚེ། ངེས་ཅན་གྱི་ནད་འགོག་ཡ་ལན་དེ་སྔར་བས་ཆེས་མྱུར་བར་སྤྲོད་ཐུབ་ཀྱི་ཡོད། དེ་ཡང་དཔེར་མཚོན་ཏེ་བཤད་ན་འདི་ལྟར། སྐབས་འདིའི་ཇ་ལ་རོལ་བཞིན་པའི་བཟའ་ཚོ་གཉིས་པོར་སོ་སོའི་ཇ་ཕོར་ནས་ཕྲ་སྲིན་"ཀ"འགོས་པའི་དབང་དུ་བཏང་ལ། ཤོང་གཉིས་ནས་བུད་མེད་དེར་ལོ་ཤས་གོང་ཙམ་དུ་ཕྲ་སྲིན་གྱི་རིགས་དེ་ག་རང་གིས་བསླངས་པའི་གཉན་ཁ་ཐོག་པར་མ་ཟད། དེ་ལས་རྣམ་པར་རྒྱལ་བར་གྱུར་ཡོད་ཀྱང་། སྐྱེས་པ་དེར་དེ་སྔོན་ཕྲ་སྲིན་"ཀ"ཡིས་གཏད་ནས་མནར་སྤྱོང་མེད་པའི་དབང་དུ་བཏང་ན། ད་རེབ་ཀྱི་སྐབས་འདིར་སྐྱེས་པ་དེའི་རྒྱུད་ཀྱི་ངེས་ཅན་མིན་པའི་ནད་འགོག་མ་ལག་གིས་ཕྲ་སྲིན་དེར་འགོག་རྒོལ་བྱེད་པའི་ལས་འགོ་འཕྲལ་དུ་རྩོམ་མོད། ཤོང་གི་རྒྱུད་ཀྱི་ངེས་ཅན་གྱི་ནད་འགོག་མ་ལག་དེ་ལས་ལ་འཇུག་པར་ཉིན་ཤས་ཀྱིས་འགོར་ཤས་ཆེ་བར་འགྱུར་ངེས་པས། སྐྱེས་པ་དེ་ཉིན་ཤས་རིང་ནད་ཀྱིས་མནར་ཡང་སྲིད་པ་རེད། དེ་ལས་ལྡོག་སྟེ་བུད་མེད་དེའི་རྒྱུད་ཀྱི་ནད་འགོག་མ་ལག་ངེས་སྟར་གྱི་གཉན་ཁ་དེ་མ་བརྗེད་པར་དྲན་ཐུབ་པར་མ་ཟད། ཕྲ་སྲིན་ཀ་དེར་འགོག་རྒོལ་བྱེད་ཆེད་སྔར་རང་གིས་སྐྱེད་སྐྲུན་བྱས་པའི་སྣི་དང་ཏི་རིགས་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་དེ་ཚོས་སྐབས་འདིར་ཕྲ་སྲིན་གྱིས་བསྐྱེད་པའི་གཉན་ཁར་འགོར་ཐོགས་མེད་པར་ཡ་ལན་འཕྲལ་དུ་སྤྲོད་ཐུབ། དེར་བརྟེན་བུད་མེད་དེ་ད་རེབ་ནད་ཀྱིས་གཏད་ནས་མི་མནར་བའམ། མནར་ཡང་སྐྱེས་པ་དེར་ལྟོས་ཏེ་ནད་གཞི་ཧ་ཅང་ཡང་བ་འབྱུང་ངེས་རེད།

འཁོར་སྐྱོད།

ང་ཚོས་སྔོན་ཙམ་དུ་གླེང་བའི་ནད་འགོག་མ་ལག་གི་འདུས་རྟུལ་དེ་ཀུན་ཐེ་བའི་ནུས་པ་དང་འདུས་རྟུལ་གྱི་རིགས་མི་འདྲ་བ་རྣམས་ཁྱོ་ཤུག་དེ་གཉིས་ཀྱི་ལུས་པོའི་ཆ་ཤས་གཅིག་ནས་གཞན་ཞིག་བར་ཏེ། རྒྱང་ཐག་རིང་པོ་དེ་འདྲར་ཇི་ལྟར་བགྲོད་ཐུབ་བམ་ཞེ་ན། དཀའ་རྙོག་འདི་སེལ་ཆེད་སྐྱེ་དངོས་རྣམས་ལ་འཕེལ་འགྱུར་བྱུང་རིམ་ཁྲོད་འཁོར་སྐྱོད་མ་ལག་དེ་འདྲ་ཕྱིར་འབྱུས་ཡོད་ལ། དེ་ཡང་མིའི་རྒྱུད་ཀྱི་དེ་འདྲའི་མ་ལག་ནི་སྙིང་རྩ་མ་ལག་ཡིན་ཞིང་། དེར་སྙིང་ཁམས་དང་། ཁྲག་རྩ་དང་། ཁྲག་གཤེར་བཅས་འདུས་ཡོད་(དཔེ་རིས། ༣༥)།



དཔེ་རིས། ༣༥ འཁོར་རྒྱུན་མ་ལག་གི་ཁོངས་སུ་ཁྲག་གཤེར་ཡོད་པ་སྨོས་མེད་ཐོག དེའི་སྟེང་སྙིང་ཁམས་དང་ཁྲག་རྩ་བཅས་ཀྱང་འདུས་ཡོད།

ངེད་ཚོའི་སྙིང་རྩ་མ་ལག་ནང་གི་སྐྱེལ་འདྲེན་བརྒྱུད་ལམ་ནི་ཁྲག་གཤེར་ཡིན་ལ། དེ་ནི་ཕྲ་ཕུང་རིགས་གསུམ་གྱིས་གྲུབ་ཅིང་། དེ་དག་ནི་ཁྲག་དཀར་ཕྲ་ཕུང་ངམ། མིང་གཞན་ནད་འགོག་མ་ལག་གི་དཀར་ཕུང་དག་སྟེ། གང་ཞིག་གི་སྐོར་ངེད་ཚོས་སྔོན་ཙམ་དུ་སྨྱུངས་ཟིན་པ་དེ་དང་། ཁྲག་དམར་ཕྲ་ཕུང་དག་དང་། ཁྲག་ཞིབ་བཅས་རེད། དེ་ཡང་སྙིང་ཁམས་ཏེ། གོང་དུ་ངེད་ཚོས་གྲོས་སྟུར་བྱས་པའི་ཤ་ཁྲིམ་གྱི་གོང་བུ་དམིགས་བསལ་ཅན་དེས་ང་ཚོའི་རྒྱུད་ཀྱི་ཁྲག་གཤེར་དེ་ང་ཚོའི་ལུས་ཀྱི་ཆ་ཤས་ཐམས་ཅད་དུ་ཕར་ཚུར་འབུད་གཏོང་བྱེད་དེ་འདྲེན་གྱི་ཡོད།

གཏིང་ཚུགས་པའི་ལྟ་ཞིབ། ནད་གཞི་སློང་རྐྱེན་རྣམས་ཀྱི་འཕེལ་འགྱུར་བྱུང་རིམ།

འཕེལ་འགྱུར་བྱུང་རིམ་ཁྲིད་ནད་གཞི་སློང་རྐྱེན་དག་དང་དེ་དག་གི་གནས་ཚང་དུ་གྱུར་པའི་ལུས་ཕུང་དབར་འཁྲུག་འཛིང་སྔ་མཐུད་དུ་འབྱུང་གིན་ཡོད། དེ་ཡང་ནད་གཞི་སློང་རྐྱེན་དག་གི་ནང་གནས་ཚང་དེའི་ནད་འགོག་མ་ལག་ལས་འཐོལ་ཐུབ་པའི་ཐབས་ཚུལ་རྒྱུན་མར་འཕེལ་འགྱུར་བྱུང་ལ། དེ་དང་དུས་མཚུངས་སུ་གནས་ཚང་དེའི་ནང་དུའང་ནད་གཞི་སློང་རྐྱེན་དག་ལ་ཁ་གཏད་གཅོག་པའི་ཐབས་ཚུལ་རྒྱུན་དུ་འཕེལ་འགྱུར་བྱུང་ཡོད། དེས་ན་འདི་ནི་ཕར་རྒྱག་ཚུར་རྒྱག་ཚུལ་གྱི་གཏན་ནས་མཚམས་མི་ཆོད་པའི་འཁྲུག་ཇོད་ཀྱི་རྣམ་པ་ཞིག་ཡིན། གོང་དུ་སྔོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་འདིའི་ནང་ངེད་ཚོས་བསྒྲུབས་པའི་གྲོས་སྟུར་ཞིག་འདིར་ཕྱིར་དྲན་བྱེད་འོས་པ་ནི། ཐོག་དང་པོར་འདོད་སྨྲུད་མཚན་མ་ཕྱིར་འབུ་དགོས་པའི་རྒྱུ་མཚན་འགྲེལ་བརྗོད་བྱེད་པའི་ཕྱོགས་སུ། དེ་ཉིད་ནད་གཞི་སློང་རྐྱེན་དག་ལ་སྲོད་རྒྱུའི་ཡ་ལན་གྱི་རྣམ་པ་མི་གཅིག་པ་དང་རྣམ་པ་གསར་པ་སྐྱེད་འདོན་བྱེད་པའི་ཐབས་འཕྲུལ་གྱི་ཚུལ་དུ་འཕེལ་འགྱུར་བྱུང་ཚོག་པར་བལྟས་པའི་རིགས་པའི་གཞུང་ལུགས་དེ་རེད།

We just discussed white blood cells in detail. The additional, important thing to realize here is that the cardiovascular system is the mechanism (along with the lymphatic system discussed below) that allows both specific and non-specific immune cells to reach infected parts of the body. A superb video of this process in the larger context of cell biology is available at http://www.youtube.com/watch?v=MMrvmZ2i1sE&feature=rel ated.

Besides providing cells and transport for the immune system to fight infections, blood also provides transport for oxygen, a required resource for energy production. Without oxygen provided from the cardiovascular system, cells and organs die. It is the erythrocytes or red blood cells that carry oxygen. Red blood cells have a shape and flexibility that allows them to easily and quickly flow through your blood vessels. Like leukocytes, erythrocytes are made inside your bones. The specific protein that carries oxygen in red blood cells is called **hemoglobin** (Figure 36).

Platelets, another blood component, are like small pieces of cells; they do not even have nuclei, but move through the blood waiting for any damage to blood vessels to occur. When it does, platelets bind to the edges of the injured vessels and begin to send out signals to other platelets, which then, again using chemotaxis, gather and clump at the injury, forming an initial clot or blockage, so that bleeding stops.

While this first platelet-clot forms, a more permanent clotting mechanism gets going. Like many of the signaling processes we've discussed in biology, this process happens via a cascade of reactions (Figure 37) among proteins, known specifically as clotting factors, that activate in a series to form a fibrous plug at the site of injury. This plug traps other cells in the blood and becomes stronger.

The fluid non-cell part of your blood is called plasma and it makes up a bit more than half of your blood by volume. Plasma is about 90% water and about 10% proteins. Plasma proteins are divided into three separate classes: one class is involved in regulating blood clotting; another class includes hormones and hormone-carriers which play a role both in blood-clotting and in carrying fats and cholesterol; and the third class contains proteins involved in the immune response. Plasma proteins are also important in maintaining the pressure of your blood in the vessels and the proper pH (see LSPII) in your vessels.

IN DEPTH: HOW VACCINES WORK

The use of vaccinations to prevent illness is based on the principle of 'priming' the specific immune sys-tem. The vaccine contains anti-gens of a particular disease-causing agent—not enough of the antigen to make you seriously ill, but enough to activate your specific immune system to make memory T- and B-cells. Thus, if you are exposed to the full-blown actual pathogen later, you have a much quicker and more efficient response to it and are less likely to become ill.

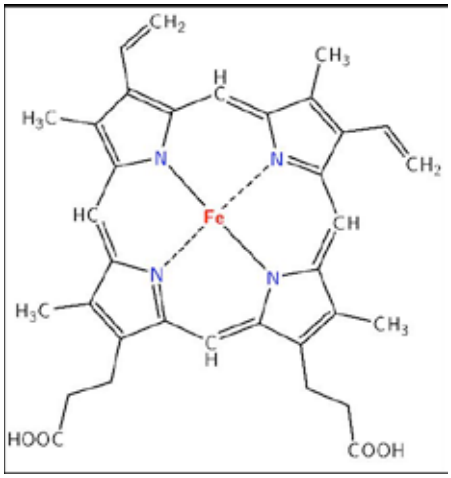


Figure 36: A heme. Hemoglobin consists of four heme groups bound to a globin protein. Each heme group contains an iron ion which can bind oxygen.

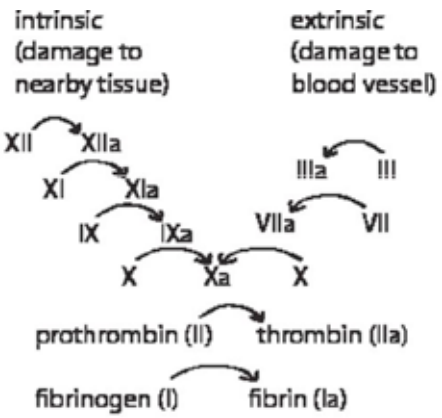


Figure 37: In the blood clotting cascade, many factors are activated. Here are shown two different types of damage (intrinsic and extrinsic) and the protein factors they activate to eventually cause clotting. III, IIIA, VII, VIIA, IX, IXA, X, XA, XI, XIA, XII and XIIA are all different protein clotting factors activating each other in cascades as indicated that ultimately result in the production of fibrin which causes a permanent blood clot.

མི་རིང་ཙམ་སྔོན་ངེད་ཚོས་ཁྲག་དཀར་ཕྲ་ཕུང་སྐོར་རྒྱས་པར་གླེང་ཟིན་ལ། འདིར་ཡིད་ལ་ངེས་དགོས་པའི་དོན་གནད་འཕར་མ་ཞིག་ནི། (འོག་ཏུ་གླེང་གཞིར་འཁྱེར་བའི་ཆུ་སེར་མ་ལག་དང་ལྷན་དུ་)ངེས་ཅན་དང་ངེས་མེད་ཀྱི་ནད་འགོག་ཕྲ་ཕུང་རིགས་གཉིས་ཀ་གཉན་ཁ་ཕོག་སའི་ལུས་ཀྱི་ཆ་ཤས་སོ་སོར་འགྲོར་བར་ཁག་ཐེག་བྱེད་པའི་འཕྲུལ་འདེགས་ནི་སྙིང་རྩ་མ་ལག་འདི་ཡིན་པ་དེ་རེད། ཕྲ་ཕུང་སྐྱེ་དངོས་རིག་པའི་ལས་ཚུལ་རྒྱ་ཆེ་སའི་འབྲེལ་ནས་བྱེད་རིམ་འདིར་ལྟ་སྟངས་ཤིག་མཚོན་འགྲེལ་བྱེད་པའི་འགྱུལ་བརྙན་ཕུལ་བྱུང་ཞིག་གཤམ་གསལ་དྲ་ཚིགས་འདིར་རྙེད་ཐུབ། http://www.youtube.com/watch?v=MMrvmZ2i1sE&feature=related

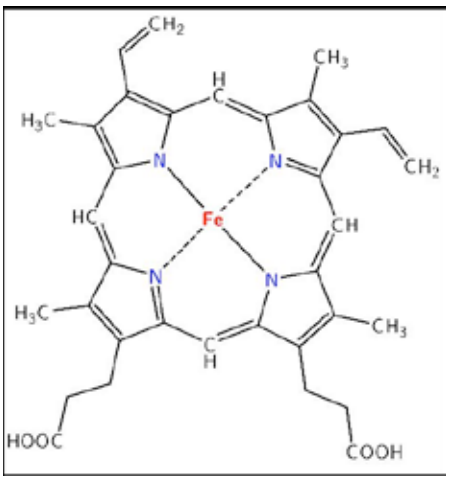
གཞན་ཁར་འགོག་རྐྱོལ་བྱེད་ཆེད་ཁྲག་གིས་ནད་འགོག་མ་ལག་ལ་ཕྲ་ཕུང་མཁོ་འདོན་དང་འོར་འདྲེན་བྱེད་པའི་སྟེང་དུ། དེས་འཚོ་རླུང་ཡང་འོར་འདྲེན་བྱེད། དེ་ཡང་འཚོ་རླུང་ནི་ནུས་པ་བསྐྱེད་འདོན་ལ་ངེས་པར་མཁོ་བའི་ནུས་པའི་འཐོན་ཁུངས་ཤིག་ཡིན་ལ། སྙིང་རྩ་མ་ལག་གི་མཁོ་འདོན་བྱེད་པའི་འཚོ་རླུང་འདི་ལ་མ་བརྟེན་པར་ལུས་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་དང་དབང་པོ་རྣམས་གསོན་པོར་གནས་མི་ཐུབ། ཡང་སྐྱོས་དམར་ཕུང་སྟེ། ཁྲག་དམར་ཕྲ་ཕུང་དག་གིས་འཚོ་རླུང་འོར་འདྲེན་བྱེད་ཅིང་། དེ་དག་ལ་ཁྲག་རྩ་བརྒྱུད་བདེ་ཞིང་མྱུར་པོར་བགྲོད་པར་འཕྲོད་པའི་བཟོ་དབྱིབས་དང་མཉེན་ལྷུག་གི་རང་བཞིན་ལྡན་ཡོད། དཀར་ཕུང་དག་དང་འདྲ་བར་དམར་ཕུང་རྣམས་ཀྱང་རུས་པའི་ནང་སྙུག་ཏུ་འགྲུབ་ལ། ཁྲག་དམར་ཕྲ་ཕུང་གི་ནང་ཆ་གང་ཞིག་གིས་འཚོ་རླུང་འོར་འདྲེན་ལ་འགན་འཁུར་བའི་དམིགས་བཀར་གྱི་སྤྲི་རྫས་དེར་ཁྲག་དམར་སྤྲི་རྫས(དཔེ་རིས། ༧༦)ཟེར་བ་རེད།

ཁྲག་ཞིབ་སྟེ། གང་ཞིག་ཁྲག་གི་ཆ་ཤས་གཞན་ཞིག་ཡིན་པ་དེ་ནི་ཕྲ་ཕུང་གི་ཧྲམ་བུ་ཕྲ་མོ་དེ་འདྲ་ཡིན་ཞིང་། དེ་དག་ལ་ལྟེ་ཉིང་ཡང་མེད་པ་རེད། དེ་ལྟ་ནའང་དེ་དག་ཁྲག་གི་ཁྲོད་དུ་རྒྱུ་ཞིང་། ཁྲག་རྩར་རྨས་སྐྱོན་འཕོག་པའི་གོ་སྐབས་ལ་རེ་བསྒུག་བྱེད། ནམ་ཞིག་ཁྲག་རྩར་རྨས་སྐྱོན་ཕོག་ཙ་ན་ཁྲག་ཞིབ་དེ་དག་རྨས་སྐྱོན་ཕོག་པའི་ཁྲག་རྩའི་མཐའ་ཟུར་དག་ལ་འབྱར་ནས་ཁྲག་ཞིབ་གཞན་རྣམས་ལའང་བརྡ་ལན་གཏོང་ལ། སྐབས་དེ་དག་ཏུ(འདིར་ཡང་རྫས་འབྲེལ་ཕྱོགས་བསྐྱོད་བེད་སྤྱད་པའི་སྒོ་ནས)ཁྲག་ཞིབ་རྣམས་འདུས་ཏེ་ར་ཁར་སྡེབས་སྤུང་རྒྱབ་པའི་སྒོ་ནས་ཐོག་མའི་ཁྲག་འཁྱག་གམ་གག་པ་གྲུབ་པར་བྱེད་ལ། དེ་ལ་བརྟེན་ནས་ཁྲག་རྒྱུན་འཛག་རྒྱུ་མཚམས་ཆོད་ཀྱི་ཡོད།

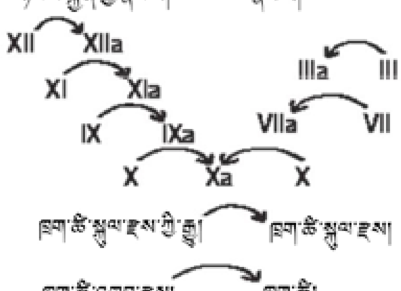
ཁྲག་ཞིབ་ལས་གྲུབ་པའི་ཁྲག་འཁྱག་གི་ཐོག་མ་འདི་འགྲུབ་པ་དང་དུས་མཚུངས་སུ་ཁྲག་འཁྱག་འགྲུབ་བྱེད་ཀྱི་ཐབས་ཚུལ་གདྲན་ཆགས་པ་ཞིག་ཚུགས་པའི་འགོ་རྩོམ་ལ། སྐྱེ་དངོས་ཚན་རིག་ནང་ང་ཚོས་དབར་གྲོས་སྟར་བྱས་པའི་བརྙ་འཕྲིན་བྱེད་རིམ་ཕལ་མོ་ཆེ་དང་འདྲ་བར། སྐབས་འདིའི་བྱེད་རིམ་ཡང་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་ཁྲོན་དུ་རྫས་འགྱུར་འབབ་རྒྱུན་འདྲ་བ་ཞིག(དཔེ་རིས། ༧༧)བྱུང་བ་བརྒྱུད་འགྲུབ་ཀྱི་ཡོད། དེ་དག་ལ་དམིགས་བཀར་གྱིས་ཁྲག་འཁྱག་རྐྱེན་རྩར་འབོད་ཅིང་། དེས་བྱ་གཞག་རིམ་པ་བརྒྱུད་དེ་ཟླ་ཁ་དེར་རྩེ་སྐྱུད་རང་བཞིན་གྱི་ཁ་ཏིག་ཅིག་འགྲུབ་པར་བྱེད། བར་དེར་ཁ་ཏིག་དེས་ཁྲག་གཤེར་ཁྲོད་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་གཞན་དག་འཁྲིལ་གཟུང་བྱེད་པ་བརྒྱུད་ཁ་ཏིག་དེ་སྟར་བས་དམ་པར་འགྱུར་གྱི་ཡོད།

ཁྲག་གཤེར་ཁྲོད་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་མིན་པའི་གཤེར་རྒྱུ་དེ་ལ་ཁྲག་འདུར་ཟེར་ཞིང་། ཁྲག་འཁོར་གྱི་ཕྱེད་ཀ་ལས་ལྷག་པའི་ཚད་དེ་རྒྱུ་ཆ་དེས་གྲུབ་ཡོད། དེ་ལ་ཁྲག་འདུར་གྱི་བརྒྱ་ཆའི་ཆ་དགུ་བཅུ་ཆུ་དང་། ལྷག་མ་བཅུ་སྐོར་དེ་སྤྲི་རྫས་ཀྱིས་གྲུབ་ལ། ཁྲག་འདུར་གྱི་སྤྲི་རྫས་རྣམས་སྤེ་ཚན་མི་འདྲ་བ་གསུམ་དུ་བགོས་ཡོད་པ་ནི། སྤེ་ཚན་གཅིག་ཁྲག་འཁྱག་འགྲུབ་པའི་རྒྱུད་རིམ་སྟངས་འཛིན་གྱི་བྱ་བར་འབྲེལ་ལ། སྤེ་ཚན་གཉིས་པའི་ནང་རྨེན་རྫས་དང་རྨེན་རྫས་འདྲེན་བྱེད་ཀྱི་རིགས་འདུས་ཤིང་། དེ་དག་ཁྲག་འཁྱག་འགྲུབ་པའི་བྱ་བ་དང་ཚིལ་ཞག་དང་མཁྲིས་ཞག་འོར་འདྲེན་གྱི་བྱ་བ་གཉིས་ཀར་འབྲེལ་བ་ཡོད། སྤེ་ཚན་གསུམ་པའི་ནང་ནད་འགོག་ཡ་ལན་གྱི་བྱ་བར་འབྲེལ་བའི་སྤྲི་རྫས་དེ་འདྲ་ཚུད་ཡོད། ཁྲག་རྩ་དག་གི་ནང་ཁྲག་གི་གནོན་ཤུགས་ཚུལ་མཐུན་དུ་རྒྱུན་འཛིན་བྱ་རྒྱུ་དང་། ཁྲག་རྩ་དག་གི་ནང་དུ་ཡང་རླུང་གྱེས་རྡུལ་གྱི་ཕུང་སོག(ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སྔོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་གཉིས་པར་ལྟོས།)ལུགས་མཐུན་དུ་ཉར་སྲུང་བྱ་རྒྱུ་བཅས་ལའང་ཁྲག་འདུར་གྱི་སྤྲི་རྫས་འདི་དག་གལ་གནད་ཆེ།

ནད་གཞི་སྔོན་འགོག་ཆེད་རིམས་འགོག་འབྲུམ་སྨན་བེད་སྤྱོད་བྱེད་པ་དེ་ནི་ང་ཚོའི་རྒྱུད་ཀྱི་ངེས་ཅན་གྱི་ནད་འགོག་མ་ལག་དེ་ཉིད་ཨང་གསར་སྤེ་ལེན་བཟོ་རྒྱུའི་རྩ་འཛིན་གཞི་ལ་བཞག་པ་ཞིག་རེད། དེ་ཡང་རིམ་འགོག་འགོག་སོན་དེའི་ནང་ནད་གཞི་སློང་རྐྱེན་ངེས་བཟུང་ཞིག་གི་འགོག་ཟུངས་སྐྱེད་རྫས་དེ་འདྲ་ལྡན་མོད། དེ་ལྟ་ནའང་འགོག་ཟུངས་སྐྱེད་རྫས་དེའི་ཚད་གཞི་དེ་དོ་བདག་སྐྱེ་པོ་དེར་ནད་གཞི་ཕྲ་པོ་ཞིག་སློང་བའི་ཚད་དུ་མ་ལོངས་པར། དེའི་རྒྱུད་ཀྱི་ངེས་ཅན་གྱི་ནད་འགོག་མ་ལག་ཡར་སློང་བའི་ཚད་ཙམ་དུ་ལོངས་ཡོད། དེ་ལ་བརྟེན་ནས་མ་ལག་དེས་དྲན་འཛིན་ཏེ-ཕྲ་ཕུང་དང་དྲན་འཛིན་སྦི-ཕྲ་ཕུང་བཟོ་འདོན་བྱེད་ཐུབ། དེར་བརྟེན་གལ་ཏེ་སྐྱེ་པོ་དེ་དགནོད་པོ་ལག་རྗེས་པའི་ནད་གཞི་སློང་རྐྱེན་དངོས་གནས་པ་ཞིག་དང་འཕྲད་ནའང་། དེར་འཕྲལ་མར་ལན་འདེབས་འཐུས་ཆང་བྱེད་ནུས་པས། གང་ཟག་དེ་ནད་ཀྱིས་མནར་བའི་གནས་སྐབས་ཞུང་།



དཔེ་རིས། ༧༦ ཁྲག་དམར་ཀློམ་སྤྲི་ནང་ཀློམ་སྤྲི་ཞིག་ལ་འཆིང་སྦྱོར་ཐེབས་ནས་འཁོད་པའི་ཧེ་མའི་སྡེ་བཞི་ཚུད་ཡོད་ཅིང་། དེ་ལྟའི་ཧེ་མའི་སྡེ་རེ་རེར་ལྕགས་ཀྱི་གྲེས་རྡུལ་རེ་ཚང་ཡོད་པ་དེས་འཚོ་རླུང་ལ་འཆིང་སྦྱོར་བྱེད་ནུས།



དཔེ་རིས། ༧༧ ཁྲག་འཁྱག་འགྲུབ་པའི་འབབ་ལྡན་གྱི་བྱེད་རིམ་དེའི་ཁྲོད་ལུས་ཀྱི་ཆ་རྐྱེན་མང་པོ་ཞིག་ལ་སད་སློང་ཐེབས་ཀྱི་ཡོད། འདིར་ཉམས་སྐྱོན་གྱི་རྣམ་པ་གཉིས(ཕྱི་རྣམ་དང་ནང་རྣམ་)པོ་དང་། ཉམས་སྐྱོན་གཉིས་པོ་དེས་སད་པའི་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་ཆ་རྐྱེན་གང་དག་གིས་མཐར་ཁྲག་འཁྱག་བསྐྱེད་པའི་རྒྱུ་བྱེད་པ་རྣམས་གསལ་སྟོན་བྱས་ཡོད། III, IIIA, VII, VIIA, IX, IXA, X, XA, XI, XIA, XII AND XIIA བཅས་ཀྱི་རོ་མན་ཨང་རྟགས་ཅན་འདི་ཀུན་ཁྲག་འཁྱག་སྐྱེད་པའི་སྤྲི་རྫས་ཆ་རྐྱེན་དེ་འདྲ་ཡིན་ཞིང་། འདི་དག་གིས་གོང་དུ་གསལ་སྟོན་བྱས་པའི་འབབ་ལྡན་གྱི་རྣམ་པར་ནང་ཕན་ཚུན་སད་སློང་བྱེད་པ་དང་། མཐར་ཁྲག་ཚི་སྐྱེད་སྐྲུན་བྱས་པ་ལས་གདན་ཆགས་པའི་ཁྲག་འཁྱག་གི་གནས་སྟངས་ཤིག་བསྐྱེད་པ་རེད།

BLOOD VESSELS

Our couple's cardiovascular systems use three types of tubes or vessels to transport blood and its molecules (Figure 38): (1) **arteries** carry blood from the heart to the rest of the body; (2) at the sites of delivery, arteries narrow into vessels called **capillaries** that penetrate deep into tissues and organs; and (3) capillaries join to form **veins** that carry blood that's released its oxygen back to the heart to get more oxygen. There are so many capillaries (around 50 miles worth!) in us that every single one of our trillions of cells is close to at least one.

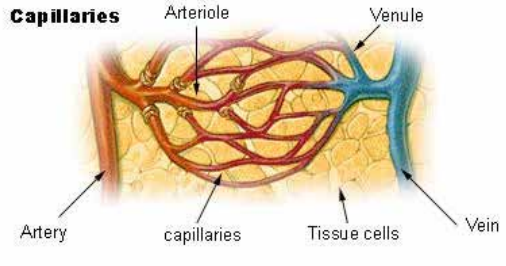


Figure 38: Arteries carry blood from the heart to the rest of the body. Veins carry blood back to the heart. Capillaries are sites of oxygen exchange.

The walls of arteries and veins are rubbery and strong and little can pass through them, but gases and other nutrients are exchangeable through the capillaries between blood and cells and tissues. In response to signals from the nervous system, blood vessels grow wider (dilate) and narrower (constrict) in order to regulate the blood's pressure and to which organs it is distributed.

THE HEART

All blood vessels lead to or from the heart, since your blood moves in a constant circle throughout your body. Your heart is made of strong muscle attached to a protein network and has four parts or chambers (Figure 39). The septum separates the right atrium and ventricle from the left atrium and ventricle. Your heart has one-way valves, atrioventricular (AV) valves, to ensure that the blood moves through it in only one direction.

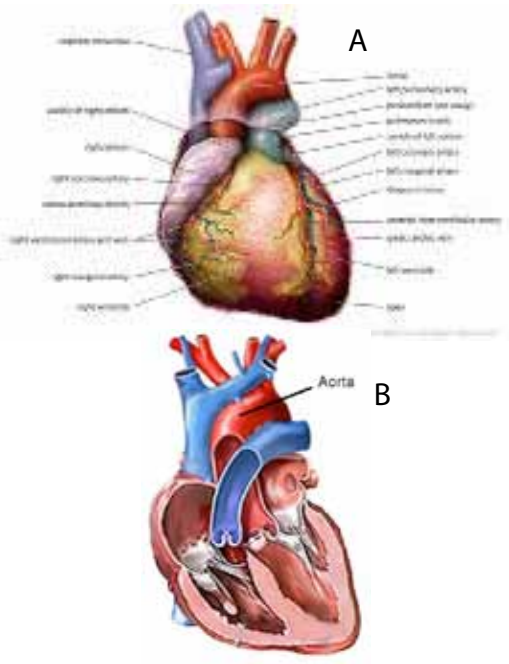


Figure 39: Here we see the heart in two perspectives: on the top (A) is the whole heart and below (B) is a cross-section.

The chai-drinking couple's blood moves through two circuits: **pulmonary circulation** and **systemic circulation** (Figure 40). Pulmonary refers to the lungs. The lungs are a pair of large organs in the couple's chests that fill with air when they breathe in. This air contains oxygen needed by their bodies—all cells—to produce energy. So, the pulmonary and systemic circulation systems are devoted to obtaining oxygen from air in their lungs and moving it to all their cells. Later in the cycle, the systems circulate carbon dioxide, obtained from the cells in exchange for oxygen, back to their lungs to be breathed out when they exhale.

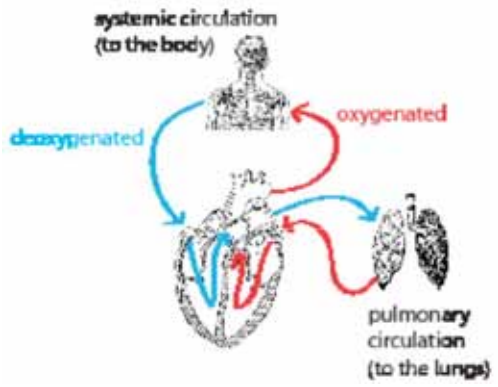
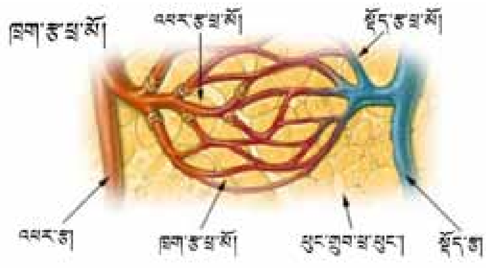


Figure 40: Blood moves through the pulmonary circuit to the lungs and through the systemic circuit to the rest of the body.

The blood leaves the heart through the pulmonary arteries, the only arteries in the body in which the blood holds very little oxygen. The pulmonary arteries bring this blood into the lungs where it moves into smaller and smaller vessels, eventually reaching the thin-walled pulmonary capillaries that cover the air sacs in the lungs; the air sacs contain the oxygen in the air you have breathed in. Here, this oxygen diffuses into the blood and then into the pulmonary veins (the only veins in the body that carry blood with a lot of oxygen) and then to the left atrium.

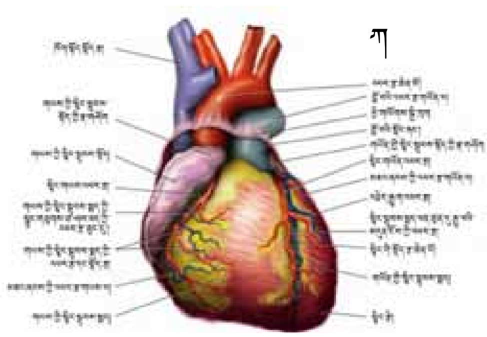


དཔེ་རིས། ༡༨ འཕར་རྩ་དག་གིས་སྙིང་ཁམས་ནས་ཁྲག་རྒྱུན་བླངས་ཏེ་ལུས་ཀྱི་ཆ་ལག་ཕྱིངས་ལ་སྐྱེལ་འདྲེན་བྱེད་ལ། སྡོད་རྩ་དག་གིས་ནི་སྙིང་ཁམས་ལ་ཁྲག་རྒྱུན་ཚུར་ནང་འདྲེན་བྱེད་པ་རེད། འཚོ་རླུང་དངོས་སུ་བརྗེ་ལེན་བྱེད་ས་ནི་ཁྲག་རྩ་ཕྲ་མོ་དག་རེད།

ཁྲག་རྩ།

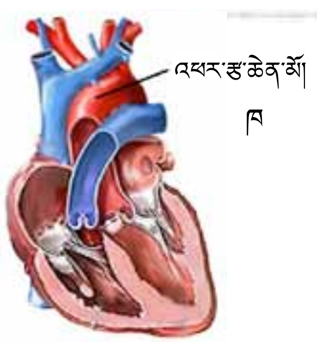
ང་ཚོའི་བཟའ་ཆེ་གཉིས་ཀྱི་སྙིང་རྩ་མ་ལག་གིས་ཁྲག་དང་དེའི་འདུས་རྫས་རིགས་འདྲེན་གཏོང་བྱེད་པར་སྦུབས་ལམ་ཆམ་སྦྲུ་གུ་རིགས་གསུམ་བེད་སྤྱོད་བྱེད་ལ་(དཔེ་རིས། ༡༨)། དེ་དག་ལས། ༡)འཕར་རྩ་ཡིས་སྙིང་ཁམས་ནས་ལུས་ཀྱི་ཆ་ཤས་ཀུན་ཏུ་ཁྲག་གཤེར་འོར་འདྲེན་བྱེད་པ་དང་། ༢)མཐར་ཁྲག་དེ་བསྐྱལ་ས་ར་འགྲོར་མཚམས་སུ་འཕར་རྩ་དེ་དག་ཁྲག་རྩ་ཕྲ་མོར་འགོད་པའི་སྦུབས་ལམ་ཕྲ་མོ་དུ་མར་གྱེས་རྗེས་ཕུང་གྲུབ་དང་དབང་པོ་དག་གི་སྦུག་ཏུ་འཚང་བར་བྱེད་པ་རེད། ༣)ཁྲག་རྩ་ཕྲ་མོ་རྣམས་འདུས་པ་ལས་སྡོད་རྩ་གྲུབ་ཅིང་། དེས་རང་གི་འཁྱུར་རྒྱུའི་འཚོ་རླུང་སྐྱེལ་འདྲེན་ཟིན་པའི་ཁྲག་དེ་དག་སྙིང་ཁམས་ལ་སླར་ཞིང་དབོར་ཏེ་འཚོ་རླུང་ལྷག་མ་བླང་དུ་འདུག་གི་ཡོད། དེ་ལྟར་ངེད་ཚོའི་ལུས་ཕུང་ནང་ཁྲག་རྩ་ཕྲ་མོ་དེའི་རིགས་ཧ་ཅང་མང་བས་(མི་ལི་ ༥༠ སྐོར་དང་རིང་ཐུང་དོ་མཉམ་)ངེད་ཚོའི་རྒྱུད་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་ཁྲག་ཁྲིག་ཆེ་བ་ཕྲག་ཏུ་མའི་ཁྲོད་ནས་གཅིག་ཀྱང་མ་ལུས་པར་རེ་རེ་ནས་ཞུང་མཐར་ཡང་དེ་ལྟའི་ཁྲག་རྩ་ཕྲ་མོ་གཅིག་གི་ཉེ་འཁྲིས་སུ་འཁོད་ཡོད་པ་རེད།

འཕར་རྩ་དང་སྡོད་རྩའི་གྱང་ལྗིབས་དག་ནི་ཤེད་མོ་བཟང་ཞིང་། འགྱིག་གི་རང་གཤིས་དང་མཚུངས་པ་དང་། གང་ཅི་ཞིག་ཀྱང་དེའི་བརྒྱུད་ནས་སིམ་དཀའ་བ་ཞིག་ཡིན། དེ་ལྟ་ནའང་རླངས་རྫས་ཀྱི་རིགས་དང་བཅུད་རྫས་ཀྱི་རིགས་གཞན་དག་ནི་ཁྲག་རྩ་ཕྲ་མོ་དག་བརྒྱུད་ནས་ཁྲག་དང་། ཕྲ་ཕུང་དག་དང་། ཕུང་གྲུབ་དག་གི་དབར་ཕན་ཚུན་བརྗེ་ལེན་བྱེད་དུ་སྟེར་བ་རེད། དབང་རྩ་མ་ལག་ནས་སོན་པའི་བརྡ་འཕྲིན་རྣམས་ལ་ཡ་ལན་གྱི་ཚུལ་དུ་ཁྲག་རྩ་དག་གི་ཞེང་ཁ་བརྒྱང་བ་དང་བསྐུམ་པ་བཅས་བྱེད་པ་ནི། ཁྲག་གི་གནོན་ཤུགས་སྙངས་འཛིན་བྱེད་པའི་ཆེད་དང་། ཁྲག་གཤེར་འགྲེམ་གཏོང་བྱེད་སའི་ལུས་ཀྱི་དབང་པོ་དག་ལ་སྙངས་འཛིན་བྱེད་པའི་ཆེད་ཀྱང་རེད།



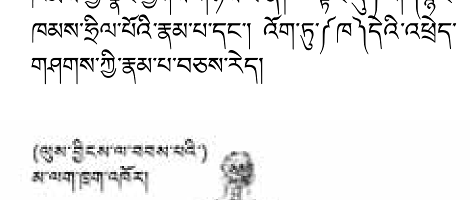
སྙིང་།

ཁྱེད་རྒྱུད་ཀྱི་ཁྲག་གཤེར་དེ་ཁྱེད་ཀྱི་ལུས་པོའི་ཁྲོན་ཡོངས་སུ་བར་མ་ཆད་པར་རྒྱུ་བཞིན་དུ་གནས་པར་བརྟེན། ཁྱེད་ཀྱི་ཁྲག་རྩ་ཐམས་ཅད་ཡང་ན་སྙིང་ཁམས་ཀྱི་ཕྱོགས་སུ་ཕར་རྒྱུག་པའམ། ཡང་ན་སྙིང་ཁམས་ནས་ཚུར་འཐོན་པའི་ཚུལ་དུ་འཁོད་ཡོད། དེ་ཡང་ཁྱེད་ཀྱི་སྙིང་ཁམས་ནི་སྲི་རྫས་ཀྱི་དྲ་ཚོགས་ཤིག་དང་སྦྲེལ་བའི་ཤ་གནད་ཤེད་མོ་ལས་གྲུབ་ལ། དེར་དུམ་བུའམ་སྦུབས་བཞི་ཡོད་ཅིང་(དཔེ་རིས། ༡༩)དེ་དག་གི་ཁོངས་ནས་གཡས་ཀྱི་སྙིང་སྦུབས་སྟོད་སྨད་དང་། གཡོན་གྱི་སྙིང་སྦུབས་སྟོད་སྨད་དེ། གཉིས་ཚན་གཉིས་པོའི་བར་ན་ལྗིབས་གྱང་གིས་ཆོད་ནས་ཡོད། ཁྱེད་ཀྱི་སྙིང་ཁམས་ལ་ཁ་ཕྱོགས་གཅིག་རང་དུ་འབྱེ་བའི་སྒོ་འདབ་སྒོ། སྙིང་སྦུབས་སྒོ་འདབ་ཏུ་འབོད་པ་དེ་འདྲ་ཡོད་པ་དེས་སྙིང་ཁམས་རྒྱུད་དུ་ཁྲག་དེ་ཁ་ཕྱོགས་གཅིག་རང་དུ་རྒྱུ་རུ་འཇུག་གི་ཡོད།



དཔེ་རིས། ༡༩ འདིར་ང་ཚོས་མཐོང་བའི་མིའི་སྙིང་ཁམས་ཀྱི་སྣང་ཕྱོགས་གཉིས་པོ་ནི། སྟེང་དུ་(ཀ)སྙིང་ཁམས་ཕྱིལ་པོའི་རྣམ་པ་དང་། འོག་ཏུ་(ཁ)དེའི་འཕྲེད་གཤགས་ཀྱི་རྣམ་པ་བཅས་རེད།

གོང་གི་ཧ་འཕུང་བཞིན་པའི་བཟའ་ཆེ་གཉིས་པོ་དཔེར་འཇེར་ན། ཁོང་གཉིས་རྒྱུད་ཀྱི་ཁྲག་དེ་བགྲོད་ལམ་མི་འདྲ་བ་གཉིས་བརྒྱུད་དེ་རྒྱུག་ཅིང་། དེ་དག་ནི་གློ་སྙིང་ཁྲག་ལམ་དང་མ་ལག་ཁྲག་ལམ་བཅས་རེད་(དཔེ་རིས། ༩༠)། བགྲོད་ལམ་དང་པོའི་མིང་ཟུར་གྱི་pulmonary (པལ་མོ་ན་རི་)ཞེས་པ་གློ་བར་གོ་ལ། དེ་ནི་སྐྱེ་པོ་རྣམས་དབུགས་ནང་དུ་བརྟུབ་པའི་ཚེ་ཡན་ལག་གང་ཞིག་རླུང་གིས་ཁེངས་པར་གྱུར་པའི་དབང་པོ་ཆེན་པོ་ཟུང་གཅིག་པོ་སྐྱེ་བོའི་བྲང་ཁོག་གི་ཐད་དུ་ཆགས་པ་དེར་ཟེར། དབུགས་དེའི་ནང་དུ་འཚོ་དབུགས་འདུས་ཡོད་ལ། དེ་ནི་སྐྱེ་བོའི་ལུས་སྟེ། དེའི་རྒྱུད་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་མ་ལུས་པ་ཀུན་ལ་མཁོ་ཞིང་། དེ་ལ་བརྟེན་ནས་དེ་དག་གིས་ནུས་པ་བསྐྱུན་ཐུབ། དེས་ན་གློ་བ་དང་ལུས་ཕྱིངས་ཀྱི་ཁྲག་ལམ་མ་ལག་དག་ནི་དབུགས་ནང་གི་འཚོ་རླུང་དེ་གློ་བའི་ནང་དུ་འདྲེན་པ་དང་། དེ་ནས་ཕྲ་ཕུང་ཀུན་ལ་གཏོང་བ་རེད། འཁོར་རྒྱུན་དེའི་མཇུག་མཐར་སླར་ཡང་འཁོར་རྒྱུན་མ་ལག་དེ་དག་གིས་འཚོ་དབུགས་དྲངས་པའི་ཤུལ་དུ་ཕྲ་ཕུང་དག་ལས་ཁར་སྦོན་འཚོ་རླུང་ཉིས་འགྱུར་རླུང་ཚུར་བླངས་ཏེ་གློ་བར་ཕྱིར་དྲངས་རྗེས་དབུགས་འབྱིན་པ་དང་མཉམ་དུ་ཕྱིར་དབྱུང་དུ་འཇུག་གི་ཡོད།



དཔེ་རིས། ༩༠ ཁྲག་གཤེར་རྣམས་གློ་སྙིང་ཁྲག་ལམ་བརྒྱུད་གློ་བར་རྒྱུ་བ་དང་། མ་ལག་ཁྲག་ལམ་བརྒྱུད་ལུས་ཕྱིངས་ལ་རྒྱུ་བ་རེད།

གློ་བའི་འཕར་རྩ་དག་བརྒྱུད་དེ་ཁྲག་སྙིང་ཁམས་ནས་ཕྱིར་འཐོན་གྱི་ཡོད་ལ། གློ་བའི་འཕར་རྩ་དག་ནི་ལུས་ཀྱི་འཕར་རྩ་ཐམས་ཅད་ཀྱི་ཁོངས་ནས་འཚོ་རླུང་ཆེས་ཞུང་དུ་གཟུང་བའི་ཁྲག་གཤེར་རྒྱུག་ས་གཅིག་པུ་དེ་རེད། གློ་བའི་འཕར་རྩ་དག་གིས་གློ་བར་ཁྲག་གཤེར་འདྲེན་པར་བྱེད་ལ། དེར་ཁྲག་གཤེར་དེ་ཉིད་རྩ་ལམ་ཆུང་བ་ཆུང་བ་བརྒྱུད་བགྲོད་དེ་མཐར་གློ་བའི་ཁྲོན་གྱི་རླུང་གི་ཀྲུལ་པ་ཡོད་ཚད་ལ་ཁྱབ་ནས་ཡོད་པའི་གྱང་པགས་སྲབ་མོ་ཅན་གྱི་གློ་བའི་ཁྲག་རྩ་ཕྲ་མོ་དག་ལ་འཁྱོར་བ་རེད། དེ་ལ་རླུང་གི་ཀྲུལ་པ་དེ་དག་གི་ནང་ཁྱེད་ཀྱིས་བརྟུབས་པའི་དབུགས་ཁྲོད་ཀྱི་འཚོ་རླུང་དེ་ཚུད་ཡོད་པས། མཚམས་དེར་འཚོ་རླུང་དེ་རྣམས་ཁྲག་གཤེར་གྱི་ནང་སིམ་གྱི་ཡོད། དེ་རྗེས་ཁྲག་གཤེར་དེ་ཉིད་གློ་བའི་སྡོད་རྩ་དག་(ལུས་ཀྱི་སྡོད་རྩ་ཐམས་ཅད་ཀྱི་ཁོངས་ནས་འཚོ་རླུང་ཆེས་མང་ཤོས་སུ་གཟུང་བའི་ཁྲག་གཤེར་རྒྱུག་ས་གཅིག་པུ་དེ་རེད)དང་། དེ་དག་ནས་གཡོན་གྱི་སྙིང་སྦུབས་སྟོད་ལ་འཁྱོར་གྱི་ཡོད།

Systemic circulation moves oxygenated blood, pumped from the left ventricle to the aorta and then to the arteries that reach all parts of the body. Each artery again narrows into smaller and smaller vessels and eventually capillaries that reach all our cells (where oxygen is left) and then fuse into narrow veins and then wider veins, eventually leading back to the heart. Blood returns from the tissues (where the hemoglobin from its red blood cells has left its oxygen) via large veins, the **vena cavae**, and fills the right **atrium**; this forces the valves to open and blood is pumped into the right ventricle, and the cycle repeats.

The couple can feel their hearts beat simply by putting their hands over their hearts. You can do the same. How does your heart beat and how is the heartbeat regulated? This process involves a specialized version of nerve and muscle signaling. We will discuss such signaling in more detail in NSII, but briefly: The heart has a collection of muscle fibers called the sinoatrial node that starts each beat of the heart, and the beat signal is carried throughout the heart. The signaling contracts the muscles of the heart so that it beats about 70 times per minute. The heart can beat independently of the body and heart cells in a dish also beat on their own; nevertheless, the heart beat and rate is closely regulated by signals from the nervous system and endocrine system to ensure all cells beat continuously and synchronously. For example, stress of any kind induces one endocrine gland, the adrenal, to release hormones that signal the heart to speed up its beat-rate. Other glands secrete hormones in our couple that play a role in love and reproduction.

THE LYMPHATIC SYSTEM

We have another circulatory system, the lymph system, which we already referred to in our discussion of the immune system, since it is the system that initiates immune response. The lymphatic system is spread throughout the body and also absorbs fluids from the digestive tract and other parts of the body. Lymph tissue is most dense in areas called lymph nodes (Figure 41). Like the cardiovascular system, the lymph system has vessels and capillaries to move materials throughout the body.

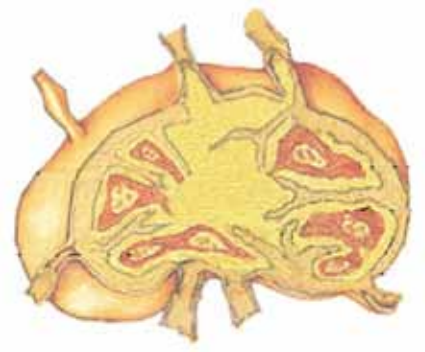


Figure 41: A lymph node.

THE RESPIRATORY SYSTEM: EXCHANGING GASES O_2 AND CO_2

Clearly, if we didn't breathe, we wouldn't live. So, at the most fundamental level, we must breathe to survive. Why?

མ་ལག་འཁོར་རྒྱུན་གྱིས་འཚོ་རླུང་ལྡན་པའི་ཁྲག་གཤེར་སྐྱེལ་འདྲེན་བྱེད་ལ། དེའི་ཚུལ་ནི་ཁྲག་གཤེར་དེ་གཡོན་གྱི་སྙིང་སྦུབས་སྨད་ནས་འབུད་གཏོང་བྱས་ཏེ་འཕར་རྩ་ཆེན་པོར་སྐྱེལ་བ་དང་། དེ་ནས་ལུས་ཀྱི་ཆ་ཤས་ཀུན་ལ་སློབ་པའི་འཕར་རྩ་རྣམས་ལ་འདྲེན་པ་རེད། འཕར་རྩ་རེ་རེ་ནས་དེ་བས་ཕྲ་བའི་རྩ་ལམ་དུ་མར་འགྱེ་བ་དང་། དེ་དག་ཀྱང་མཐར་ཕྲ་ཕྱུང་ཀུན་ལ་སློབ་པའི་ཁྲག་རྩ་ཕྲ་མོ་དག་ཏུ་འགྱེ། (ཕྲ་ཕྱུང་དེ་དག་ལ་འཚོ་རླུང་མར་ཕབ་རྗེས་)ཁྲག་རྩ་ཕྲ་མོ་དེ་དག་སྡོད་རྩ་ཕྲ་མོ་དག་ལ་མཐུད་འབྲེལ་ཐེབས་ལ། དེ་ནས་དེ་དག་སྤར་བས་ཁ་ཞེང་ཇེ་ཆེའི་སྡོད་རྩ་དག་ལ་མཐུད་འབྲེལ་ཐེབས་ཀྱིན་དུ་མཐར་སྙིང་ཁམས་ལ་ཕྱིར་འཁྱོར། སྟུག་སྟོང་སྡོད་རྩ་ཞེས་སུ་འབོད་པ་ཁ་ཞེང་ཆེ་བའི་སྡོད་རྩ་དེ་དག་བརྒྱུད་ཁྲག་གཤེར་དེ་ཉིད་ཕུང་གྲུབ་དག་ལས་ཕྱིར་འཁོར་ནས་གཡས་ཀྱི་སྙིང་སྦུབས་སྟོད་ཁེངས་པར་འགྱུར། འདིས་སྐྱེ་འདབ་རྣམས་འབྱེ་རུ་འཇུག་པས། ཁྲག་གཤེར་དེ་གཡས་ཀྱི་སྙིང་སྦུབས་སྨད་ཀྱི་ནང་དུ་འབུད་གཏོང་བྱེད་ལ། དེས་ན་སྤར་གྱི་འཁོར་རྒྱུན་དེ་སླར་ཞིང་བསྐོར་རོ།།

དེ་ལ་གོང་གི་བཟའ་ཚོ་གཉིས་པོས་རང་གི་སྙིང་ཁར་ལག་པ་འཛུག་ཙམ་གྱིས་དོ་བདག་སོ་སོའི་སྙིང་ཁམས་ཀྱི་འཕར་ལྡིང་ཚོར་ཐུབ། ཁྱེད་ཀྱིས་ཀྱང་དེ་ལྟར་ཚོར་ཐུབ། དེས་ན་ཁྱེད་ཀྱི་སྙིང་ཁམས་ཇི་ལྟར་འཕར་ལྡིང་བྱེད་དམ། འཕར་ལྡིང་གི་བྱ་འགུལ་དེ་མཚམས་ཆེགས་ངེས་ཅན་དུ་འགྲུབ་པ་དེ་འདྲ་ཇི་ལྟར་འབྱུང་ངམ་ཞེ་ན། བྱེད་རིམ་འདི་དབང་རྩ་དང་ཤ་གནད་ཀྱི་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་ལུགས་དམིགས་བཀར་བ་ཞིག་དང་འབྲེལ་བ་ཡོད། བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་ལུགས་འདི་སྐོར་ངེད་ཚོས་དབང་རྩ་ཚན་རིག་གི་སྟོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་གཉིས་པར་རྒྱས་པར་གྲོས་སྡུར་བྱ་ལ། འོན་ཀྱང་རགས་བསྡུས་ཙམ་བཤད་ན་འདི་ལྟར། སྙིང་ཁམས་ལ་འགྲོས་མདུད་དུ་འབོད་པའི་ཤ་གནད་རྩེ་སྐྱུད་ཀྱི་ཚོགས་ཤིག་ཡོད་ཅིང་། དེས་སྙིང་གི་འཕར་ལྡིང་རེ་རེ་ནས་སློང་ཞིང་། དེ་ནས་འཕར་ལྡིང་གི་བརྡ་འཕྲིན་དེ་སྙིང་ཁམས་ཀྱི་ཁྱོན་ཀུན་ལ་འགྲམ་གྱི་ཡོད། བརྡ་འཕྲིན་འཁྱོར་བའི་དབང་གིས་སྙིང་ཁམས་ཀྱི་ཤ་གནད་འཁུམ་དུ་འཇུག་ལ། དེ་ལ་བརྟེན་ནས་དུས་ཡུན་སྐར་མ་གཅིག་གི་ནང་སྙིང་གི་འཕར་ལྡིང་ཐེངས་༧༠ ཙམ་རྒྱག་གི་ཡོད། དེ་ཡང་ངེད་ཚོའི་སྙིང་ཁམས་དེ་ལུས་བྱིངས་ལ་ལྟོས་པ་མེད་པར་རང་དབང་གི་སྒོ་ནས་འཕར་ལྡིང་བྱེད་ཐུབ་ལ། དེར་མ་ཟད། སྟོད་སྦྱིར་སྙིང་བཞག་པའི་སྙིང་ཁམས་ཀྱི་ཕྲ་ཕྱུང་དག་ཀྱང་རང་འགུལ་གྱིས་འཕར་ལྡིང་བྱེད་ཐུབ། དེ་ལྟ་ནའང་སྙིང་གི་འཕར་ལྡིང་དང་འཕར་ཚད་བཅས་ནི་དབང་རྩ་མ་ལག་དང་ནང་རྫིན་མ་ལག་གཉིས་ནས་སོན་པའི་བརྡ་འཕྲིན་དག་གིས་སྟངས་འཛིན་དམ་པོ་བྱེད་ལ། དེའི་ཚུལ་ཡང་(བརྡ་འཕྲིན་)དེ་དག་གིས་(སྙིང་གི་)ཕྲ་ཕྱུང་ཀུན་འཕར་ལྡིང་མཉམ་དུ་དང་། དེ་ཡང་དུས་མཉམ་དུ་བྱེད་པར་ཁག་ཐེག་བྱེད་པས་ཡིན། དཔེར་ན། ཡིད་སྨུག་གི་ཉམས་པ་ཅི་འདྲ་ཞིག་ཡིན་རུང་དེས་ལུས་ནང་གི་རྫིན་བུའི་རིགས་བྱེད་བྲག་ཅིག་སྟེ། མཁལ་སྟོད་རྫིན་བུ་བསྐྱུལ་ཏེ་རྫིན་རྫས་གློད་དུ་འཇུག་ལ། རྫིན་རྫས་དེས་སྙིང་ཁམས་ལ་རང་གི་འཕར་ཚད་སྨྱུར་དགོས་པའི་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་བ་རེད། དེ་བཞིན་དུ་རྫིན་བུ་གཞན་དག་གིས་བཙོ་དྲུང་དང་རིགས་མྱུག་སྐྱེད་སྤེལ་ལ་འབྲེལ་བའི་རྫིན་རྫས་གློད་འདོན་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།

ཆུ་སེར་མ་ལག

ང་ཚོར་འཁོར་སྐྱོད་མ་ལག་གཞན་ཞིག་ཡོད་པ་ནི་ཆུ་སེར་མ་ལག་དེ་ཡིན། འདིའི་སྐོར་གོང་དུ་ངེད་ཚོས་ནད་འགོག་མ་ལག་འགྲེལ་བརྗོད་བྱེད་སྐབས་གླེང་ཟིན་ལ། དེར་འབྲེལ་བ་ཆགས་ཚུལ་ཡང་ནད་འགོག་གི་ཡ་ལན་རིམ་པ་རྣམས་མ་ལག་འདིས་སློང་བའི་དབང་གིས་ཡིན། ཆུ་སེར་མ་ལག་འདི་ལུས་ཀྱི་ཆ་ལག་ཀུན་ཏུ་འགྲམས་ནས་ཡོད་པར་མ་ཟད། འདིས་ཟས་བཅུད་འཇུ་ལམ་དང་ལུས་ཀྱི་ཆ་ཤས་གཞན་དག་ནས་གཤེར་ཁུ་འཛིན་ལེན་བྱེད་པ་རེད། རྫིན་མདུད་ཅེས་སུ་འབོད་པའི་ཁུལ་དུ་རྫིན་རྫས་ཕུང་གྲུབ་སྟུག་ཤས་ཆེ་ཤོས་སུ་འཁོད་ཡོད་ལ(དཔེ་རིས། ༧)། སྙིང་རྩ་མ་ལག་དང་མཚུངས་པར་ཆུ་སེར་མ་ལག་འདིར་ཡང་ལུས་ཀྱི་ཁྱོན་ཡོངས་སུ་རྒྱུག་པའི་རྩ་ལམ་དང་རྩ་ཕྲན་དུ་མ་འདུས་ཡོད།

འབྱིན་རྔུབ་མ་ལག འཚོ་རླུང་ཉིས་འགྱུར་ O_2 དང་ཁར་སྲྭན་འཚོ་རླུང་ཉིས་འགྱུར་ CO_2 ཀྱི་རླངས་གཟུགས་གཉིས་པན་ཚུན་བརྗེ་སྒྱུར་བྱེད་པ།

གལ་ཏེ་ངེད་ཚོས་དབུགས་འབྱིན་རྔུབ་མ་བྱས་ཚེ་ང་ཚོ་འཚོ་གནས་མི་ཐུབ་པ་ནི་མངོན་གསལ་ཡིན་ལ། དེས་ན། ཆེས་རྩ་གཞིའི་རིམ་ པས། ངེད་ཚོ་མུ་མཐུད་དུ་འཚོ་སྡོད་བྱེད་པར་ངེས་པར་དབུགས་གཏོང་ལེན་བྱེད་དགོས། དེའི་རྒྱུ་མཚན་གང་ཡིན་ནམ།

དཔེ་རིས། ༧ རྫིན་མདུད།

In addition, breathing and focus on the breath has a central place in Tibetan meditation. Why the breath? Perhaps by understanding the physiology of respiration and how it is connected to our other systems, we will get some hints.

Breathing allows us to bring in oxygen from the air. Oxygen as we learned above in our discussion of circulation must be provided to cells for the process of energy production. Oxygen is actually produced by plants as a waste product of *their* energy production process (photosynthesis). In complementary fashion, a waste product of our energy production is a different gas, carbon dioxide (CO_2), and this gas is in turn used by plants to produce energy during photosynthesis.

While our couple is sitting at the café drinking chai, they are breathing without consciously thinking about it. While you are meditating, you might be more consciously focusing on your breath. In either case, let's follow what happens to a breath when you breathe in. Whether you breathe through your nose or mouth, the incoming air goes into the pharynx at the back of the throat (Figure 42). In the nose, bacteria and other contaminants in the air are filtered out by mucus, a viscous, sticky substance produced by cells in the nasal lining. The contaminants are eventually passed along in the mucus when you swallow to the digestive system and disposed of.

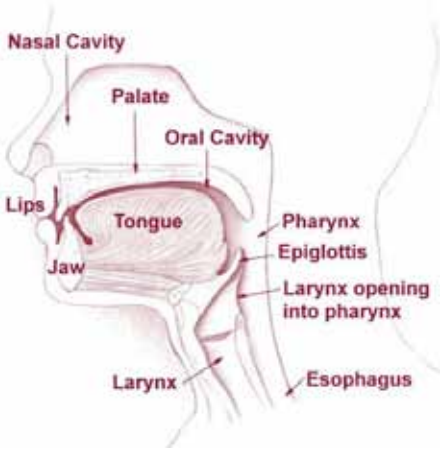


Figure 42: Incoming air goes into the pharynx, which is located at the back of the throat.

A flap of tissue covers the larynx and closes to separate food, going through your pharynx and into your digestive system, from air continuing through the larynx and into the lungs and respiratory system. Air moves from the larynx to the trachea, which branches into two bronchi, one leading to each lung. These parts of the respiratory system are also lined with cells that secrete mucus to help remove particles from the air moving through the system.

The lungs are spongy, elastic organs filled with extensive surface area in which to allow gas exchange. The right lung has three lobes and the left one two. Much like the diameter of the arteries becomes smaller and smaller when they deliver blood, the bronchi become smaller and smaller as they move further into the lungs, and they eventually end in small sacs called alveoli. Your lungs have millions of these, and if they were all spread out their area would be equal to that of a basketball court. Like the capillaries, alveoli are one-cell thick, and it is through this alveoli that gas exchange occurs. In fact it is at the border of the capillaries and the alveoli where gas exchange occurs.

In the alveoli, the concentration of oxygen is higher than in the blood, so the oxygen moves by diffusion from the alveoli and into the blood (recall that substances naturally move from areas where they are more concentrated

དེར་མ་ཟད། དབུགས་གཏོང་ལེན་གྱི་བྱ་བ་དང་བྱ་བ་དེར་དམིགས་པ་གཏོད་རྒྱུ་བཅས་ལ་བོད་ཀྱི་སྒོམ་སྒྲུབ་ཉམས་ལེན་ནང་གལ་གནད་ཀྱི་གནས་བབ་ཕུལ་ཡོད། དེས་ན་དབུགས་འབྱིན་རྔུབ་དེ་དེ་ལྟའི་གལ་གནད་ཅན་དུ་གྱུར་པ་ཅིས་ཡིན་ནམ་ཞེ་ན། ཕལ་ཆེར་དབུགས་འབྱིན་རྔུབ་ཀྱི་ལུས་ཁམས་གནས་ལུགས་དང་། དེ་ཉིད་ལུས་ཀྱི་མ་ལག་གཞན་དང་ཇི་ལྟར་སྦྲེལ་ཚུལ་བཅས་ལ་རྒྱུས་ལོན་བྱེད་པ་སྔོན་དེང་ཚོར་དེ་ཕྱོགས་སུ་བློ་སྣ་འགའ་རེ་འཐོབ་སྲིད།

དབུགས་འབྱིན་རྔུབ་ཀྱི་བྱ་བ་བརྒྱུད་ངེད་ཚོར་རླུང་ཁམས་ནས་འཚོ་རླུང་རྔུབ་ལེན་བྱེད་རྒྱུར་རམ་འདེགས་འཐོབ་ཀྱི་ཡོད། གོང་དུ་འཁོར་སྐྱོད་བྱེད་རིམ་སྐོར་གྲོས་སྟུར་བྱས་པ་ལས་ངེད་ཚོས་ཤེས་པ་བཞིན། ནུས་པ་སྐྱེད་འདོན་གྱི་བྱེད་རིམ་རྒྱུན་འཁྱོངས་སུ་གནས་ཆེད་ཕྲ་ཕུང་དག་ལ་འཚོ་རླུང་ངེས་པར་སྟོབ་དགོས། སྤྱིར་ན་འཚོ་རླུང་ནི་རྩ་ཤིང་དག་གིས་རང་གི་ནུས་པ་སྐྱེད་འདོན་བྱེད་རིམ་(འོད་ཀྱི་སྦྱེབ་སྦྱོར)ནང་ཞུགས་པའི་ཞར་ལ་བེད་མེད་སྙིགས་རོའི་ཚུལ་དུ་སྐྱེད་སྐྲུན་བྱེད་པ་ཞིག་ཡིན། དེར་བརྟེ་སྒྱུར་ཁ་གསབ་ཀྱི་ཚུལ་དུ་ངེད་ཚོས་ནི་རང་གི་ནུས་པ་སྐྱེད་འདོན་བྱེད་རིམ་ནང་ཞུགས་པའི་ཞར་ལ་ཁར་སྦོན་འཚོ་རླུང་ཞེས་འགྱུར་གྱི་རླུང་དེ་བེད་མེད་སྙིགས་རོའི་ཚུལ་དུ་སྐྱེད་སྐྲུན་བྱེད། ཁར་སྦོན་འཚོ་རླུང་ཞེས་འགྱུར་གྱི་རླུང་འདི་ནི་འོད་ཀྱི་སྦྱེབ་སྦྱོར་གྱི་བྱེད་རིམ་ལ་ཞུགས་སྐབས་རྩ་ཤིང་དག་གིས་ནུས་པ་སྐྱེད་སྐྲུན་གྱི་ཆེད་དུ་བེད་སྤྱོད་བྱེད་པའི་རྡངས་རྫས་དེ་རེད།

ངེད་ཚོའི་གླིང་གཞིར་འཁྱེར་བའི་བཟའ་འཚོ་གཉིས་པོ་དེས་ཇ་ཁང་ཞིག་ཏུ་ཇ་ལ་རོལ་ནས་སྤྱོད་བཞིན་དུ་ཁོང་ཅག་གིས་ཆེད་དུ་མི་སེམས་པར་ཡང་དབུགས་གཏོང་ལེན་སྲུ་མཐུད་དུ་བྱེད་ལ། ཡང་ཁྱེད་ཉིད་སྒོམ་རྒྱག་པའི་སྐབས་སུ་ནི་རང་གི་དབུགས་གཏོང་ལེན་ལ་སྟར་བས་དྲན་ཤེས་ལྷག་པར་བསྟེན་བཞིན་དུ་འཁོད་ཆོག གནས་སྐབས་གཉིས་པོ་གང་ལྟར་ཡང་། ད་ནི་ངེད་ཚོས་དབུགས་གཏོང་ལེན་སྐབས་ཅི་ཞིག་འབྱུང་མིན་ལ་བལྟ་བར་བྱའོ།། ཁྱེད་ཀྱིས་ཁ་དང་སྣ་གང་གི་བརྒྱུད་ནས་དབུགས་གཏོང་ལེན་བྱེད་ཀྱང་རུང་། ནང་དུ་བརྔུབ་པའི་རླུང་དེ་ནི་མིད་པའི་རྒྱབ་ངོས་སུ་འཁོད་པའི་མཇུལ་པ་བརྒྱུད་ལུས་ནང་དུ་ཞུགས་པ་རེད་(དཔེ་རིས། ९༣)། དེ་ལ་རླུང་སྣ་བུག་ནང་ཞུགས་པ་ན་རླུང་ཁམས་ནང་གི་ཕྲ་སྲིན་དང་སྦགས་བཙོག་གི་དངོས་རྫས་གཞན་རྣམས་བེ་སྣབས་ཏེ། སྣ་བུག་གི་ནང་ལྤེབས་སུ་ཆགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་དག་གིས་བསྐྱིད་ཅིང་གར་ལ་འབྱུར་བག་ཅན་གྱི་དངོས་རྫས་དེས་འཆག་གི་ཡོད། དེ་ལྟའི་སྦགས་བཙོག་གི་དངོས་རྫས་དེ་དག་མཐར་ལུད་པ་དང་ལྷན་དུ་ལན་ཅིག་འདྲེ་བྱེད་མ་ལག་ནང་དུ་མིད་ནས་མཐར་ཕྱིར་འབྱིན་པ་རེད།

དཔེ་རིས། ९༣ ནང་དུ་བརྔུབ་པའི་རླུང་དེ་མགྲིན་པའི་རྒྱབ་ངོས་སུ་འཁོད་པའི་མཇུལ་པའི་ནང་དུ་འགྲོ་བ་རེད།

ཕུང་གྲུབ་ཀྱི་ཤ་ལེབ་ཅིག་གིས་གྲེ་བའི་ཁ་འགེབ་ཅིང་གཅོད་པར་བྱེད་ལ། དེས་མཇུལ་པའི་བརྒྱུད་ནས་འདུ་བྱེད་མ་ལག་ནང་རྒྱུ་བའི་ཟས་ཆས་རྣམས། གྲེ་བ་བརྒྱུད་ནས་གློ་བ་དང་འབྱིན་རྔུབ་མ་ལག་ནང་བགྲོད་པའི་རླུང་ལས་ལོགས་སུ་འབྱེད་པར་བྱེད། དེ་ཡང་རླུང་ནི་གྲེ་བ་ནས་གློ་ཕུ་རུ་བགྲོད་པ་དང་། གློ་ཕུ་དེ་ཉིད་གློ་ཕུའི་རྩ་སྦྲུབས་གཉིས་སུ་གྱེས་ཡོད་ཅིང་། དེ་རེ་རེ་གློ་བ་རེ་ལ་ཐུག་ཡོད་པ་རེད། འབྱིན་རྔུབ་མ་ལག་གི་ཡན་ལག་འདི་དག་གི་ནང་ལྤེབས་སུའང་བེ་སྣབས་འཚིར་འདོན་བྱེད་པའི་ཕྲ་ཕུང་ཡོད་པ་དང་། ཕྲ་ཕུང་འདི་དག་གིས་མ་ལག་འདིའི་བརྒྱུད་དུ་བགྲོད་པའི་རླུང་ཁྲོད་ཀྱི་རྡུལ་རྣམས་ཕྱིར་སེལ་བར་བྱེད་དོ།།

དེ་ལ་མིའི་གློ་བ་ནི་སོབ་ལ་མཉེན་པའི་དབང་གཟུགས་ཡིན་ལ། དེ་དག་གི་ཁོག་རྒྱ་ཡངས་པས། རླངས་རྫས་བརྗེ་སྒྱུར་གྱི་བྱེད་རིམ་འགྲུབ་པར་འཕྲོད་ཆེ། དེ་ཡང་གློ་བ་གཡས་པར་འདབ་མ་གསུམ་དང་། གཡོན་པར་འདབ་མ་གཉིས་ཡོད་ལ། ཇི་ལྟར་འཕར་རྩ་རྣམས་ཁྲག་གཤེར་འདྲེན་སའི་ཕྱོགས་སུ་ཞེང་ཚད་ཇེ་ཆུང་ཇེ་ཆུང་དུ་འགྲོ་བ་བཞིན། གློ་ཕུའི་རྩ་སྦྲུབས་འདི་དག་ཀྱང་གློ་བའི་སྦུག་ཏུ་ཇེ་ཟབ་ཏུ་འགྲོ་རིམ་བཞིན་རང་གི་ཞེང་ཚད་ཇེ་ཆུང་དུ་འགྲོ་ཞིང་། མཐར་གློ་ཕྲུ་ཞེས་འབོད་པའི་རྐྱལ་གཟུགས་ཆུང་ངུའི་ངོ་བོར་མཇུག་རྫོགས། ཁྱེད་ཀྱི་གློ་བར་འདི་ལྟའི་རྐྱལ་གཟུགས་ས་ཡ་དུ་མ་ཡོད་ལ། གལ་ཏེ་འདི་དག་ས་ཁུལ་ཞིག་གི་ངོས་སུ་ལེབ་མོར་བཀྲམས་ཆེ་འདི་དག་གིས་འགེབས་པའི་ས་ཁྱོན་ནི་སིལ་སྦྱོལ་རྩེད་ར་ཞིག་དང་མཉམ། རྩ་ཕྲན་རྣམས་དང་མཚུངས་པར་གློ་ཕྲུ་དག་ཀྱང་ཕྲ་ཕུང་གཅིག་གི་མཐུག་ཚད་ལས་མེད་ལ། ཕྲ་ཕུང་གཅིག་གི་མཐུག་ཚད་ཅན་གྱི་གློ་ཕྲུ་འདི་བརྒྱུད་ནས་ཕྱོགས་ཕན་ཚུན་དུ་རླངས་གཟུགས་བརྗེ་སྒྱུར་གྱི་བྱ་བ་འགྲུབ་པ་རེད། དོན་དངོས་ཡང་། རླངས་གཟུགས་བརྗེ་སྒྱུར་གྱི་བྱ་བ་དེ་རྩ་ཕྲན་དང་གློ་ཕྲུ་ཡི་འཕྲད་མཚམས་དེར་འགྲུབ་ཀྱི་ཡོད།

དེ་ལ་གློ་ཕྲུའི་ནང་གི་འཚོ་རླུང་གི་གར་ཚད་དེ་ཁྲག་གཤེར་ནང་གི་དེའི་གར་ཚད་ལས་མཐོ་བ་ཡོད་ལ། དེར་བརྟེན་འཚོ་རླུང་དེ་ཉིད་གློ་ཕྲུ་ཡི་མཚམས་ནས་ཁྲག་གཤེར་ནང་བཞུར་བཞིན་དུ་ཁྱབ་འགྱེད་བྱེད་པ་རེད་(སྤྱིར་ན་དངོས་རྫས་རྣམས་གར་ཚད་མཐོ་སའི་ས་བབ་ནས་གར་ཚད་དམའ་སར་རང་བཞིན་ལྷུན་གྱིས་བཞུར་བ་དེ་འདིར་ཕྱིར་དྲན་བྱེད་

to areas where they are less so). Carbon dioxide, the waste gas of cellular energy production, on the other hand has been carried from the tissues in the blood to the lungs. So, here, in the lungs, the carbon dioxide moves into the alveoli and will eventually be breathed out (exhaled) and used from the air by plants (Figure 43).

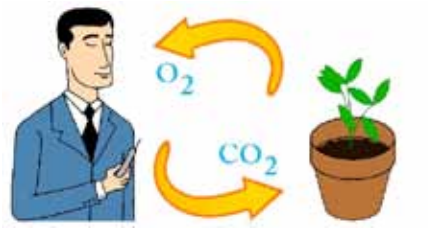


Figure 43: Humans use oxygen and breathe out car-bon dioxide, which is then used by plants.

Once the hemoglobin in the blood picks up oxygen, and therefore becomes oxygenated, it moves back to the tissues, where it moves into capillaries deep in the tissues and this time diffuses out of the capillaries and into the cells of the tissue that need the oxygen for energy production. Because these cells are constantly working, they are now in need of more oxygen, and they have a lower concentration of it than is in the capillaries bringing it, so oxygen diffuses from the capillaries to the tissues. At the same time, the working cells have produced CO_2 as a consequence of their energy production, and this diffuses from the cells into the capillaries, and the process is repeated.

BREATHING REGULATION

We have seen how breathing happens, and how it is intimately linked to circulation. But how is breathing regulated on a day-to-day basis? Like we said, our couple at the café does not sit around thinking about the need to breathe; they just do it. This involuntary breathing process also involves the nervous system and the muscle system and is regulated by groups of neurons in your brain stem called respiratory centers. The neurons, through mechanisms we discussed in previous primers, send a signal to the diaphragm and other muscles to contract; after a few seconds, the signal stops being sent, and the muscles relax, so you breathe out (exhale). And this repeats.

As your body needs more oxygen (and is thus producing more carbon dioxide it needs to get rid of) like during exercise or other stress (for example, when one of the couple burns his hand on the chai cup, or when they are both worried about plans for their new child), their breathing rhythm speeds up.

The more energy your cells produce, the more CO_2 they produce, and special receptors in your nervous and circulatory systems bind this carbon dioxide and signal your rate of breathing to increase. Other receptors are sensitive to oxygen levels and pH levels (more CO_2 results in more H+ ions, because CO_2 is converted into carbonic acid, and more H+ ions means lower pH) and also help regulate breathing.

དཔེ་རིས། ༩༣ མི་རྣམས་ཀྱིས་འཚོ་རླུང་ལོངས་སྤྱོད་པའི་མཐར་ཁར་སྦོན་འཚོ་རླུང་ཉིས་འགྱུར་གྱི་རླུང་ཕྱིར་འབྱིན་ལ། གང་ཕྱིར་ཕྱུང་བ་འདི་ཉིད་རྩི་ཤིང་དག་གིས་ལོངས་སྤྱོད་པ་རེད།

འོས)།། ཡང་ཕྱོགས་གཞན་དུ་ནི། ཁར་སྦོན་འཚོ་རླུང་ཉིས་འགྱུར་གྱི་རླུང་སྟེ། ཕྲ་ཕུང་རིམ་པར་ནུས་པ་བཟོ་སྐྲུན་བྱེད་རིམ་གྱི་མཐའ་འབྲས་སུ་བྱུང་བའི་སྙིགས་རོའི་རླངས་རྫས་དེ་ཕུང་གྲུབ་དག་ནས་གློ་བར་ཁྲག་གི་ནང་འོར་འདྲེན་བྱེད་ལ། དེ་ནས་འདིར་གློ་བའི་རྒྱུད་དུ་ཁར་སྦོན་འཚོ་རླུང་ཉིས་འགྱུར་གྱི་རླུང་དེ་ཉིད་གློ་ཕྱུའི་ནང་རྒྱུ་ཞིང་། མཐར་དབུགས་ཕྱིར་འབྱིན་པ་དང་མཉམ་དུ་ཕྱིའི་རླུང་ཁམས་ཁྲོད་དུ་སེལ་བ་ལས་རྩི་ཤིང་དག་གིས་སྤྱད་པར་འགྱུར་རོ་(དཔེ་རིས། ༩༣)།།

ནམ་ཞིག་ཁྲག་གསེར་ཁྲོད་ཀྱི་ཁྲག་དམར་ཐྲུམ་སྤྲིས་འཚོ་རླུང་བཟུང་བ་དང་། དེའི་རྐྱེན་ལས་ཁྲག་གསེར་དེ་ཉིད་དྭ་གཟོད་འཚོ་རླུང་ཅན་དུ་གྱུར་ཙ་ན། དེ་ཉིད་སྐབས་ཡང་ཕུང་གྲུབ་ཕྱོགས་སུ་རྒྱུག་ཅིང་། དེར་རྩ་ཕྲན་བརྒྱུད་ཕུང་གྲུབ་ཀྱི་སྦུག་མར་སླེབས་པ་ན་རྩ་ཕྲན་དག་ནས་བཞུར་ཞིང་ཁྱབ་འགྱེད་བྱས་ཏེ་ཕུང་གྲུབ་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་དག་ཏུ་རྒྱུ་བས། ཕྲ་ཕུང་གི་ནུས་པ་སྐྱེད་སྐྲུན་ལ་ཆེས་མཁོ་བའི་འཚོ་རླུང་སྣོད་འདོན་བྱེད་ཐུབ། དེ་ཡང་ཕྲ་ཕུང་འདི་དག་དུས་གཏན་དུ་ལས་ལ་ཞུགས་ཏེ་གནས་པས་འདི་དག་ལ་ད་ཐེངས་འཚོ་རླུང་གི་དགོས་མཁོ་ཆེ་བ་ཡོད་ལ། རང་ཕྱོགས་སུ་ཁྲག་གསེར་འོར་འདྲེན་བྱེད་པའི་རྩ་ཕྲན་དག་ལ་ལྟོས་ཏེ་ཕྲ་ཕུང་འདི་དག་ལ་འཚོ་རླུང་གི་གར་ཚད་དམའ་བ་ཡོད་པའི་དབང་གིས་འཚོ་རླུང་དེ་ཉིད་རྩ་ཕྲན་དག་གི་ས་ནས་ཕུང་གྲུབ་དག་ཏུ་བཞུར་ཞིང་ཁྱབ་འགྱེད་བྱེད་ངེས་རེད། དེ་དང་དུས་མཚུངས་སུ། རང་གིས་ནུས་པ་སྐྱེད་འདོན་བྱས་པའི་མཇུག་འབྲས་སུ་ལས་ལ་འཇུག་བཞིན་པའི་ཕྲ་ཕུང་འདི་དག་གིས་ད་ཆ་ཁར་སྦོན་འཚོ་རླུང་ཉིས་འགྱུར་གྱི་རླུང་སྣོད་འདོན་བྱས་ཡོད་ཅིང་། འདི་ཉིད་ཕྲ་ཕུང་དག་གི་ས་ནས་རྩ་ཕྲན་དག་ཏུ་ཕར་ཁྱབ་འགྱེད་བྱེད་པས། སྔར་གྱི་བྱེད་རིམ་འདི་ཉིད་སྐར་ཞིང་འགྲུབ་པར་འགྱུར་རོ།།

འབྱིན་རྡུབ་བྱ་བ་ངེས་གཏན་བྱེད་ཚུལ།

ད་བར་ང་ཚོས་དབུགས་འབྱིན་རྡུབ་ཀྱི་བྱ་རིམ་ཇི་ལྟར་འགྲུབ་ཚུལ་དང་། བྱ་རིམ་འདི་ཉིད་འཁོར་སྐྱོད་དང་ཇི་ལྟར་འབྲེལ་བ་དམ་པོ་ཡོད་ཚུལ་བཅས་མཐོང་ཡོད། དེ་ལྟ་ནའང་། བྱ་རིམ་འདི་ཉིད་ཉིན་རྒྱུན་དུ་མཚམས་ཆིགས་ངེས་པ་དེ་འདྲ་ཇི་ལྟར་འབྱུང་ངམ། གོང་དུ་ངེད་ཚོས་མཐོང་ཚུལ་བཤད་པ་བཞིན་གློང་གཞིའི་བཟའ་ཚོ་གཉིས་པོས་དབུགས་གཏོང་ལེན་གྱི་ཕྱོགས་སུ་བསམ་གཞིག་ཙམ་ཡང་མི་བྱེད་པར་ལྷོད་སྟོད་བྱེད་བཞིན་དུ་གནས་ཤིང་། དེ་སྟར་འབྱིན་རྡུབ་ཀྱི་བྱ་བ་རང་འགྲུབ་ཏུ་འབྱུང་གི་ཡོད། སྤྱིར་ན་འདི་ལྟར་རྩོལ་མེད་རང་འགྲུབ་ཀྱི་འབྱིན་རྡུབ་བྱ་རིམ་འདིར་དབང་རྩ་མ་ལག་དང་། ཞ་གནད་མ་ལག་གཉིས་འབྲེལ་བ་ཡོད་ལ། མ་ཟད། ཁྱེད་ཀྱི་ཀླད་ཀར་ཁྲོད་དུ་འཁོད་པའི་འབྱིན་རྡུབ་བསྡི་གནས་སུ་འབོད་པ་དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་ཀྱི་ཚོགས་འདུས་དག་གིས་ཀྱང་བྱ་རིམ་འདིར་སྟངས་འཛིན་བྱེད། དེ་ཡང་དབང་རྩ་ཕྲ་གཟུགས་དེ་དག་གིས་སྟར་སྔོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་སྟ་མ་རྣམས་སུ་ངེད་ཚོས་གྲོས་སྟུར་བྱས་པའི་ལས་ཚུལ་དེ་དག་བརྒྱུད་མཆིན་དྲི་དང་ཤ་གནད་གཞན་དག་ལ་འདུ་འཁུམ་བསྐུལ་བའི་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་བ་དང་། དེ་ནས་སྐར་ཆ་འགའ་རེའི་རྗེས་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་མཚམས་འཛོག་པས་ཤ་གནད་དེ་དག་ལྷོད་པར་འགྱུར་བས་དོ་བདག་སྐྱེ་བོས་དབུགས་ཕྱིར་གཏོང་(འབྱིན་)ཐུབ་པ་འབྱུང་ལ། འདི་ཉིད་སྐར་ཞིང་མུ་མཐུད་དུ་འགྲུབ་པ་རེད།

དེ་ཡང་ལུས་སྦྱོང་བྱེད་པ་ལྟ་བུ་དང་། གཞན་ཡང་གཉན་འཕྲང་གི་གནས་སྐབས་(དཔེར་ན། གློང་གཞིའི་བཟའ་ཚོ་གཉིས་པོ་ལས་གང་ཡང་རུང་བ་ཞིག་གིས་ཇ་ཚ་བོའི་ཕོར་པར་ལག་པ་འཚང་བཞིན་དུ་ལག་པ་འཚིག་པ་ལྟ་བུའམ། ཡང་ན། ཁོང་གཉིས་ཀྱི་གསར་བཅས་བྱིས་པའི་མ་འོངས་མདུན་ལམ་ཐད་བཟའ་ཚང་གཉི་གར་སེམས་འཚབ་སྐྱེ་བ་) ལྟ་བུར་ལུས་པོར་འཚོ་རླུང་གི་དགོས་མཁོ་གོང་དུ་འཕེལ་བའི་སྐབས་སུ་དོ་བདག་སྐྱེ་བོའི་འབྱིན་རྡུབ་ཀྱི་འགྱུར་ཁུགས་མགྱོགས་སུ་འགྲོ།

ཁྱེད་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་དག་གིས་ཇི་ཙམ་ནུས་པ་མང་བ་བསྐྱེད་པ་དེའི་ཚོད་དུ་དེ་དག་གིས་ཁར་སྦོན་འཚོ་རླུང་ཉིས་འགྱུར་གྱི་རླུང་མང་བ་སྣོད་འདོན་བྱེད་ལ། ཁར་སྦོན་འཚོ་རླུང་ཉིས་འགྱུར་གྱི་རླུང་དེ་ལ་ཁྱེད་ཀྱི་དབང་རྩ་མ་ལག་དང་འཁོར་སྐྱོད་མ་ལག་ཁྲོད་ཀྱི་དམིགས་བསལ་སྣེ་ལེན་པ་དག་གིས་འཆིང་སྡོམ་བྱས་ཏེ། ཁྱེད་ཀྱི་དབུགས་ཀྱི་འགྱུར་ཁུགས་སྒྱུར་དགོས་པའི་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་བ་རེད། དེ་བཞིན་དུ་སྣེ་ལེན་པ་གཞན་དག་ཀྱང་འཚོ་རླུང་དང་ཡང་རླུང་སྐྱེས་རྡུལ་གྱི་ཕུང་སོག་བཅས་ཀྱི་འབོར་ཚད་ལ་སྐབས་བསྟུན་གྱི་ཡ་ལན་སྤྲོད་སྐྱེན་པར་མ་ཟད། (དེ་ཡང་ཁར་སྦོན་འཚོ་རླུང་ཉིས་འགྱུར་རླུང་ཇི་ཙམ་མང་བ་དེ་ཙམ་དུ་ཡང་རླུང་སྐྱེས་རྡུལ་མང་བ་འབྱུང་བ་ནི་ཁར་སྦོན་འཚོ་རླུང་ཉིས་འགྱུར་གྱི་རླུང་དེ་ཉིད་ཁར་སྦོན་སྐྱུར་རྫས་སུ་བརྗེ་སྒྱུར་ཐེབས་འགྲོ་བའི་དབང་གིས་རེད་ལ། ཡང་། ཡང་རླུང་སྐྱེས་རྡུལ་ཇི་ཙམ་མང་བ་དེ་ཙམ་དུ་ཡང་རླུང་སྐྱེས་རྡུལ་གྱི་ཕུང་སོག་ཉུང་བ་འབྱུང་བ་རེད།) དབུགས་འབྱིན་རྡུབ་ཀྱི་མཚམས་ཆིགས་འགྲིག་པར་ཡང་རམ་འདེགས་བྱེད་དོ།།

METABOLISM: ENERGY USE AND PRODUCTION

The couple drinking chai is drinking it because it tastes good and drinking chai has become a cultural and social ritual in some cultures. But both the taste and the social and cultural aspect most likely relate to the energy chai provides. As we discussed in LSPII, we have evolved to like the taste of things that provide us with a lot of energy, that is sugars (carbohydrates) and fats and proteins. Chai has these.

We have seen how the cells making the energy get the oxygen they need for energy production—via the circulatory and respiration systems. Oxygen turns out to be necessary for the very last step of energy production, but materials like proteins, sugars and fat are needed at the very beginning. As we learned in talking about the basic life molecules in LSPII, certain chemical compounds store energy in their chemical bonds. Metabolism breaks down those bonds and uses the energy in them to carry out work.

As soon as our couple drinks the chai, the amylase enzyme in their saliva begins to break down the components of the chai. Now, instead of going down the larynx like air we inhale, the chai moves down the pharynx. Swallowing muscles move the chai down the esophagus and into the stomach, a large muscular organ that swells when food enters it. The stomach is lined with more mucus-producing cells interspersed with pits that lead into millions of gastric glands deep in the stomach. In the glands, specialized cells secrete powerful digestive substances like hydrochloric acid and precursors of digestive enzymes like pepsin to break down proteins and other molecules. Over several hours food in the stomach is digested into a kind of soup, which eventually moves into the small intestine, where digestion is completed.

More chemical digestion happens in the duodenum, the first part of the small intestine, than in the stomach. Enzymes and other digestive substances from other organs, especially the pancreas and liver, as well as from the cells lining the small intestine, complete food digestion. The small intestine is lined with projections called villi, which expand the surface area of the organ (analogous to the capillaries of circulation and the alveoli of respiration), slowing down the digestive slurry moving through and increasing the amount of its nutrients that are absorbed.

The liver secretes bile to digest fats like those in the milk in our couple's chai, and the pancreas secretes digestive enzymes like trypsin and chymotrypsin that digest proteins in the chai milk into amino acids, amylase that digests the chai carbohydrates (the sugars in milk and table sugar), lipase that degrades fat in the milk into basic gycerols, and nucleases that break down RNA and DNA into nucleotides. The liver also helps maintain the balance of nutrients in the blood by adding or removing them, and the liver stores extra glucose for later use.

ནུས་སྒྱུར་བྱེད་རིམ། ནུས་པའི་བེད་སྤྱོད་དང་སྐྱེད་འདོན།

ཇ་ལ་རོལ་བཞིན་པའི་ཁྲིམ་ཐབ་པ་གཉིས་པོ་དེས་ཇ་འཐུང་བའི་བྱ་བར་ཞུགས་པ་དེ་གཅིག་ཏུ་ནི་བཏུང་བ་དེའི་རོ་བྲོ་ཡིད་དུ་འཐད་པས་ཡིན་ལ། གཉིས་སུ་ནི་ཇ་ལ་རོལ་རྒྱུ་དེ་རིག་གཞུང་འགའ་རེར་སྤྱི་སྲོལ་གོམས་གཤིས་ཀྱི་ཆ་ཤས་སུ་གྱུར་པས་ཡིན་ངེས། དེ་ལྟ་ནའང་རོ་བྲོ་ལ་ཆགས་པ་དང་སྤྱི་སྲོལ་གྱི་གོམས་གཤིས་འཛུགས་པ་གཉིས་ཀ་མཐར་གཏུགས་ན་ཇ་ལས་འཐོབ་པའི་ནུས་པ་དེར་འབྲེལ་བ་ཏན་ཏན་ཡོད་ཚོད། ད་ེང་ཚོས་ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སྟོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་གཉིས་པར་གྲོས་སྟུར་བྱས་པ་བཞིན། དེང་ཚེ་མི་རྣམས་ནི་དངོས་རྫས་གང་གིས་ནུས་པ་ཐོན་ཆེ་སྐྱེད་འདོན་བྱེད་པ་དེའི་རོ་བྲོར་དགའ་མོས་བྱེད་པའི་སྲོག་ཆགས་ཀྱི་ངོ་བོར་རིམ་གྱིས་འཕེལ་འགྱུར་ཐེབས་ཡོད། དངོས་རྫས་དེའི་རིགས་ནི་ཀ་ར་(ཁར་སྒོ་མངར་བཅུད་རིགས་)དང་། ཚིལ་དང་། སྤྲི་རྫས་ལྟ་བུ་ཡིན་ཞིང་། དེང་ཚོའི་འཐུང་ཇ་ལ་དེ་ཀུན་འདུས་ཡོད།

ཡང་ནུས་པ་སྐྱེད་འདོན་ལ་ཞུགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་དག་གིས་རང་གི་བྱ་བ་དེ་འགྲུབ་པར་ངེས་པར་མཁོ་བའི་འཚོ་རླུང་གི་ཆ་རྐྱེན་དེ་ཚུལ་ཇི་ལྟར་འཐོབ་ལུགས་དེ་ང་ཚོས་མཐོང་ཡོད། དེ་ནི་འཁོར་སྐྱོད་དང་འབྱིན་རྩུབ་མ་ལག་བརྒྱུད་དེ་འཐོབ་པ་རེད། དེ་ལ་འཚོ་རླུང་དེ་ནུས་པ་སྐྱེད་འདོན་བྱེད་རིམ་གྱི་རྒྱུད་རིམ་མཐའ་མར་མཁོ་བ་ཡིན་ལ། དེ་ལས་ལྡོག་སྟེ་སྤྲི་རྫས་དང་། ཀ་ར་དང་། ཚིལ་ལྟ་བུའི་རྒྱུ་ཆ་རྣམས་ནི་བྱེད་རིམ་དེའི་འགོ་སྐྱོད་ཉིད་ནས་མཁོ་བ་རེད། སྔར་ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སྟོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་གཉིས་པར་ཚེ་སྲོག་གི་རྨང་གཞིའི་འདུས་རྫུལ་སྐོར་བགྲོ་གླེང་བྱེད་སྐབས་ང་ཚོས་ཤེས་པ་ཇི་བཞིན། རྫས་འགྱུར་གྱི་བསགས་རྩལ་ཁག་ཅིག་གིས་རང་རང་གི་རྫས་ཀྱི་འཆིང་བའི་ཁོང་དུ་ནུས་པ་ཉར་གསོག་བྱེད་ཀྱི་ཡོད་ལ། ནུས་སྒྱུར་བྱེད་རིམ་འདིས་དེ་འདྲའི་འཆིང་སྦྱོར་དེ་བཤིག་སྟེ་དེའི་ནང་གི་ནུས་པ་དེ་ཉིད་རང་གི་ལས་དོན་བསྒྲུབ་ཆེད་བེད་སྤྱོད་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།

ང་ཚོའི་བཟའ་ཆེ་གཉིས་པོ་དེས་ཇ་ལ་རོལ་རྒྱུ་འགོ་བཙམས་པ་ན། དེ་མ་ཉིད་དུ་ཁོང་ཚོའི་མཆིལ་མའི་ནང་གི་ཨེ་མི་སྦྱིན་རྫས་ཀྱིས་ཇའི་ནང་གི་བསགས་རྩལ་རྣམས་དུམ་བུར་གཅོག་པའི་འགོ་ཚུགས་ཤིང་། དེང་ཚོས་བརྟུབས་པའི་རླུང་གཟུགས་ལྟར་གནས་སྐབས་འདིར་གྲི་བ་བརྒྱུད་དེ་མར་བགྲོད་པའི་ཚབ་ཏུ། ཇ་དེ་མཚུལ་པ་བརྒྱུད་དེ་མར་འགྲོ་བ་རེད། དེ་ནས་ཁྱུར་མིད་ཤ་གནད་དག་གིས་ཇ་དེ་མིད་པ་རྒྱུད་དུ་མར་འབྱུལ་རྒྱུག་བཏང་སྟེ་ཕོ་བར་སྐྱེལ་བ་རེད། དེ་ལ་ཕོ་བ་ནི་ཤ་གྲིམ་གྱི་དབང་པོ་ཆེན་པོ་གང་ཞིག་གི་ནང་གཟན་ཆས་སླེབས་པ་ན་དེ་ཉིད་ཕྱིར་སྤོས་ཡོང་བ་དེར་ཟེར། ཕོ་བའི་ནང་ལྡེབས་ཀྱི་ངོས་སུ་བུ་ག་དུ་མ་དང་ལྡན་དུ་བེ་སྣབས་སྐྱེད་འདོན་བྱེད་པའི་ཕྲ་ཕུང་མང་པོས་ཁེངས་ནས་ཡོད་པས། བུ་ག་དེ་དག་གི་ནང་སྦུག་དག་ཕོ་བའི་ཟབ་རིམ་དུ་འཁོད་པའི་འཕོ་བའི་རྫིན་བུས་ཡ་མང་པོར་ཐུག་གི་ཡོད། དེ་ཡང་གོང་གསལ་རྫིན་བུ་དག་གི་ཁོང་ན་ཆེད་ལས་ཕྲ་ཕུང་དག་གིས་ཧ་ཡེ་ཊྲོ་ཀོ་ལོ་རིག་སྐྱུར་རྫས་དང་། པེབ་སིན་སྦྱིན་རྫས་ལྟ་བུའི་འཇུ་བྱེད་སྦྱིན་རྫས་ཀྱི་སྔ་ལྟས་གཞི་རྒྱུ་འཇུ་སྲིབ་བྱ་བ་དང་འབྲེལ་བའི་དངོས་རྫས་རིགས་འཛིར་འདོན་བྱེད་ལ། དེ་ལྟར་བྱེད་པ་ནི་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་རིགས་དང་འདུས་རྩལ་གཞན་གྱི་རིགས་གཅོག་སྐྱུར་བྱེད་པའི་ཆེད་རེད། དེ་ལྟར་གཟན་ཆས་རྣམས་ཆུ་ཚོད་དུ་མར་ཕོ་བའི་ནང་སྐྱོ་མ་འདྲ་བའི་ངོ་བོར་གྱུར་བར་འཇུ་སྟུད་བྱས་རྗེས་མཐར་རྒྱུ་ནག་ནང་རྒྱུ་ཞིང་། དེར་འཇུ་སྟུད་ཀྱི་བྱ་བའི་མཇུག་རྫོགས་པ་ཡིན།

དེ་ཡང་ཕོ་བ་དང་བསྡུར་ན་ཟངས་ཚགས་སྟེ། རྒྱུ་ནག་གི་ཆ་དང་པོ་དེར་རྫས་འགྱུར་གྱི་འཇུ་སྟུད་བྱ་བ་མང་བ་འགྲུབ་ཀྱི་ཡོད། དབང་པོ་གཞན་དང་ལྷག་པར་གཤེར་རྫིན་དང་མཆིན་པ་ནས་བྱུང་བའི་སྦྱིན་རྫས་དང་། འཇུ་སྟུད་དང་འབྲེལ་བའི་དངོས་རྫས་གཞན་དག་དང་། དེ་བཞིན་དུ་རྒྱུ་ནག་ནང་ལྡེབས་ངོས་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་དག་ལས་བྱུང་བ་དག་གིས་ཟས་ཀྱི་འཇུ་སྟུད་བྱ་བའི་མཇུག་སྡུད་ཀྱི་ཡོད། དེ་ཡང་རྒྱུ་ནག་གི་ནང་ལྡེབས་ཀྱི་ངོས་སུ་མིང་ལ་རྫེམས་སྦྲུལ་དུ་འབོད་པའི་ནར་གཟུགས་དག་གིས་ཁེངས་ནས་ཡོད་ལ། དེས་དབང་པོའི་ཁྱབ་རྒྱ་བསྐྱེད་ཅིང་(འདི་ནི་འཁོར་རྒྱུན་མ་ལག་ལ་མཚོན་ན་ཁྲག་རྩ་ཕྲ་མོ་དག་གི་བྱེད་ལས་དང་། འབྱིན་རྩུབ་མ་ལག་ལ་མཚོན་ན་གློ་ལྦུའི་བྱེད་ལས་དང་འདྲ་མཚུངས་ཡིན་)། ཉེ་འཁྲིས་སུ་རྒྱུ་བའི་ཟས་བཅུད་ཀྱི་ལྷག་ཁུའི་བགྲོད་པ་བུལ་དུ་གཏོང་བ་དང་། དེ་ལས་སིམ་སྟུད་བྱས་པའི་འཚོ་བཅུད་ཀྱི་འཕོར་ཚད་མཐོར་འདེགས་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།

དེ་ལ་མཆིན་པས་ནི་བཟའ་ཆེ་གཉིས་པོས་སྤྱོད་པའི་ཇའི་ནང་གི་འོ་མའི་ཞག་རྫི་ལྟ་བུ་ཚིལ་ཞག་གི་རིགས་འཇུ་བའི་ཆེད་མཁྲིས་པ་འཛིར་འདོན་བྱེད་ལ། གཤེར་རྫིན་གྱིས་ནི་ཇའི་འོ་མའི་ནང་གི་སྤྲི་རྫས་དེ་དག་ཨེ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་ཀྱི་ངོ་བོར་འཇུ་བར་བྱེད་པའི་འཇུ་བྱེད་སྦྱིན་རྫས་ཊིབ་སིན་དང་ཁི་མོ་ཊིབ་སིན་ལྟ་བུ་དང་། ཡང་ཇའི་ཁར་སྒོ་མངར་བཅུད་(འོ་མའི་ནང་དང་དང་རྒྱུན་ལྡན་གྱི་ཀ་རའི་ནང་གི་ཀ་ར་)འཇུ་བྱེད་ཀྱི་ཨེ་མི་སྦྱིན་རྫས་དང་། འོ་མའི་ནང་གི་ཞག་རྫི་དེ་གཞི་རིམ་གྱི་གླི་ལི་སི་རོལ་ངོ་བོར་སླ་བསྡུས་སུ་གཏོང་བྱེད་ཀྱི་ལི་ཚིལ་སྦྱིན་རྫས་དང་། ཨར་ཨེན་ཨེ་དང་ཌི་ཨེན་ཨེ་རྣམས་ཉིང་རྩལ་གྲུབ་ཆ་དག་གི་ངོ་བོར་གཅོག་སྐྱུར་བྱེད་པའི་ཉིང་ཕྲ་སྦྱིན་རྫས་བཅས་པ་འཛིར་འདོན་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། འདི་ཐད་མཆིན་པས་ཀྱང་འཚོ་བཅུད་ཀྱི་འཕོར་ཚད་སྟུང་འཕྲི་གང་ལེགས་བྱེད་པའི་སྒོ་ནས་ཁྲག་གཤེར་ཁྲོད་ཀྱི་སྙོམས་འཁོད་གནས་བབ་གཉེར་སྐྱོང་བྱེད་ལ། དེ་བཞིན་དུ་མཆིན་པས་འབྱུང་འགྱུར་གྱི་མཁོ་སྤྱོད་ཆེད་སྒྲུ་ལུ་མངར་རྫས་ལྷག་མ་བདག་གཉེར་བྱེད་པ་རེད།

Digestion is regulated by the enteric nervous system embedded in digestive tissues and by hormones released from cells lining the digestive tract. Merely smelling or thinking about food activates the brain to send signals to the stomach, and digestion gets ready to go. Similarly, when the stomach is full, stretch receptors send signals back to the brain so that it further stimulates digestion with more signals for digestive juice release.

The digestive process breaks down the chai and other food eaten by the couple into its most basic components, and these components move across the membrane of the small intestine into the blood to be transported to their final destinations. Some nutrients diffuse into the capillaries, others require specialized channel receptors to cross into the blood. Figure 44 illustrates how these basic components are used and where they are used once they are received from blood. Carbohydrates and lipids are broken down to provide energy, lipids are also used to build other life molecules, and similarly amino acids are used to build proteins that provide structure and serve as enzymes. Metabolic processes that build new things are anabolic; **metabolic** processes that break things down are **catabolic**.

Material that is not absorbed in the small intestine moves onto the large intestine, so-called because it has a larger diameter than the small intestine—although the large intestine is shorter than the small one. Water and sodium are absorbed from the remaining material as it gradually takes on the consistency of feces. At this point in digestion, bacteria in the large intestine gain sustenance from the soon-to-be waste material. At the same time, the bacteria secrete vitamins that we absorb and use to our benefit.

Vitamins are organic compounds required in relatively small amounts by us for life, but which we cannot produce within our own bodies. Inorganic compounds known as minerals—like sodium, potassium, iron, calcium, and magnesium—are also required in our diets for survival.

Figure 44 gives a very general description of the biochemical balance that is going on inside us. This is only the bare skeleton of the vast number of interacting metabolic processes going on in our cells all the time. In sum, the basic life molecules that are broken down in the digestive system are used in two different ways: to build new molecules (which requires energy) or to provide energy. Let's follow one example of a metabolic path to demonstrate what ultimately happens to our couple's chai after they drink it.

ཟས་བཅུད་འདུ་སྟུད་ཀྱི་བྱེད་རིམ་ནི་འདུ་སྟུད་ཕུང་གྲུབ་དག་གི་ཁོང་དུ་ཚུད་པའི་ལྷོ་རྒྱའི་དབང་རྩ་མ་ལག་དང་། འདུ་ལམ་གྱི་ལྡེབས་ངོས་སུ་ཆགས་པའི་ཕྲ་ཕུང་དག་ལས་ཐོན་པའི་རྩེན་རྫས་བཅས་ཀྱིས་སྟངས་འཛིན་བྱེད་པ་རེད། སྐྱེ་བོས་ཟས་ཀྱི་དྲི་སྣོམ་པའམ། ཡང་ན་ཟས་ལ་རྟོག་པ་འདུག་པ་ཙམ་གྱིས་གླད་པར་ཡར་སྐྱུལ་ཐེབས་ཤིང་། དེ་ལ་བརྟེན་ནས་གླད་པས་ཕོ་བར་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་ལ། དེ་ལས་འདུ་སྟུད་ཀྱི་བྱ་བ་ཤང་སར་དུ་འཕོད་པར་བྱེད། དེ་བཞིན་དུ། ནམ་ཞིག་ཕོ་བ་ཟས་ཀྱིས་ཁེངས་པ་ན། རྒྱུང་བྱེད་བརྡ་ལེན་པ་རྣམས་ཀྱིས་གླད་པར་དེ་མཐུན་གྱི་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་ལ། དེས་འདུ་བྱེད་ཁུ་བའི་འཛིར་འདོན་སློང་བའི་བརྡ་འཕྲིན་གློད་དུ་འདུག་པས། འདུ་སྟུད་ཀྱི་བྱ་བའི་ངར་ལྷག་པར་སྐྱེད་པར་བྱེད།

འདུ་སྟུད་བྱེད་རིམ་གྱིས་བཟའ་ཆས་གཉིས་པོ་དེས་སྤྱོད་པའི་ཇ་དང་ཟས་རྣམས་ཆེས་རྩང་རིམ་གྱི་རྒྱུ་ཆའི་ངོ་བོར་གཅོག་སྐྱུར་བྱེད་ལ། དེ་ནས་དུམ་བུའི་རྒྱུ་ཆ་འདི་རྣམས་རྒྱུ་ནག་གི་སྐྱི་མོ་བརྒྱུད་ཁྲག་གི་ནང་རྒྱུ་བས་རང་རང་གི་མཐའ་མའི་དམིགས་སར་འདྲེན་པར་བྱེད། དེ་ཡང་འཚོ་བཅུད་ཁག་ཅིག་རྩ་ཕྲན་དག་གི་ཁོང་དུ་བཞུར་ཞིང་ཁྲབ་འགྱེད་བྱེད་ལ། ཁག་གཞན་རྣམས་ཁྲག་གཤེར་ནང་རྒྱུ་བར་རྒྱུད་ལམ་སྣེ་ལེན་པ་ཆེད་སོར་གྲུབ་པ་དེ་འདྲར་བརྟེན་གྱི་ཡོད། དཔེ་རིས་ ༩༩ འདིས་རྩང་རིམ་གྱི་རྒྱུ་ཆ་འདི་དག་ཁྲག་གཤེར་ནས་ལན་གཅིག་ཚུར་བླངས་རྗེས་གནས་གང་དུ་ཚུལ་ཇི་ལྟར་སྤྱོད་སྒོར་བསྟེན་མིན་གྱི་གནད་དོན་གསལ་བཀྲོལ་བྱེད། དེ་ལ་ཁར་སྦྱོ་མངར་བཅུད་དང་ལི་ཚིལ་དག་ལས་ནུས་པ་ཕྱིར་ཕྱུང་བར་དེ་དག་གཙོག་སྐྱུར་ཐེབས་དགོས་ཀྱི་ཡོད། མ་ཟད། ཚེ་སྲོག་གི་འདུས་རྟུལ་གཞན་སྐྱེད་པར་ཡང་ལི་ཚིལ་བེད་སྤྱོད་བྱེད་པ་རེད། དེ་བཞིན་དུ་ཨེ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་བེད་སྤྱད་པ་ལས་བཀོད་དབྱིབས་གཏོད་པའི་སྤྲི་རྫས་དང་། སྣིན་རྫས་ཀྱི་བྱ་བ་འགྲུབ་པའི་སྤྲི་རྫས་དེ་འདྲ་སྐྱེད་སྤེལ་བྱེད། ནུས་སྐྱུར་བྱེད་རིམ་གང་དག་གིས་དངོས་རྫས་གསར་པ་འདོན་སྤེལ་བྱེད་པ་དེར་འདུ་འགྱུར་བྱེད་རིམ་བྱེད་རིམ་ཟེར་བ་དང་། ནུས་སྐྱུར་བྱེད་རིམ་གང་གིས་ད་ཡོད་དངོས་རྫས་རྣམས་གཙོག་སྐྱུར་བྱེད་པ་དེར་ཞིག་འགྱུར་བྱེད་རིམ་ཟེར་བ་རེད།

རྒྱུ་ནག་ནང་མ་སིམ་པའི་རྒྱུ་ཆ་རྣམས་སྨ་མཐུད་དུ་རྒྱུ་དཀར་ནང་རྒྱུ་ལ། རྒྱུ་ནག་ལ་ལྟོས་ཏེ་རྒྱུ་དཀར་འདི་ཉིད་ཐད་ཀར་ལ་རྒྱ་ཆེ་ཡང་དཀྱུས་ལ་ཐུང་བ་ཡོད། དེ་ལྟར་ལྷག་མའི་རྒྱུ་ཆའི་གསེང་ནས་ཆུ་དང་བུལ་རྫས་རྣམས་འཇིབ་འཛིན་བྱེད་པ་ལས་རིམ་གྱིས་བཤང་བའི་སྐམ་གཤིས་ཕྱིར་དོད་པར་འགྱུར། འདུ་སྟུད་བྱེད་རིམ་གྱི་མཚམས་འདིར་རྒྱུ་དཀར་ནང་གི་ཕྲ་སྲིན་དག་གིས་སྦྱུར་བར་སྙིགས་རོར་འགྱུར་ངེས་པའི་རྒྱུ་ཆ་དག་ལས་རང་ལ་མཁོ་བའི་འཚོ་བཅུད་ལེན་པར་བྱེད་ལ། དེ་དང་དུས་མཚུངས་སུ། ཕྲ་སྲིན་དེ་དག་གིས་གློད་འདོན་བྱེད་པའི་བཅུད་སྨན་རྣམས་སྐྱེ་བོའི་ལུས་པོར་སིམ་པས། དེར་དགེ་མཚན་དུ་འགྱུར་རོ།།

དེ་ཡང་བཅུད་སྨན་དག་ནི་སྐྱེ་ལྡན་བསགས་རྫུལ་རིགས་ཡིན་ཞིང་། ངེད་ཚོའི་མི་ཚེ་གང་པོར་དེ་དག་མཁོ་ཡང་། ལྟོས་འཛོག་གི་ཚད་གཞི་ཞུང་དུ་ལས་མཁོ་ཡི་མེད། དེ་ལྟ་ནའང་འདི་དག་ང་ཚོའི་ལུས་ནང་ངེད་ཚོ་རང་ཉིད་ཀྱིས་སྐྱེད་འདོན་མི་ཐུབ། དེ་བཞིན་སྐྱེ་ལྡན་མིན་པའི་བསགས་རྫུལ་གྱི་རིགས་གང་ཞིག་ལ་གཏེར་རྫས་སུ་འབོད་པ་སྟེ། དཔེར་ན་བུལ་རྫས་དང་། དུག་སེལ་དཀར་པོ། ལྕགས། དཀར་ཤམ། དཀར་གཡའ་དག་ཀྱང་སྐྱེ་བོའི་གསོན་གནས་ཆེད་ངེད་ཚོའི་གཟན་ཆས་ནང་ངེས་པར་ཚང་དགོས།

དཔེ་རིས་ ༩༩ ཡིས་ང་ཚོའི་ལུས་ཕུང་ནང་རྒྱུན་དུ་འགྲུབ་བཞིན་པའི་སྐྱེ་དངོས་དང་རྫས་འགྱུར་ཟུང་སྦྲེལ་གྱི་སྙོམས་འཕོད་གནས་བབ་ཀྱི་ཆེས་སྤྱིར་བཏང་གི་བཤད་པ་ཞིག་རྒྱག་གི་ཡོད། འདི་ནི་ང་ཚོའི་ཕྲ་ཕུང་དག་གི་ནང་དུས་གཏན་དུ་འགྲུབ་བཞིན་པའི་ཕན་ཚུན་སྦྲེལ་སྦྱོར་བྱེད་པའི་ནུས་སྐྱུར་བྱེད་རིམ་ཆེས་གཞི་རྒྱ་ཆེ་བ་དེའི་སྒྲོམ་གཞི་ཙམ་ཞིག་ཏུ་བལྟས་ན་ཆོག དེ་ཡང་བསྡུས་ཏེ་བཤད་ན། འདུ་བྱེད་མ་ལག་ཁྲོན་དུ་གཙོག་སྐྱུར་གྱི་ཡུལ་དུ་གྱུར་པའི་རྩང་གཞིའི་ཚེ་སྲོག་འདུས་རྟུལ་རྣམས་ཆེད་དུ་བྱ་བ་གཉིས་སུ་བཀོལ་བར་བྱེད་དེ། འདུས་རྟུལ་གསར་པ་རིགས་སྐྱེད་སྤེལ་བྱེད་པའི་(འདིའི་ཆེད་དུ་ནུས་པ་མཁོ)ཆེད་དང་། ཡང་ན། ནུས་པ་འདོན་སྤེལ་བྱེད་པའི་ཆེད་བཅས་རེད། འདིར་ང་ཚོས་ནུས་སྐྱུར་བརྒྱུད་ལམ་གྱི་དཔེ་མཚོན་གཅིག་འདེད་པའི་སྒོ་ནས། ངེད་ཚོའི་བཟའ་ཆས་གཉིས་པོས་འཕྲུངས་པའི་ཇ་དེ་མཐར་ཅི་ཞིག་ཏུ་འགྱུར་བའི་གནས་དོན་འགྲེལ་མཚོན་བྱེད་པར་གཞུག་གོ །

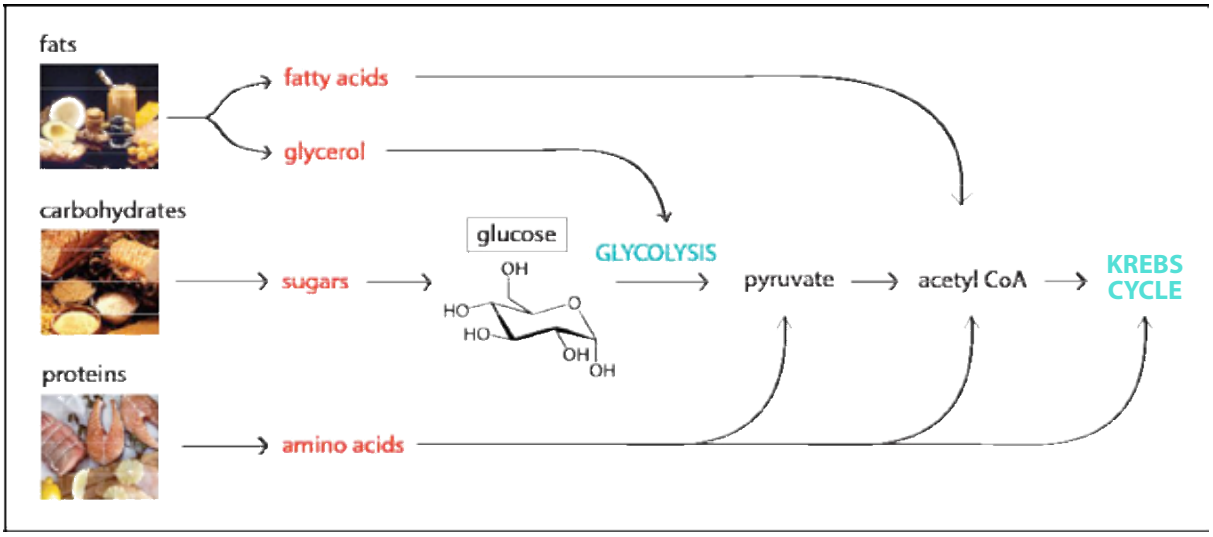


Figure 44: A schematic representation of how food is broken down into different components and used in the body.

Sucrose, the table sugar in the chai, is converted by enzymes to glucose (see chemical reaction in Figure 45) and moves from the small intestine villi into the blood through a glucose transporter protein. Glucose has at least three different metabolic destinations. Excess glucose, that is glucose that isn't needed at the moment elsewhere, is stored in the liver in long chains called glycogen. Later if it is needed, glycogen is broken back down to glucose and sent through the blood to the cells and tissues where it is needed for energy. Alternatively, glucose can be used in an anabolic process as one of the building blocks for the production of the nucleic acids RNA and DNA; remember, both of these contain a sugar portion (Figures 46 shows the structure of sample RNA and DNA nucleotides with their sugars noted).

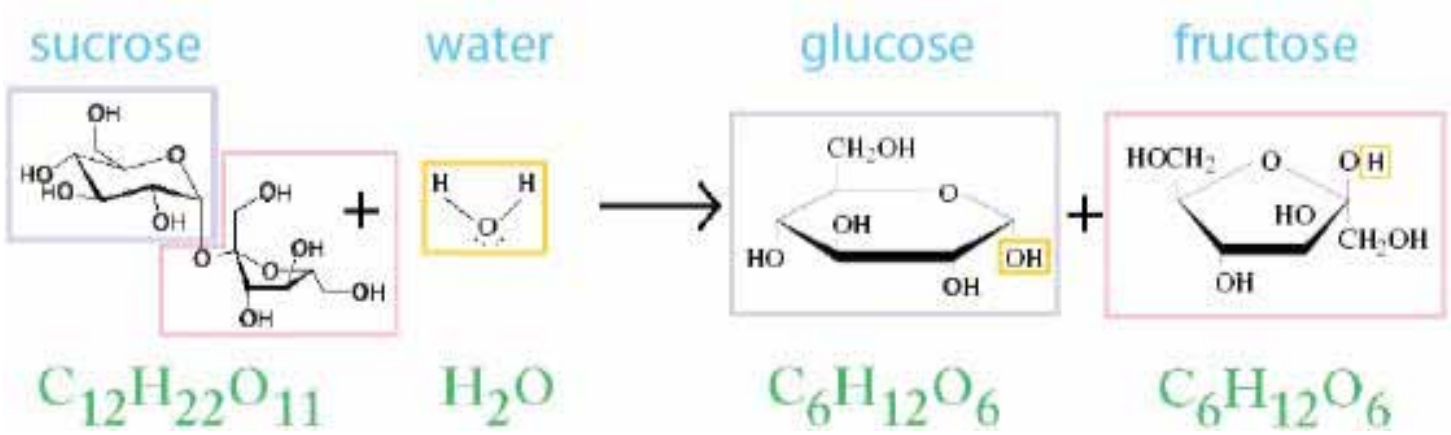
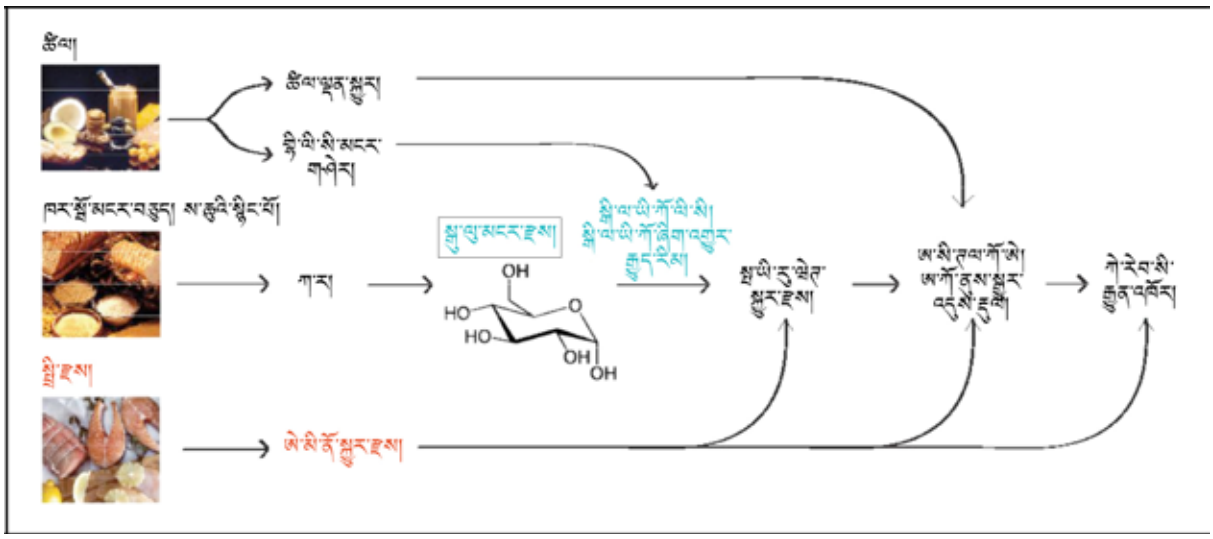


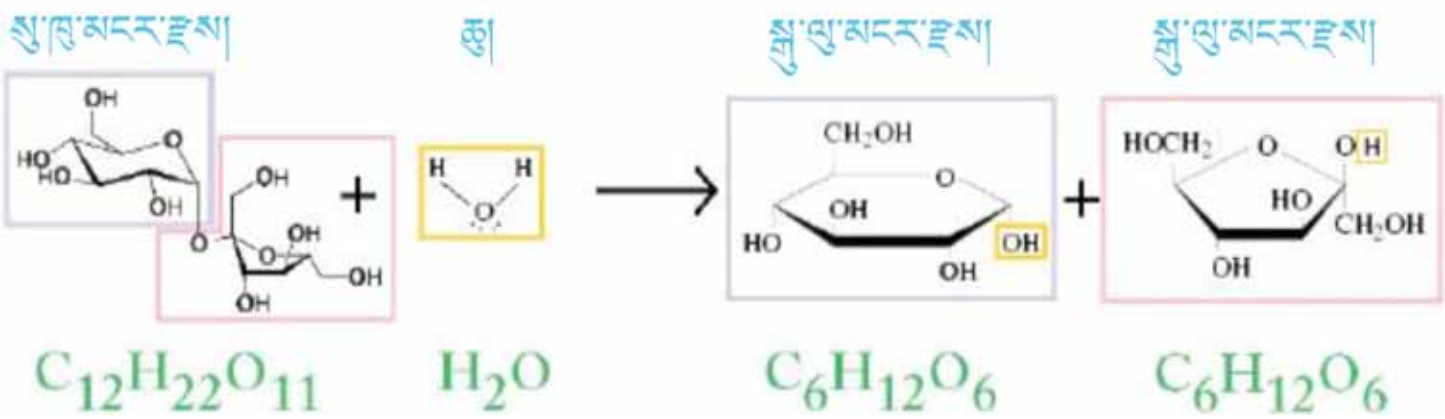
Figure 45: This chemical reaction shows how sucrose, the table sugar in chai, is converted into glucose, which is then digested by the body.

Glucose can also go into the blood and directly to cells and tissues where the energy stored in glucose's chemical bonds (see LSPII) is converted to ATP, the major driver of chemical reactions in the cell. Glucose is the first



དཔེ་རིས། ୧୧ ཟས་རྣམས་ཚུལ་རི་ལྟར་དུམ་བུ་མང་པོར་གཅོག་སྟེར་བས་ཏེ་ལུས་ཀྱི་ཉོན་དུ་བཀོལ་སྟོང་རྒྱས་ཤེད་ལྷའི་ལའི་མཚོན་ཤེད་པའི་འཚར་བཀོད་རེའུ་མིག་གི་རྣམ་པ་ཞིག

སུ་ཞུ་མངར་རྡོས་ཏེ། དར་བླུགས་པའི་རྒྱུན་ལྟོན་གྱི་ཀ་ར་དེ་སྨིན་རྡོས་དག་གིས་སྐུ་ལུ་མངར་རྡོས་ཀྱི་ངོ་བོར་བསྒྱུར་རྣེས་(དཔེ་རིས། ୧୫ སྟེང་གསལ་བའི་རྫས་འགྱུར་སྤྲོལ་སྟོར་ལ་ལྟོས།)། སྐུ་ལུ་མངར་རྡོས་འདེན་པའི་སྤྲི་བཏགས་ཀྱི་རྒྱུ་རྐག་གི་རྣེམས་སུལ་ནས་ཁྲག་ནང་རྒྱུ་བ་རེད། དེ་ལ་སྐུ་ལུ་མངར་རྡོས་དེ་ཉིད་ནུས་སྐྱར་ཐེབས་ཆེད་འགྲོ་ཡུལ་ཀྱི་སངཔོགས་ཀྱང་མཐར་ཡང་ཁག་གསུམ་ཡོད་ལ། སྐུ་ལུ་མངར་རྡོས་ལྟག་འཕོལ་ཏེ། གནས་སྐབས་ས་ཁུལ་གང་དུའང་མི་མཁོ་བའི་སྐུ་ལུ་མངར་རྡོས་དེ་ནི་སྤྲི་ལ་ཡི་ཁོ་རྣེན་དུ་འབོད་པ་ཐེང་ཏོའི་ངོ་བོར་མཆིན་པའི་ནང་དུ་གསོག་ཉར་ཅྱེད་ཅིང་། ད་གཟོད་མཁོ་བའི་ཚེ། སྤྲི་ལ་ཡི་ཁོ་རྣེན་དེ་ཉིད་སྐར་ཁེང་གཅོག་སྟེར་ཐེབས་ཏེ་སྐུ་ལུ་མངར་རྡོས་ཀྱི་ངོ་བོར་ཕྱིར་སྤྲོག་ནས་ཁྲག་ནང་རྒྱུ་མཁོ་སའི་ཐུང་གང་དུ་མཁོ་སའི་ཐུང་དག་ཏུ་འཇེན་པ་རེད། གཞན་ཡང་ སྐུ་ལུ་མངར་རྡོས་དེ་ཨ་ཧན་ཨེན་ཨེ་དགས་ཀྱི་ཉིང་སྐྱར་རྡོས་དེ་འཇུ་སྐྱིད་འདོན་བྱ་བའི་ཆུང་སྐྲན་ཁེག་གི་ཚུལ་དུ་འཇུ་འགྱུར་ཅྱེད་རིམ་ནང་བཀོལ་སྟོང་ཅྱེད་ཆོག འདིར་ཕྱིར་དུན་འགས་པ་ཞིག་ལ། རིགས་འདི་གཉིས་ཀར་ཀ་རའི་ཆ་(དཔེ་རིས། ୧୬ སྟེང་)ཀེདང་ འོག་ཀེཉིས་ཀྱིས་རང་ཚོང་གི་ཀ་རའི་ངོས་འཛིན་དང་བཅས་ཏེ་ཨར་ཨེ་ཨེ་དང་ཏི་ཨེན་ཨེ་དག་གི་དའེ་མཚོན་པ་སོ་སོར་མཚོན་གྱི་ཡོད་)ཚུད་ཡོད་པ་དེ་རེད།



དཔེ་རིས། ୧୫ རྫས་འགྱུར་གྱི་སྤྲེལ་སྟོར་བ་བའིས་སུ་ཞུ་མངར་རྡོས་ཏེ། ངའི་ནང་གི་རྒྱུན་ལྟོན་ཀ་ར་དེ་ཉིད་སྐུ་ལུ་མངར་རྡོས་སུ་ཇི་ལྟར་སྐྱེད་ཚུལ་སྐྱོན་ལ། སྐུ་ལུ་མངར་རྡོས་སུ་བསྒྱུར་རྟེས་དེ་ཉིད་རྐྱེ་བོའི་ལུས་ནང་འཇུ་སྐད་ཐེབས་པ་རེད།

མ་ཟད། སྐུ་ལུ་མངར་རྡོས་ནི་ཁྲག་གཤེར་བརྒྱུད་དེ། ཐུ་ཐུང་དང་ཐུང་གུབ་དག་ཏུ་ཐད་ཀར་བགྲོད་ནུས་ལ། དེར་སོད་རྟེས་སྐུ་ལུ་མངར་རྡོས་དེའི་རྫས་འགྱུར་འཆིང་བ་དག་གི་ཁོང་དུ་གསོག་ཉར་བྱས་ནའི་ནུས་པ་དེ་(ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སྟོན་འགྲོའི་སྟོབ་དེབ་གཉེས་པར་ཤྱོས།)ཨེ་ཀེ་པི་འདུས་རྩལ་གྱི་ངོ་བོར་བསྒྱུར་བ་རེད། དེ་ལ་ཨེ་ཀེ་པི་འདུས་རྩལ་ནི་ཐུ་ཐུང་ཁོང་དུ་རྫས་འགྱུར་སྤྲེལ་སྟོར་བསྒལ་བའི་ཅྱེད་པ་གཅོ་གྲས་ཤིག་རེད། ཐུ་ཐུང་གི་འབྱིན་རྩལ་བ་བརྒྱུད་དེ་མཐར་ཨེ་ཀེ་པི་འདུས་རྩལ་ནི་ཁྲག་ནང་ཁྱབ་ཚད་ཨེ་ཀེ་པི་འདུས་རྩལ་འགྱུར་ཅྱེད་ཀྱི་ཉིད་རྟེས་ཡིན་ཞིང་ཁྱབ་ཚད་ཀྱང་ཁྱད་པར་ཆེ་བ་ཞིག་ཡིན།

component of several metabolic chemical processes, some themselves requiring ATP, that eventually produce a lot of ATP through cellular respiration. Glucose is first broken down by enzymes in the cell cytoplasm to produce pyruvate and then acetyl coA which enters into the mitochondria, organelles of the cell where ATP production takes place. In the mitochondria (see LSPII), a set of enzymatic reactions called the Krebs cycle, transfers the energy in chemical bonds, in the form of electrons, to molecules that carry that energy to a final set of reactions. This final set of reactions is -- collectively known as the **electron transport chain**—also occurs in the mitochondria (some products from the Krebs cycle can also be used as precursors for the synthesis of amino acids). The electron transport chain occurs in nearly all organisms. In humans, it involves dozens of proteins that come together to use the energy originally stored in the chemical bonds of glucose to drive an enzyme called **ATPase**. This enzyme produces the vast majority of ATP we use.

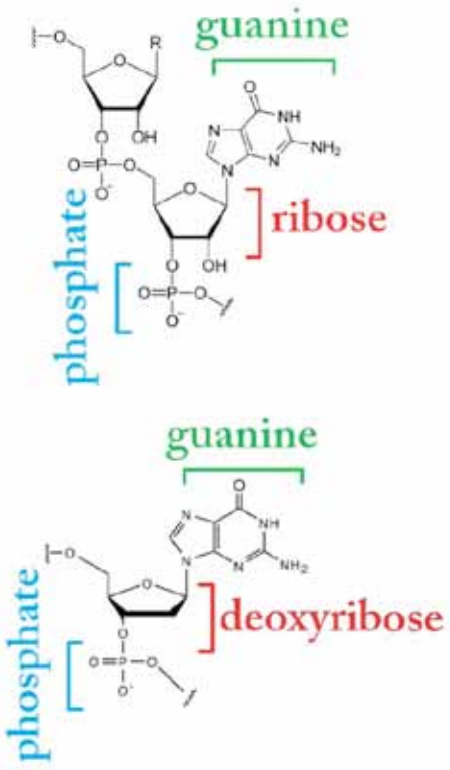


Figure 46: On top, an RNA nucleotide structure and below, a DNA nucleotide structure.

The final electron transfer of the electron transport chain requires oxygen. Thus, this entire metabolic system we just described is also known as **cellular respiration**. Electrons are transferred to oxygen converting it into water. If this oxygen is not carried to cells (thanks to plants and our respiration and circulation systems, as described above), the transport chain ceases, no ATP is produced, cells are unable to carry out their functions, and they die.

Proteins in our diet are another significant source of amino acids, in addition to those built in the body from Krebs cycle precursors. Proteins from milk in the chai are broken down into amino acids during digestion. These amino acids can be carried to cells in the blood. Inside cells the amino acids are used to synthesize new proteins through the translation process we discussed in LSPII, the last step in that process that converts the DNA code into proteins. Excess amino acids, like excess glucose, can go to the liver. In the liver the amino acids are further metabolized and can eventually wind up in stored fat or as additional precursors (pyruvate, acetyl coA) for energy production via cellular respiration.

Fats in the milk of the chai also have several potential metabolic destinations, including, again, the liver where they are converted to products used in cellular respiration or stored in fat cells, and which can then later be used to make more energy.

EXCRETION: REMOVAL OF METABOLIC WASTE

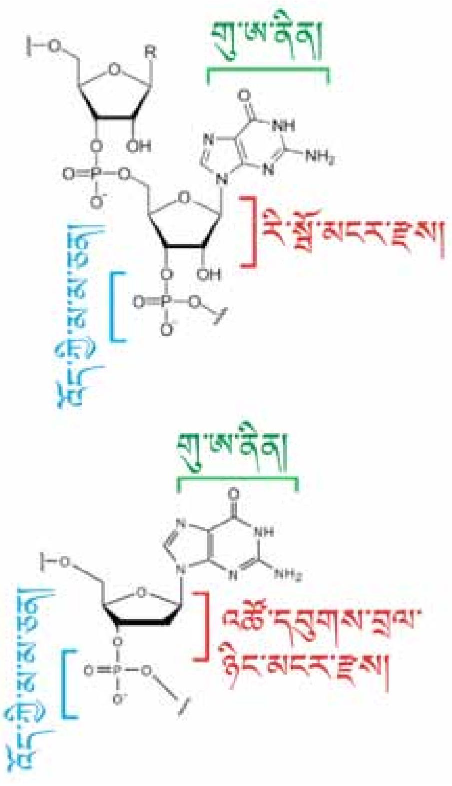
In the previous section, we discussed digestion and its useful end-products that help us and our chai-drinking couple grow and maintain ourselves. In the digestive process, everything that is not used from the

རྫས་ནི་དེའི་ཆ་ཤས་ཐོག་མ་དེ་ཡིན། དེ་དག་ལས་བྱེད་རིམ་འགའ་རེར་ནི་རང་ཉིད་ལའང་སྐབས་དེ་གར་ཨེ་ཏེ་པི་འདུས་རྟུལ་གྱི་དགོས་མཁོ་ཡོད་པ་དེ་འདྲ་ཡོད།　　དེ་ཡང་འགོ་སྟོད་དུ་ཕྲ་ཕུང་ཕྲ་ཆེ་ནང་དུ་སྨིན་རྫས་ཀྱིས་སྦྲ་ལྕུ་མངར་རྫས་གཙོག་སྣུར་གྱིས་དང་པོ་ཕྲུ་ཡི་ཝུ་ཕེཏ་སྐྱུར་རྫས་སྐྱེད་འདོན་བྱེད་པ་དང་། དེ་རྗེས་ཨ་སི་ཏལ་ཀོ་ཨེ་སྐྱེད་འདོན་བྱེད་ཅིང་། ཨ་སི་ཏལ་ཀོ་ཨེ་འདི་ཉིད་ནུས་སྐྱེད་ཕྲ་གཟུགས་ཏེ།　　ཕྲ་ཕུང་ནང་གི་དབང་ཕྲ་གང་དུ་ཨེ་ཏེ་པི་འདུས་རྟུལ་སྐྱེད་འདོན་གྱི་བྱ་བ་འགྲུབ་ས་དག་ཏུ་ཞུགས་པ་རེད།　ནུས་སྐྱེད་ཕྲ་གཟུགས་དག་གི་ནང་(ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སྟོན་འགྲོའི་སློབ་དེ་གཉིས་པར་ལྟོས།)ཀ་རེབ་རྒྱུན་འཁོར་དུ་འབོད་པ་སྨིན་རྫས་སྦྲེལ་སྦྱོར་ཕྲེང་བ་ཞིག་གིས་རྫས་འགྱུར་འཆིང་བ་ནང་གི་ནུས་པ་དེ་གློག་རྟུལ་གྱི་ངོ་བོར་འདུས་རྟུལ་དག་ལ་སྐྱེལ་འདྲེན་བྱེད་ཅིང་།　འདུས་རྟུལ་དེ་དག་གིས་གོང་གསལ་ནུས་པ་དེ་ཉིད་མཐའ་མའི་སྦྲེལ་སྦྱོར་གྱི་རྣམ་གྲངས་དག་ལ་དབོར་འདྲེན་བྱེད།　དེ་ཡང་མཐའ་མའི་སྦྲེལ་སྦྱོར་གྱི་རྣམ་གྲངས་དེ་དག་ལ་ཐུན་མོང་དུ་གློག་རྟུལ་སྐྱེལ་འདྲེན་ཕྲེང་བར་འབོད་པ་རེད།　གློག་རྟུལ་སྐྱེལ་འདྲེན་ཕྲེང་བ་དེ་ཡང་ནུས་སྐྱེད་ཕྲ་གཟུགས་དེའི་(ཀ་རེབ་རྒྱུན་འཁོར་ལས་བྱུང་བའི་ཐོན་སྐྱེས་འགའ་ཤས་ནི་ཨེ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་རིགས་ཀྱི་འདྲེས་འདུས་བྱ་བའི་སྟོན་འགྲོའི་རྒྱུ་ཆར་ཡང་བེད་སྤྱོད་བྱེད་དུ་ཡོད།)ནང་དུའང་འགྲུབ་ཀྱི་ཡོད།　དེ་ལ་གློག་རྟུལ་སྐྱེལ་འདྲེན་ཕྲེང་བ་དེ་ནི་ཕལ་ཆེར་སྐྱེ་དངོས་ཀུན་གྱི་ལུས་ཕུང་ནང་འགྲུབ་ལ། མིའི་འགྲོ་བར་ནི། དེ་ལྟའི་ཕྲེང་བར་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་རིགས་བཅུ་ཕྲག་མང་པོ་འབྲེལ་བ་ཡོད་ཅིང་། དེ་དག་མཉམ་དུ་འདུས་ཏེ་སྦྲ་ལྕུ་མངར་རྫས་ཀྱི་རྫས་འགྱུར་འཆིང་བ་དག་ཏུ་སྟོན་ཚུད་ནས་ཉར་ཚགས་བྱས་ནས་ཡོད་པའི་ནུས་པ་དག་བཀོལ་སྤྱོད་བྱེད་ལ། དེ་ལ་བརྟེན་ནས་ཨེ་ཏེ་པི་སྨིན་རྫས་སུ་འབོད་པའི་སྨིན་རྫས་དེ་ཉིད་ལས་ལ་བསྐུལ་ཐུབ་པ་འབྱུང་གི་ཡོད།　ང་ཚོས་བེད་སྤྱོད་བྱེད་པའི་ཨེ་ཏེ་པི་འདུས་རྟུལ་ཕལ་མོ་ཆེ་སྨིན་རྫས་འདིས་སྐྱེད་འདོན་བྱེད་པ་རེད།

གློག་རྟུལ་སྐྱེལ་འདྲེན་ཕྲེང་བ་དེའི་ཁོངས་ཀྱི་གློག་རྟུལ་སྐྱེལ་འདྲེན་གྱི་བྱ་བ་མཐའ་མ་དེར་འཚོ་རླུང་གི་དགོས་མཁོ་ཡོད། དེས་ན་ང་ཚོས་གོང་དུ་གླེང་མ་ཐག་གི་ནུས་སྤྱུར་མ་ལག་ཆ་ཚང་བ་དེར་ཕྲ་ཕུང་གི་འབྱིན་རྔུབ་ཅེས་བརྗོད་པ་རེད། གློག་རྟུལ་རྣམས་འཚོ་རླུང་སར་བསྐྱལ་རྗེས་འཚོ་རླུང་དེ་ཉིད་ཆུའི་ངོ་བོར་བསྒྱུར་གྱི་ཡོད། གལ་ཏེ་འཚོ་རླུང་འདི་ཕྲ་ཕུང་དག་ཏུ་བསྐྱལ་མེད་ཚེ་འོར་འདྲེན་གྱི་ཕྲེང་བ་དེ་མཚམས་ཆད་པར་འགྱུར་ལ།　དེ་ལྟར་བྱུང་ན་ཨེ་ཏེ་པི་འདུས་རྟུལ་སྐྱེད་འདོན་བྱེད་མི་སྲིད་ཅིང་།　དེ་ལ་བརྟེན་ནས་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ཀྱིས་རང་རང་གི་བྱེད་ལས་འགྲུབ་མི་ཐུབ་པས་དེ་དག་འཆི་ངེས་སུ་འགྱུར།　(གོང་དུ་འགྲེལ་བཤད་བྱས་པ་བཞིན་འཚོ་རླུང་སྐྱེལ་འདྲེན་གྱི་བྱ་བ་ནི་རྩི་ཤིང་དང་ངེད་ཚོའི་རྒྱུད་ཀྱི་འབྱིན་རྔུབ་དང་འཁོར་རྒྱུན་མ་ལག་བཅས་ལ་བརྟེན་ནས་བྱུང་བ་རེད།)

ཀ་རེབ་རྒྱུན་འཁོར་སྣ་འདྲེན་དག་ལ་བརྟེན་ནས་མིའི་ལུས་པོའི་ནང་སྐྱེད་སྤེལ་བྱས་པའི་ཨེ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་དག་གི་ཁར།　ང་ཚོའི་གཟན་ཆས་ནང་གི་སྤྲི་རྫས་དག་ཀྱང་ཨེ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་ཀྱི་འབྱུང་ཁུངས་གནད་ཆེ་བ་ཞིག་ཡིན།　ཟའི་ནང་གི་ལོ་མ་ལས་ཐོན་པའི་སྤྲི་རྫས་རྣམས་སྐྱེ་བོས་ཟས་སྣ་འཇུ་སྟུད་བྱེད་སྐབས་ཨེ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་ཀྱི་ངོ་བོར་གཙོག་སྣུར་ཐེབས་ཀྱི་ཡོད། དེ་ནས་ཨེ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་དེ་རྣམས་ཁྲག་གཤེར་བརྒྱུད་ཕྲ་ཕུང་སོ་སོར་འོར་འདྲེན་བྱེད་ཚོག་ཡོད་པ་རེད།　སྔར་ཆེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སྟོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་གཉིས་པར་གྲོས་སྟུར་བྱས་པའི་ཕབ་སྒྱུར་བྱེད་རིམ་དེ་བརྒྱུད་ནས་ཕྲ་ཕུང་གི་ཁོང་དུ་ཨེ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་བེད་སྤྱད་པའི་སྒོ་ནས་སྤྲི་རྫས་གསར་པ་དེ་འདྲ་སྦྱོར་སྦེབ་བྱེད་ལ།　དེ་ནི་ཊི་ཨེན་ཨེ་གསང་བརྡ་དེ་སྤྲི་རྫས་ཀྱི་ངོ་བོར་ཁ་སྒྱུར་གཏོང་བའི་བྱེད་རིམ་གྱི་གོམ་པ་མཐའ་མ་དེ་རེད། སྦྲ་ལྕུ་མངར་རྫས་ལྷག་འཐོལ་ལྟ་བུ་ཨེ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་ལྷག་མ་རྣམས་མཆིན་པར་འགྲོ་སྲིད་ལ།　མཆིན་པར་སླེབས་པའི་ཨེ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་རྣམས་སླར་ཡང་ནུས་སྒྱུར་ཐེབས་ཏེ། མཐར་གསོག་འཇོག་བྱས་པའི་ཚིལ་གྱི་ཚུལ་ལམ། ཡང་ན། ཕྲ་ཕུང་གི་འབྱིན་རྔུབ་བྱ་བ་བརྒྱུད་ནུས་པ་སྐྱེད་འདོན་ལ་མཁོ་བའི་སྟོན་འགྲོའི་རྒྱུ་ཆ་ལྷག་མའི་ཚུལ་དུ(ཕྲུ་ཡི་ཝུ་ཕེཏ་སྐྱུར་རྫས་དང་ཨ་ཀོ་ནུས་སྒྱུར་འདུས་རྟུལ་)ལུས་ཀྱི་ཡོད།

འཕྲུང་ཐའི་ལོ་མའི་ནང་གི་ཚིལ་དག་ལའང་རང་གི་ནུས་སྒྱུར་བྱེད་རིམ་འགྲུབ་ཡུལ་གྱི་དམིགས་སྐོར་ལུས་ཀྱི་ཆ་ཤས་དུ་མ་ཡོད་ལ།　དེ་དག་གི་ཁོངས་སུ་སླར་ཡང་མཆིན་པ་འདི་ཚུད་ཡོད།　དེར་དེ་དག་ཕྲ་ཕུང་གི་འབྱིན་རྔུབ་བྱ་བའི་ནང་བཀོལ་སྤྱོད་བྱེད་པའི་ཐོན་སྐྱེས་དག་ཏུ་ཁ་སྒྱུར་གཏོང་བའམ།　ཡང་ན།　ཚིལ་ཞག་ཕྲ་ཕུང་དག་གི་ཁོག་ནང་དུ་གསོག་འཇོག་བྱས་ཏེ་ད་གཟོད་སླར་ཡང་ནུས་པ་ལྷག་མ་བཟོ་བར་བཀོལ་སྤྱོད་བྱེད་ཆོག་ཏུ་འཁོད་པ་རེད།



དཔེ་རིས། ༩༨ འདི་དག་ནི་རིམ་པ་བཞིན། སྟེང་། ༼ཨར་ཨེན་ཨེ་ཡི་ཉིང་རྟུལ་གྲུབ་ཆ་ཞིག་དང་། འོག ༼ཌི་ཨེན་ཨེ་ཡི་ཉིང་རྟུལ་གྲུབ་ཆ་ཞིག་རེད།

སྐྱིགས་འདོར་བྱ་བ། ནུས་སྒྱུར་བྱེད་རིམ་གྱི་སྐྱིགས་མ་ཕྱིར་འདོན་པ།

སྔེ་ཚན་སྔ་མའི་ནང་འཇུ་སྟུད་བྱ་བ་དང་དེའི་དོན་ཕན་ལྡན་པའི་མཐའ་མཇུག་ཐོན་རྫས་གང་དག་ལས་མིའི་འགྲོ་བ་སྤྱི་དང་ངེད་ཚོའི་ཟ་ལ་རོལ་བའི་བཟའ་ཆ་དག་གི་སྐྱེ་འཚར་དང་རྒྱུན་གནས་བཅས་ལ་རམ་འདེགས་འཐོབ་ཚུལ་སྐོར་གྲོས་སྡུར་བྱས།　འཇུ་སྟུད་བྱེད་རིམ་ནང་གཟན་ཆས་ཁྲོད་ནས་གང་དག་མ་སྦྱུད་པར་ལུས་པ་དག་ནི་བཤང་བའི་ཚུལ་དུ་ཕྱིར་བསྐྱུར་རོ།།　ངེད་ཚོའི་སྐྱིགས་འདོར་མ་ལག་དེ་སྤྱིར་ན་ལུས་ཀྱི་སྐྱིགས་རོ་དབྱེ་གསེས་ཀྱི་བྱ་བར་འབྲེལ་བ་ཡོད་མོད།

food is eliminated as feces. Although still involved in waste processing, our excretory system has a subtly different function than the elimination process involving feces. Excretion functions to remove metabolic wastes, ions, and other harmful substances from our bodies. Many of the metabolic processes we discussed above produce both 'useful' molecules and toxic or un-needed molecules. These non-useful products must be removed; the urinary system carries out this removal.

Figure 47 illustrates the human urinary system, which is composed of the **kidneys**, the **bladder**, and associated **ducts**. The two kidneys are each about the size of a fist. **Urine** (waste to be excreted) flows from collection ducts into the kidneys, then out through the ureter to the bladder. The bladder can hold as much as 800 milliliters of urine; smooth muscle in the bladder walls allow it to expand and shrink dramatically.

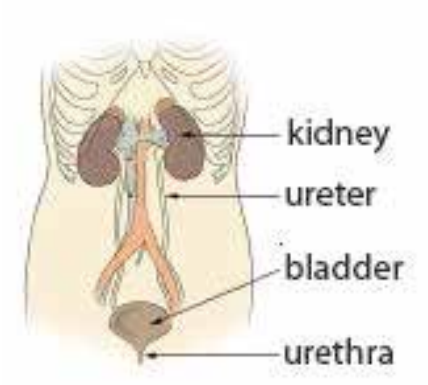


Figure 47: The human urinary system.

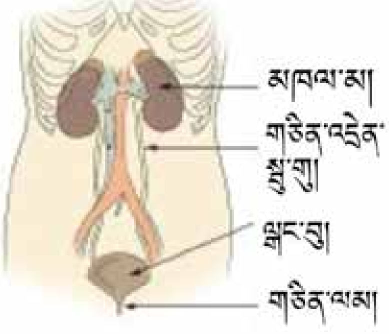
When one of our couple excuses him or herself and goes to the bathroom to urinate, urine is released from the bladder, flows through the urethra and out. In males, the urethra is long and moves through the penis, the same organ through which semen moves (see below); in females, the urethra is much shorter and is responsible only for carrying urine.

Kidneys regulate overall balance (homeostasis) in the body by regulating fluid balance and excreting waste. They secrete hormones to facilitate these processes. The functional unit of the kidneys is called the nephron; each kidney has about a million nephrons. Urine forms as blood is filtered through the nephrons. Blood enters the kidneys through the renal artery and moves through smaller and smaller vessels where it is filtered before leaving (now 'clean' and free of waste) out the renal vein.

The blood filtered through the nephrons is under very high pressure as it moves through the kidneys. The pressure allows parts of the blood—fluid, ions, glucose, salts, amino acids—to move through membranes in special filtration cells. Larger elements of blood, like proteins and blood cells cannot pass through the membrane. As the blood continues to move through the kidney, just the right amounts of vital substances, like glucose, amino acids, and vitamins, that have been filtered out of the blood are put back into it, while unneeded ions and salts are not replaced and thus become part of urine and are excreted. The removal and replacing of ions in the kidney is also carefully maintained in terms of pH, so that the blood keeps just the right amount of hydrogen ions in it to allow for the right conditions for the many functions of the blood, especially the vital ones of binding and delivering oxygen and carbon dioxide.

དེ་ལྟ་ནའང་དེ་ལ་བཤད་པ་ཕྱིར་འདོན་བྱེད་རིམ་ལས་ཚུང་ཟད་ཁྱད་པར་དང་ལྡན་པའི་བྱེད་ལས་གཞན་ཞིག་ཡོད་དེ། མ་ལག་དེས་ནུས་སྤྱོར་བྱེད་རིམ་གྱི་སྙིགས་མ་དང་། གྲིས་རྡུལ་གྱི་རིགས་དང་། གཞན་ཡང་གནོད་པ་ཅན་གྱི་རྒྱུ་ཆ་གཞན་རྣམས་ལུས་ཕུང་ནས་ཕྱིར་འདོར་བའི་བྱེད་ལས་བསྒྲུབ་པའི་ཕྱིར། ངེད་ཚོས་གོང་དུ་གླེང་བའི་ནུས་སྤྱོར་བྱེད་རིམ་དག་གིས་ནི་དོན་ཕན་ཅན་གྱི་འདུས་རྡུལ་གྱི་རིགས་དང་། མི་མཁོ་བའམ་དུག་ཤན་ཅན་གྱི་འདུས་རྡུལ་རིགས་བཅས་གཉིས་ཀ་སྐྱེད་འདོན་བྱེད་ལ། དེ་འདྲའི་དོན་ཕན་མེད་པའི་ཐོན་སྐྱེས་རྣམས་ལུས་ཕུང་ནས་ཕྱིར་འདོན་དགོས་ངེས་ཡིན་ཞིང་། ཕྱིར་འདོན་གྱི་བྱ་བ་འདི་གཅིན་འདོན་མ་ལག་གིས་སྒྲུབ་ཀྱི་ཡོད།

དཔེ་རིས་ ༡༧ དེས་མིའི་ལུས་ནང་གི་གཅིན་འདོན་མ་ལག་རིས་འགྲེལ་བྱེད་ལ། མ་ལག་དེ་ནི་མཁལ་མ་དང་། གཅིན་ལྷན་དང་། གཞན་ཡང་འབྲེལ་ཡོད་སྦུག་ལམ་བཅས་ཀྱིས་གྲུབ་པ་ཞིག་རེད། ངེད་ཚོའི་མཁལ་མ་གཉིས་པོ་རེ་རེ་ནས་སྐྱེ་བོའི་ཁུ་ཚུར་ཞིག་དང་བོངས་ཚད་མཉམ་པ་ཡིན། དེ་ཡང་གསོག་འཛོག་སྦུ་གུ་དག་བརྒྱུད་ནས་གཅིན་པ་(སྐྱེ་འདོར་བྱའི་སྙིགས་མ་)མཁལ་མའི་ནང་བཞུར་ལ། དེ་ནས་གཅིན་འདྲེན་སྦུ་གུ་བརྒྱུད་ལྷན་བུ་རུ་བཞུར་བ་རེད། མིའི་ལྷན་བུ་ནང་མང་མཐར་ལི་ཊར་སྟོང་ཆ་ ༤༠༠ ཙམ་གྱི་གཅིན་པ་ཤོང་ལ། ལྷན་བུའི་ནང་ལྡེབས་ཀྱི་འཇམ་པའི་ཤ་གནད་ལ་བརྟེན་ནས་དེ་ཉིད་ཀྲོང་སྐུམ་ལྷབས་ཆེར་བྱེད་ཐུབ།



དཔེ་རིས། ༡༧ མིའི་ལུས་ཀྱི་གཅིན་འདོན་མ་ལག

ངེད་ཚོའི་བཟའ་ཚོ་གཉིས་པོ་ལས་གང་ཡང་རུང་བ་ཞིག་གཅིན་པ་བོ་བས་གསང་གཙོད་དུ་གཅིན་གཏོང་བར་ནམ་བསྐྱོད་པ་ན། དེའི་གཅིན་པ་ལྷན་བུ་ནས་གློད་ལ། དེ་ནས་རིམ་གྱིས་བཞུར་ཏེ་གཅིན་ལམ་བརྒྱུད་ཕྱིར་འདོར་བ་རེད། དེ་ཡང་སྐྱེས་པའི་གཅིན་ལམ་ནི་དཀྱུས་ཐག་རིང་ཞིང་ཕོ་མཚན་སྟེ་ལུས་ཀྱི་དབང་པོ་གང་ཞིག་བརྒྱུད་ཁུ་བའང་བཞུར་ཞིང་འཐོན་པའི་དབང་པོ་(འོག་ཏུ་ལྟོས།)དེ་གའི་བརྒྱུད་ནས་རྒྱུག་ལ། འོན་ཀྱང་བུད་མེད་ཀྱི་གཅིན་ལམ་ནི་དཀྱུས་ཐག་ཆེས་ཐུང་ཞིང་། དེས་གཅིན་པ་ཙམ་འཁུར་བའི་འགན་ལེན་བྱེད།

མཁལ་མ་གཉིས་པོས་ལུས་ཀྱི་སྙིགས་རོ་འཛེར་འདོན་བྱེད་པ་དང་ལུས་ཀྱི་གཤེར་ཁུའི་སྙོམ་སྒྲིག་བྱ་བ་སྟངས་འཛིན་བྱེད་པའི་སྒོ་ནས་ལུས་པོའི་སྙོམ་སྒྲིག་བྱ་བར་(ཐ་མལ་གནས་བབ་)སྟངས་འཛིན་བྱེད་པ་རེད། དེ་དག་གིས་ཚིན་རྫས་རིགས་འཛེར་འདོན་བྱེད་པའི་སྒོ་ནས་བྱེད་རིམ་འདི་དག་ལ་མཐུན་སྦྱོར་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། མཁལ་མའི་ནང་གི་བྱེད་ལས་རྩོམ་གཞི་དག་ལ་མཁལ་ཕུང་ཟེར་ཞིང་། མཁལ་མ་རེ་ལ་མཁལ་ཕུང་དེ་འདྲ་ས་ཡ་གཅིག་སྐོར་ཡོད། མཁལ་ཕུང་དག་གི་རྒྱུད་དུ་ཁྲག་གཤེར་འཚག་པ་ལས་གཅིན་པ་འགྲུབ་ཀྱི་ཡོད། དེ་ཡང་ཁྲག་གཤེར་ནི་མཁལ་མའི་འཕར་རྩ་བརྒྱུད་མཁལ་མར་ཞུགས་ལ། དེར་ཧེ་ཕྲ་ཧེ་ཕྲར་གྱུར་པའི་སྦུག་ལམ་བརྒྱུད་དེ་བཞུར་གྱིན་དུ་འཚག་ཐེབས་པར་འགྱུར་ཞིང་། མཐར་(ད་ཆ་དག་ཅིང་གཙང་ལ་སྙིགས་རོ་དང་བྲལ་ནས་)མཁལ་མའི་སྡོད་རྩ་བརྒྱུད་ཕྱིར་འཐོན་ནོ།།

མཁལ་ཕུང་དག་གི་བརྒྱུད་འཚག་བཤེར་ཐེབས་པའི་ཁྲག་གཤེར་ནི་མཁལ་མ་བརྒྱུད་བཞུར་བཞིན་དུ་ཧ་ཅང་གནོན་ཤུགས་ཆེན་པོས་ནོན་ནས་ཡོད་ལ། གནོན་ཤུགས་དེས་(གཤེར་དང་། གྲིས་རྡུལ། སྦྲུ་ལུ་མངར་རྫས། ཚྭ་རིགས་སྣ་ཚོགས། ཨེ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་ལྟ་བུའི་)ཁྲག་གི་ཆ་འགའ་རེ་འཚག་བྱེད་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་དམིགས་བསལ་ཅན་དག་གི་སྐྱི་ལྤགས་བརྒྱུད་བཞུར་བར་མཐུན་སྦྱོར་བྱེད། ཁྲག་གཤེར་གྱི་གྲུབ་ཆ་བོངས་ཆེ་བའི་རིགས་ཏེ། དཔེར་ན་སྤྲི་རྫས་དང་ཁྲག་གི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་སྐྱི་ལྤགས་དེའི་བརྒྱུད་ནས་འཚང་མི་ཐུབ། མཁལ་མའི་བརྒྱུད་དུ་ཁྲག་མུ་མཐུད་དུ་བཞུར་བཞིན་དུ་སྔར་ཁྲག་ལས་འཐོར་ཚད་རན་འཚམ་དུ་བཙུགས་པའི་རྒྱུ་ཆ་གནད་ཆེ་བ་དག་སྟེ། དཔེར་ན་སྦྲུ་ལུ་མངར་རྫས། ཨེ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་དང་། བཅུད་སྨན་ལྟ་བུ་རྣམས་ནི་སླར་ཞིང་ཁྲག་ནང་ཕྱིར་གདབ་པར་འགྱུར་ལ། ད་ཆ་མཁོ་མེད་དུ་གྱུར་པའི་གྲིས་རྡུལ་དང་ཚྭ་རིགས་ཁག་ཅིག་སླད་མར་ཕྱིར་གདབ་པར་མི་འགྱུར་བ་རྣམས་གཅིན་པའི་ཆ་ཤས་སུ་གྱུར་ཏེ་ཕྱིར་འདོན་པར་འགྱུར། མཁལ་མའི་ནང་གི་གྲིས་རྡུལ་རྣམས་ཕྱིར་འདོན་པ་དང་སླར་ཞིང་ཕྱིར་འདེབས་པའི་བྱ་འགུལ་འདི་དག་ཀྱང་ཡང་ཀླུང་གྲིས་རྡུལ་གྱི་ཕུང་སོག་ལ་གཞིགས་ཏེ་ཞིབ་ཆགས་པོས་འགྲུབ་ལ། དེ་ནི་དེ་ལ་བརྟེན་ནས་ཁྲག་ནང་ཡང་ཀླུང་གྲིས་རྡུལ་གྱི་ཚད་གཞི་རན་འཚམ་ཏག་ཏག་དེ་སྲུང་འཛིན་ཐུབ་པའི་ཆེད་ཡིན། དེ་ལྟར་ནུས་པས་ནི་ཁྲག་གཤེར་གྱི་བྱེད་ལས་དུ་མ་དེ་རྣམས་འགྲུབ་པར་མཁོ་བའི་ཆ་རྐྱེན་རན་འཚམ་དག་འགོག་མེད་རྒྱུན་འཁྱོངས་འབྱུང་བར་ཕན། བྱེད་ལས་དེ་དག་ཁྲིད་ནས་འཚོ་རླུང་དང་ཁར་སྦོན་འཚོ་རླུང་ཉིས་འགྱུར་རླུང་གཉིས་པོ་འཚིང་ཞིང་འགྲིམས་པའི་བྱེད་ལས་དག་ནི་ལྷག་པར་གནད་ཆེ།

REPRODUCTION

Now we come full circle in this primer. We began talking about development and the process involved in getting one cell to become many different cells within one organism. Here we return to the system, **reproduction** in multicellular organisms, that results in the production of new generations of organisms. In humans, of course, reproduction is more than just a way to produce another generation; an elaborate system of social interactions, actually, the large majority of social interactions, revolve around reproduction: marriage, families, larger communities, or, conversely, as in the case of monks and nuns, the promise to not engage in sexual activities nor to reproduce are similarly important and explicit parts of life. Probably, much of the evolution of the human species grows originally from the drive to reproduce and all of its repercussions.

Back in LSPI, we introduced evolution, the principles and processes that underlie all of life. We have often referred to evolution through the Neurosciences and Life Sciences primers. In LSPI we talked about how evolution requires mechanisms that allow diversity to occur in organisms. That diversity, as we discussed, originates within the conversation between genes and environment; changes in DNA sequence can lead to new and different proteins and then different phenotypes, different characteristics. The environment acts on these diverse phenotypes, selecting the ones that 'work best' to continue more effectively, that is, to reproduce more than other phenotypes. Over many, many generations, this process of evolution leads to entirely new species.

So, reproduction is clearly key to evolution and to life. From a purely biological point of view, reproduction is the key to life. In other words, everything an organism does is eventually focused on passing on his or her genes to the next generation. And this passing on of genes happens through reproduction.

Most theories that try to explain why reproductive sex evolved in the first place posit that it did so as a way to increase genetic diversity, especially in response to infectious or toxic agents, the biggest threats to any population. Reproduction, then, is not only the mechanism of passing on your genes, but in sexual organisms (in which two haploid genomes combine to make a new diploid genome), it is also a mechanism for passing on 'more diverse' genes and thus more diversity. According to evolution (and intuition), the more diversity you can pass on, the more likely your offspring will have the potential to thrive in the environment in which they develop, the more capacity your offspring will have for survival.

Let's explore this a bit more. Organisms, like bacteria and the slime mold

རིགས་སྒྱུག་སྐྱེད་སྤེལ།

མཚམས་འདིར་ང་ཚོས་སྐོར་བ་ཆ་ཚང་ཞིག་ཐེབས་ཡོད། ངེད་ཚོས་ཐོག་མར་འཚར་འཕེལ་དང་གཞན་ཡང་སྐྱེ་དངོས་གཅིག་གི་ཁོག་ནང་དུ་ཕྲ་ཕུང་ཁེར་རྐྱང་ཞིག་དཔ་གཞོད་ཕྲ་ཕུང་མི་འདྲ་བ་དུ་མར་འགྱུར་ཚུལ་གྱི་བྱེད་རིམ་སྐོར་གླེང་བ་ནས་འགོ་བརྩམས་ལ། འདིར་ངེད་ཚོ་མ་ལག་དེ་ཉིད་དེ། ཕྲ་ཕུང་མང་ལྡན་གྱི་སྐྱེ་དངོས་དག་གི་སྐྱེ་འཕེལ་བྱ་བ་གང་ཞིག་གི་འབྲས་བུར་སྐྱེ་དངོས་ཀྱི་རྒྱུད་རབས་གསར་པ་སྐྱེད་སྲིང་བྱེད་པའི་མ་ལག་དེར་ཕྱིར་ལོག་བྱས་ཡོད། མིའི་འགྲོ་བར་མཚོན་ན། སྐྱེ་འཕེལ་བྱེད་རིམ་འདི་མི་རབས་གཞན་ཞིག་སྐྱེད་སྲིང་བྱེད་ཚུལ་ཙམ་དང་འབྲེལ་བ་ཞིག་མིན་པར། སྦྱི་ཚོགས་འབྲེལ་མཐུད་ཀྱི་མ་ལག་གཞི་རྒྱ་ཆེ་བ་ཞིག་སྟེ། དོན་ངོ་མར། སྤྱི་ཚོགས་འབྲེལ་མཐུད་ཀྱི་ཆ་ལག་ཕལ་ཆེ་བ་སྐྱེ་འཕེལ་བྱེད་རིམ་འདི་དང་སྦྲེལ་ནས་ཡོད། དེ་དག་ནི། གཉེན་སྒྲིག་བྱེད་པ། ཁྱིམ་ཚོ་གཟུང་བ། ཕྲུ་ཚོགས་སུ་འཚོ་བ་སྐྱེལ་བ་ལྟ་བུ་དང་། ཡང་དེ་ལས་ལྡོག་སྟེ་གྲ་བཙུན་ཚོར་མཚོན་ན་འཁྲིག་པའི་བྱ་བར་མི་ཞུགས་རྒྱུའི་དམ་བཅའ་དང་། རིགས་སྒྱུག་སྐྱེད་སྤེལ་མི་བྱ་བའི་དམ་བཅའ་ལྟ་བུའང་མི་ཚེའི་ནང་དེ་མཚུངས་ཀྱི་གལ་གནད་ཆེ་ལ། མི་ཚེའི་མངོན་ཚན་ཅན་གྱི་ཆ་ཤས་ཤིག་ཀྱང་རེད། ཕལ་ཆེར་མིའི་ཉེ་རིགས་ཀྱི་འཕེལ་འགྱུར་འབྱུང་རིམ་མང་ཆེ་བ་ཐོག་མར་སྐྱེད་སྤེལ་བསྐྱལ་བྱེད་ཀྱི་སྲིད་པ་དང་། སྲིད་པ་དེའི་རྗེས་འབྲེལ་གྱི་བྱུང་བ་དག་ལས་འབྱུང་བར་བལྟས་ཆོག

སྔར་ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སྔོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་དང་པོའི་ནང་ངེད་ཚོས་འཕེལ་འགྱུར་རིག་པ་དང་། གཞན་ཡང་ཚེ་སྲོག་ཁྲོན་ཡོངས་ཀྱི་རྟེན་གཞིར་གྱུར་པའི་རྩ་འཛིན་རྣམས་དང་བྱེད་རིམ་རྣམས་ངོ་སྤྲོད་བྱས་ལ། དེ་བཞིན་དུ། དབང་རྩ་ཚན་རིག་དང་ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གཉིས་ཀའི་སྔོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་རྣམས་སུ་འཕེལ་འགྱུར་རིག་པར་ཡང་ཡང་འབྲེལ་བ་བཏགས་ཡོད། མ་ཟད། སྐྱེ་དངོས་ལ་རྣམ་གྲངས་སྣ་ཚོགས་དེ་འདྲ་བྱུང་བའི་གོ་འབྱེད་པར་འཕེལ་འགྱུར་བརྒྱུད་རིམ་ནང་ལས་ཚུལ་སྣ་ཚོགས་ཀྱི་དགོས་མཁོ་ཡོད་སྐོར་ཡང་ང་ཚོས་ཚེ་སྲོག་ཚན་རིག་གི་སྔོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་དང་པོའི་ནང་གླེང་ཟིན། ངེད་ཚོས་སྔར་གླེང་བ་ལྟར། དེ་ལྟའི་རྣམ་གྲངས་སྣ་ཚོགས་ཀྱི་རང་བཞིན་དེ་ཉིད་རིགས་རྫས་དང་ཁོར་ཡུག་དབར་བྱུང་བའི་ཕན་ཚུན་གླེང་མོལ་ནས་འགོ་བརྩམས་ཡོད་དེ། ཊེ་ཨེན་ཨེའི་འཁོད་རིམ་ལ་འགྱུར་བ་ཐེབས་པ་ལས་སྦྲི་རྫས་ཀྱི་རྣམ་པ་གསར་ལ་མི་འདྲ་བ་སྐྱེད་ལ། དེ་ལ་བརྟེན་ནས་རིགས་རྫས་མངོན་རྣམ་གསར་པ་དང་ཁྱད་རྟགས་གསར་པ་དེ་འདྲ་སྐྱེ་བ་དང་། དེ་ནས་ཁོར་ཡུག་གིས་དེ་འདྲའི་རིགས་རྫས་མངོན་རྣམ་ཐ་དད་པ་དག་ལ་ཤུགས་རྐྱེན་འདེབས། དེ་ལྟར་བྱེད་ཀྱིན་དུ་ཁོར་ཡུག་གིས་རྣམ་པ་དེ་ཁྲོད་ནས་གང་ཞིག་"བཟང་ཤོས"ཡིན་པ་དེ་བདམས་ཏེ་དེ་ལ་མཐུན་འགྱོད་དང་ཤུགས་རྐྱེན་སྔ་མཐུད་དུ་འདེབས་པར་བྱེད་པ་སྟེ། རིགས་རྫས་མངོན་རྣམ་དེ་ཉིད་ཀྱི་རིགས་རྒྱུན་གཞན་ལས་ཀྱང་མང་བ་བསྐྱེད་དོ།། འདི་ལྟར་དུ་རྒྱུད་རབས་ཏ་ཅང་མང་པོའི་རིང་འཕེལ་འགྱུར་ཐེབས་བཞིན་དུ་ཐད་དེ་རྣམ་པ་གསར་པ་ཡིན་པའི་སྲོག་ཆགས་ཀྱི་ཉེ་རིགས་དེ་འདྲའི་སྣ་འདྲེན་པ་རེད།

དེས་ན། སྐྱེ་འཕེལ་ནི་འཕེལ་འགྱུར་དང་ཚེ་སྲོག་རྒྱུད་རིམ་ནང་འགངས་ཆེན་ཡིན་པ་ཆེས་གསལ་ལ། ལུས་ཕུང་གི་སྐྱེ་དངོས་གནས་ལུགས་ཁེར་རྐྱང་གི་ཆ་ནས་ཀྱང་སྐྱེ་འཕེལ་ནི་ཚེ་སྲོག་རྒྱུད་རིམ་ནང་འགག་རྩ་དེ་ཡིན། འདི་ཉིད་ཚིག་གཞན་དུ་བརྗོད་ན། སྐྱེ་དངོས་ཤིག་གིས་བྱ་བ་ཅི་ཞིག་འགྲུབ་ཀྱང་། དེ་ཀུན་རྒྱུད་རབས་རྗེས་མར་རང་གི་རིགས་རྫས་བརྒྱུད་སྤྲོད་བྱེད་པར་དམིགས་པ་ཞིག་ཡིན་ལ། བརྒྱུད་སྤྲོད་བྱེད་སྟངས་འདི་སྐྱེ་འཕེལ་བརྒྱུད་ནས་བྱེད་པ་རེད།

སྐྱེ་འཕེལ་ལ་མཁོ་བའི་སྐྱེད་རྟགས་དབང་པོ་རྣམས་ཐོག་མར་ཅིའི་ཕྱིར་འཕེལ་འགྱུར་བྱུང་མིན་ཐད་འགྲེལ་བཤད་བྱེད་པའི་རིགས་པའི་རྣམ་གཞག་ཕལ་མོ་ཆེས་ནི། དེ་དག་རིགས་རྫས་ཀྱི་སྣ་མང་རྣམ་པ་རྒྱ་བསྐྱེད་གཏོང་བའི་བྱ་ཐབས་ཀྱི་ཚུལ་དུ་འཕེལ་འགྱུར་བྱུང་བར་འཆད་ལ། དེ་ཡང་དམིགས་བཀར་གྱིས་སྐྱེ་དངོས་ཚོགས་འདུས་ཅི་འདྲ་ཞིག་ལའང་འཕྲད་སྲིད་པའི་ཉེན་ཁ་ཆེ་ཤོས་ཀྱི་གྲས་ཏེ། དུག་རྫས་འཁྱུར་བའི་བྱེད་པའམ། ཡང་ན་འགོ་ནད་འགྲེམ་པའི་བྱེད་པ་དག་ལ་ལན་འདེབས་ཀྱི་བྱ་ཐབས་སུ་འཕེལ་འགྱུར་བྱུང་བར་འདོད། དེས་ན་སྐྱེད་སྤེལ་བྱེད་རིམ་ནི་སྐྱེ་བོའི་རྒྱུད་ཀྱི་རིགས་རྫས་བརྒྱུད་སྤྲོད་བྱེད་པའི་ལས་ཚུལ་ཙམ་ཞིག་མ་ཡིན་པར། དེ་ནི་ཁམས་འདུས་སྐྱེ་དངོས་དག་(སྐྱེ་དངོས་ཀྱི་རིགས་གང་ཞིག་གིས་ཆོས་ཕུང་རྐྱང་ལྡན་གྱི་རིགས་རྫས་ཚོགས་ཕུང་ཆ་ཚང་གཉིས་འདུས་པ་ལས་ཆོས་ཕུང་ཟུང་ལྡན་གྱི་རིགས་རྫས་ཚོགས་ཕུང་གསར་པ་ཞིག་སྐྲུན་པར་བྱེད་པ་དག་)གི་ཁྲོད་སྔར་བས་རྣམ་གྲངས་མང་བའི་རིགས་རྫས་བརྒྱུད་སྤྲོད་བྱེད་པའི་ལས་ཚུལ་ཞིག་ཏུའང་གྱུར་ཡོད། དེ་ལ་བརྟེན་ནས་སྔར་བས་རྣམ་གྲངས་མང་བའི་སྐྱེ་དངོས་བསྐྱེད་པའི་འགན་ལེན་ཡང་བྱེད་པ་རེད། འཕེལ་འགྱུར་རིག་པ(དང་རང་བཞིན་གྱི་ཉམས་འཆར་)གཞིར་བཟུང་བྱས་ན། ཁྱེད་ཀྱིས་ཇི་ཙམ་རྣམ་གྲངས་སྣ་ཚོགས་པ་བརྒྱུད་སྤྲོད་ཐུབ་པ་ཡིན་ན། དེའི་ཚོད་དུ་ཁྱེད་ཀྱི་རིགས་སྒྱུག་རྣམས་འཚར་ལོངས་བྱེད་སའི་ཁོར་ཡུག་ནང་དར་རྒྱས་འགྲོ་ནུས་ཆེ་བ་ཡོད་ཅིང་། དེ་ལ་བརྟེན་ནས་ཁྱེད་ཀྱི་རིགས་སྒྱུག་རྣམས་གསོན་གནས་རྒྱུན་འཁྱོངས་བྱེད་ཤུགས་ཆེ་བ་ཡོད།

ངེད་ཚོས་གནས་དོན་འདིར་ཅུང་ཟད་ཞིབ་ཚགས་སུ་བལྟས་ན་ཆོག སྔོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་འདིའི་བཤད་པ་གང་ཞིག་ནས་འགོ་བརྩམས་སའི་ཕྲ་སྲིན་དང་སྒྱུག་ཕུང་ལྟ་བུའི་སྐྱེ་དངོས་རྣམས་ཁམས་འདུས་ལ་མ་བརྟེན་པ་ཕོ་ནས་སྐྱེད་སྲིང་བྱས་པར་

with which we started this primer, can reproduce only **asexually** and have only one copy of all of their genes per cell. This means for one bacterium to make another new bacterium, it simply doubles all its genetic material and then divides by mitosis. And so, if you remember from LSPII and Figure 9 earlier in this primer, the result of mitosis is two daughter cells that are virtually exact genetic clones of their initial mother cell. Thus, asexual organisms, by definition, do not pass on much diversity to their offspring. They make up for this limitation by producing many times extremely quickly (for example, it takes minutes for bacteria to reproduce and nearly a year (around 400,000X longer!) for humans to do so), so that the chances of gene changes occurring are increased.

How does sex increase diversity? First of all, sexually reproducing organisms' cells all have two copies of all their genes—one from each parent. So immediately you can see this allows for more diversity, because each new generation is formed from *two different* individuals and their genomes. As we discuss at the beginning of this primer, to enable this to happen, two separate genomes unite during sexual reproduction to make a new organism. Sexually reproducing organisms like humans have a special cell division process different from mitosis specifically for making their gametes or sex cells. Meiosis results in the production of cells, sperm or egg, with only one copy of a genome. In addition, during a certain stage of meiosis, the two copies of an individual's genome mix and match, building even more diversity potential into the next generation.

When we discussed development above, we outlined the process of fertilization. Here we'll briefly review the basics of the reproductive systems in each member of our couple sitting at the café.

Female sex cells, also known as eggs or ova, are made in the ovaries (Figure 13). The process of ovum production—called **oogenesis**—begins in the ovaries with the formation of **oogonia**. All the oogonia in the woman of our couple formed while *she* was a developing embryo inside her mother. Before she was born, the oogonia increased in size and then froze in development until the woman reached puberty, when in response to hormones egg maturation (called **ovulation**) begins.

Ovulation occurs monthly through the reproductive years of a woman. During ovulation the oocyte, previously frozen in developmental time, matures, moves into the wall of the ovary, and eventually is released into the oviduct, where it is swept along by the long cilia of cells. This is the point at which fertilization of the oocyte can occur if sperm released by the male during sexual intercourse enter the vagina of the woman and find the oocyte by the process of chemotaxis explored earlier in the primer.

མ་ཟད། དེ་དག་གི་ཕྲ་ཕུང་རེ་རེར་རང་གི་རིགས་རྫས་རྒྱུ་ཆ་ཀུན་གྱི་འདྲ་བཤུས་རེ་རེ་ལས་མེད། འདིའི་གོ་དོན་ནི་འདི་ལྟ་སྟེ། ཕྲ་སྲིན་ཞིག་ལས་ཕྲ་སྲིན་གཞན་ཞིག་བསྐྲུན་པར་ནི་དེའི་རིགས་རྫས་རྒྱུ་ཆ་རྣམས་ལྡབ་འགྱུར་གྱིས་འཕེལ་རྗེས་སྐྱེད་ཕུང་ཉིས་གྱེས་ཀྱི་ལམ་ནས་བགོ་འགྱུར་ཐེབས་དགོས། དེས་ན། ཁྱེད་ཀྱིས་སྔར་ཆེ་སློག་ཚན་རིག་གི་སློན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་གཉིས་པ་དང་། ཡང་གོང་དུ་སློབ་དེབ་འདིའི་ནང་གི་དཔེ་རིས་༩ བཅས་ལ་དྲན་གསོ་བྱེད་པ་ལས་ཤེས་རྒྱུ་བཞིན། སྐྱེད་ཕུང་ཉིས་གྱེས་བྱེད་རིམ་འདིའི་འབྲས་བུར་ནི། ཐོག་མའི་མ་ཡུམ་ཕྲ་ཕུང་ཁེར་རྐྱང་ཞིག་ལས་རང་དང་དོན་དངོས་སུ་རིགས་རྫས་འདྲ་བཤུས་ངོ་མ་རང་ཡིན་པའི་ན་ཆུང་ཕྲ་ཕུང་གཉིས་འབྱུང་བ་རེད། དེར་བརྟེན་འདུས་མེད་སྐྱེ་དངོས་རྣམས་ཀྱིས་རང་གི་རིགས་རྒྱུད་གི་ཁྲོད་དུ་སྣ་རིས་སྤྱུ་ཚོགས་དེ་ཙམ་བརྒྱུད་སྤྲོད་བྱེད་ཀྱི་མེད། དེ་འདྲ་མ་ཐུབ་པའི་གུན་གསབ་ཀྱི་ཚུལ་དུ་སྐྱེ་དངོས་འདི་དག་གིས་དུས་ཡུན་ཆེས་ཐུང་ངུའི་ནང་རིགས་རྒྱུད་ཧ་ཅང་མང་པོ་སྐྱེད་སྤེལ་བྱེད་པ་དང་(དཔེར་ན། ཕྲ་སྲིན་གྱིས་རིགས་རྒྱུད་བསྐྱེད་པར་སྐར་མ་འགའ་ཞིག་ལས་མི་འགོར་ཡང་། མིར་ཧ་ལམ་ལོ་ངོ་ཉི་ཤུ་ཙམ་འགོར་བ་ལྟ་བུ་རེད། འདི་ཉིད་རྩིས་ལ་བསྒོར་ན་སྤྱ་མ་ལས་ཕྱི་མ་ལྡབ་འགྱུར་བཞི་འབུམ་སྐོར་ཙམ་རིང་བ་རེད།)། དེ་ལ་བརྟེན་ནས་རང་གིས་བརྒྱུད་སྤྲོད་བྱ་རྒྱུའི་རིགས་རྫས་སྟེང་འགྱུར་བ་གཏོང་པའི་སྲིད་ཕྱོད་སྤེལ་ཐབས་བྱེད་ཀྱི་ཡོད།

འོ་ན་ཁམས་འདུས་ཐབས་ཀྱིས་སྣ་མང་རང་བཞིན་སྤེལ་ཚུལ་ཇི་ལྟར་ཡིན་ནམ་ཞེ་ན། དེ་ལ་ཐོག་མར། ཁམས་འདུས་ཐབས་ལ་བརྟེན་ནས་རང་གི་རིགས་རྒྱུད་སྐྱེད་པའི་སྐྱེ་དངོས་ཀྱི་ཕྲ་ཕུང་ཀུན་ལ་འབྲེལ་ཡོད་རིགས་རྫས་ཀུན་གྱི་ངོ་བཤུས་གཉིས་རེ་ཡོད། དེ་ནི་རང་གི་ཕ་མ་གཉིས་ལས་དེ་དག་གི་ངོ་བཤུས་རེ་ཐོབ་པའི་དབང་གིས་རེད། འདིས་འཕྲལ་མ་ཉིད་ནས་སྣ་ཚོགས་རང་བཞིན་ལ་མཐུན་འགྱུར་བྱེད་པ་ཁྱེད་ཀྱིས་མཐོང་ཐུབ། དེ་ནི་རྒྱུད་རབས་གསར་པ་རེ་རེ་ནས་རིགས་རྫས་ཚོགས་ཕུང་མི་གཅིག་པའི་སྐྱེ་བོ་མི་འདྲ་བ་གཉིས་ལས་མཆེད་པའི་རྒྱུ་མཚན་གྱིས་ཡིན། སློན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་འདིའི་འགོ་སྟོད་དུ་གྲོས་སྟུར་བྱས་པ་བཞིན། དེ་ལྟར་བྱུང་བ་ནི་ཁམས་འདུས་སྐྱེད་འཕེལ་གྱི་གནས་སྐབས་དེར་རིགས་རྫས་ཚོགས་ཕུང་སོ་སོ་བ་གཉིས་འདུས་པའི་སྒོ་ནས་སྐྱེ་དངོས་གསར་པ་ཞིག་བསྐྱེད་པར་རག་ལས་ཡོད། མིའི་འགྲོ་བ་ལྟ་བུ་ཁམས་འདུས་སྐྱེད་འཕེལ་གྱི་བྱ་བ་སྒྲུབ་པའི་སྐྱེ་དངོས་དག་ལ་ནི་དམིགས་བཙུགས་ཏེ་རང་གི་ཁམས་བུབ་སམ་མཚན་མའི་ཕྲ་ཕུང་བསྐྲུན་པར་འབྲེལ་བའི་ཕྲ་ཕུང་འགྱེ་འགྱུར་གྱི་བྱེད་རིམ་དམིགས་བསལ་ཞིག་ཡོད། དེ་ནི་སྐྱེད་ཕུང་ཉིས་གྱེས་ལས་ལོགས་སུ་གྱུར་པ་སྟེ། སྐྱེད་ཕུང་བཞི་གྱེས་སུ་འབོད་པའི་བྱེད་རིམ་དེ་ཡིན། དེའི་འབྲས་བུར་རིགས་རྫས་ཚོགས་ཕུང་ཞིག་གི་འདྲ་བཤུས་གཅིག་ཁེར་རྐྱང་ལྡན་པའི་ཁམས་དཀར་རམ་ཁམས་དམར་གང་རུང་གི་ཕྲ་ཕུང་དེ་འདྲ་སྐྱེ་བ་རེད། དེར་མ་ཟད། སྐྱེད་ཕུང་བཞི་གྱེས་བྱེད་རིམ་གྱི་དུས་རིམ་ངེས་བཟུང་ཞིག་གི་གནས་སྐབས་སུ་སྐྱེ་པོ་ཞིག་གི་རིགས་རྫས་ཚོགས་ཕུང་དེའི་ངོ་བཤུས་གཉིས་མཉམ་དུ་འདུས་ཤིང་ཆ་འཇིག་པར་འགྱུར་ལ། དེ་ལ་བརྟེན་ནས་རྒྱུད་རབས་ཕྱི་མ་དེར་སྔར་བས་ཀྱང་སྣ་རིས་སྤྱུ་ཚོགས་ཇེ་ཆེར་གྱུར་པའི་སྲིད་ཕྱོད་མཐོང་འདེགས་བྱེད་དོ།།

ངེད་ཚོས་གོང་དུ་འཚར་འཕེལ་སྐོར་གྲོས་སྟུར་བྱེད་སྐབས་ས་བོན་འདྲེས་སྦྱོར་བྱེད་རིམ་སྐོར་ཐུག་བསྡུས་ཤིག་འགྲེལ་བརྗོད་བྱས་ལ། འདིར་སྔར་གྱི་ཇ་ཁང་དེར་ཡོད་པའི་ངེད་ཚོའི་བཟའ་ཚོ་གཉིས་པོ་སོ་སོའི་རྒྱུད་ཀྱི་སྐྱེ་འཕེལ་མ་ལག་གི་གཞི་རིམ་གནས་སྟངས་ལ་ང་ཚོས་བསྐྱར་ཞིབ་མདོར་བསྡུས་ཤིག་བྱ།

སྔོང་ངའམ། ཡང་ན་ཁམས་དམར་པོ་རུ་འབོད་པ་བུད་མེད་ཀྱི་མཚན་མའི་ཕྲ་ཕུང་དག་ནི་མོའི་བསམ་བསེའུ་ཡི་ནང་བཟོ་འདོན་བྱེད་ལ།(དཔེ་རིས། ༡༣)། ཁམས་དམར་པོ་སྐྱེད་སྤེལ་གྱི་བྱེད་རིམ་སྟེ། གང་ཞིག་ལ་བཟ་ཆད་དུ་ཁམས་དམར་སྐྱེད་རིམ་དུ་འབོད་པ་དེ་ཉིད་མོའི་བསམ་བསེའུ་ཡི་ནང་དུ་ཁམས་དམར་ས་བོན་གྲུབ་པའི་མཚམས་དེ་ནས་འགོ་ཚུགས་ཀྱི་ཡོད། ངེད་ཚོའི་གླིང་གཞིའི་བཟའ་ཟླ་མོ་དེའི་ལུས་ཕུང་ནང་གི་ཁམས་དམར་ས་བོན་ཀུན་དོ་བདག་བུད་མེད་རང་ཉིད་མའི་ཕོག་པར་མངལ་གནས་ཀྱི་རྣམ་པར་འཚར་འཕེལ་བྱེད་བཞིན་པའི་གནས་སྐབས་ནས་འགྲུབ་ཅིང་། བུད་མེད་དེ་ཉིད་ཕྱིར་མ་བཙས་སྔོན་དུ་དེའི་ཁམས་དམར་ས་བོན་གྱི་བོངས་ཚད་འཕེལ་ཟིན་ཡོད། དེ་ནས་བུད་མེད་དེ་ཉིད་ཕྱིར་བཙས་ནས་བཟུང་ལང་ཚོ་མ་སླེབ་བར་ཁམས་དམར་ས་བོན་དེ་དག་གི་འཕེལ་འགྲོས་རེངས་པར་གྱུར་ལ། དགུན་ཉིད་ལང་ཚོ་སླེབ་པའི་མཚམས་སུ་ལུས་ཀྱི་རྣེན་རྫས་དག་ལ་ཚུར་སྣང་སྤྲིན་པ་དང་དུས་མཚུངས་སུ་སྔོང་ངའི་འཚར་ལོངས་(ཁམས་དམར་གློད་འདོན་བྱེད་རིམ་)ཀྱི་རིམ་པ་འགོ་རྩོམ་པ་རེད།

དེ་ཡང་བུད་མེད་ཅིག་རིགས་རྒྱུད་སྐྱེད་ནུས་ཀྱི་ན་ཚོད་རིང་ཟླ་རེར་ཁམས་དམར་གློད་འདོན་བྱེད་ལ། སྔར་ནས་འཚར་འཕེལ་འགགས་ཤིང་རེངས་ནས་ཡོད་པའི་སྔོང་རྟུལ་དེ་ཉིད་ཁམས་དམར་གློད་འདོན་གྱི་དུས་རིམ་དེར་སླར་ཞིང་འཚར་ལོངས་ཀྱི་བྱ་བ་འགོ་རྩོམ་ཞིང་། རིམ་གྱིས་དེ་ཉིད་མོའི་བསམ་བསེའུ་ཡི་ལྤེབས་ངོས་སུ་བགྲོད། མཐར་དེ་ཉིད་ཁམས་དམར་སྣུ་གུའི་ནང་དུ་གློད་པར་འགྱུར་ཞིང་། དེར་ཕྲ་ཕུང་རང་བཞིན་གྱི་ཐྱེ་ཐ་རིང་པོ་དག་གིས་འདེད་པར་བྱེད། གལ་ཏེ་ཕོ་མོ་འདུས་སྦྱོར་སྐབས་མོའི་སྐྱེ་ལམ་ནང་ཕོའི་ཁུ་བ་ཞུགས་ཤིང་། སྔོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་སྔ་མའི་ནང་ཞིབ་བཤད་བྱས་པའི་རྫས་འབྲེལ་ཕྱོགས་བསྒྱོད་བྱེད་རིམ་བརྒྱུད་སྔོང་རྟུལ་དེ་དང་ཕྲད་ཚེ། སྐབས་དེར་སྔོང་རྟུལ་དེ་ཉིད་ལ་གསོས་གདབ་པར་གྱུར་ངེས་རེད།

Each month during ovulation, the walls of the uterus thicken in preparation for possible pregnancy. If the oocyte is fertilized, it moves to the uterus and implants in its wall. Here the new embryo begins to develop, gathering energy, and nutrition from its mother's surrounding blood vessels. If fertilization does not occur, the walls of the uterus slough off and are discharged through a process called menstruation.

In females and males, as we'll discuss below in more detail, reproduction is regulated by a number of hormones. In males, the primary sex hormone is testosterone, and it is maintained at a more or less constant level. In females, **estrogen** and **progesterone** are the major sex hormones, and their amount cycles monthly.

The primary reproductive organs in males are the testes. In the **testes**, male gamete production analogous to oogenesis occurs; in males, it is called **spermatogenesis**. After the period of initial sexual maturation (**puberty**), spermatogenesis takes place daily in males in tiny tubes within testes. Diploid cells called spermatogonia go through meiosis in the tubes to become haploid spermatocytes and eventually mature sperm (Figure 48) in a larger tube called the epididymis. From here, during sexual intercourse, the sperm pass through the male's urethra in the penis and into a woman's vagina.

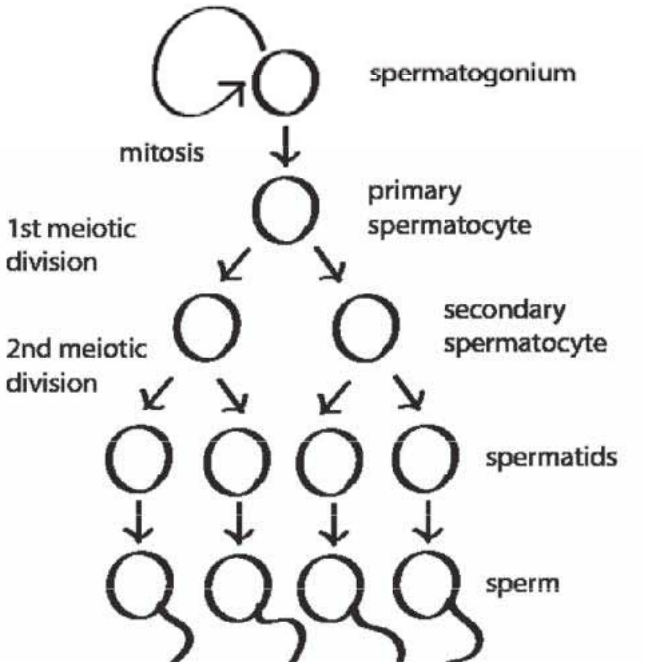


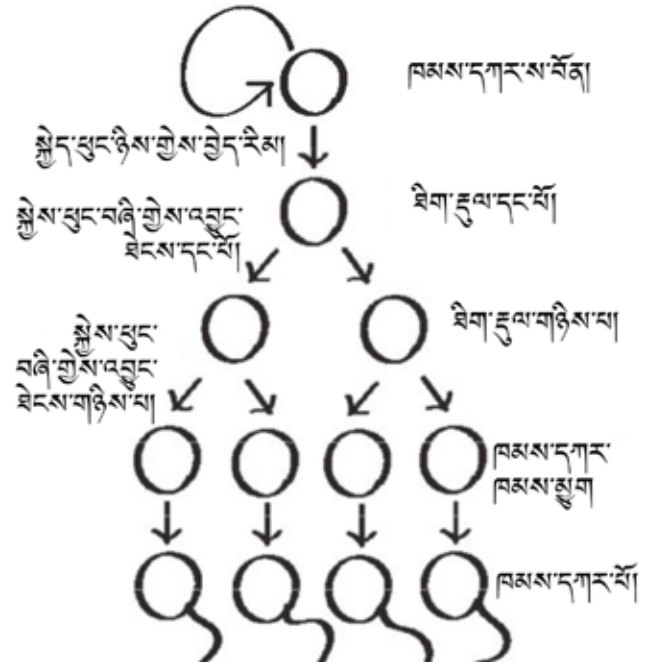
Figure 48: Sperm cells are derived from precursor cells called spermatogonia.

REGULATION: ENDOCRINE SYSTEM AND NERVOUS SYSTEM

In this primer, like true biologists we have separated our bodies into distinct physiological systems in order to make them easier to study and understand. But, of course, as we've pointed out throughout the primer, all these systems *work together* in each of us to allow life. The two systems that are especially important in connecting and regulating all the other systems are the nervous system and the endocrine system. These two systems work together very closely to ensure they and all the other systems stay in balance, work well and as one.

The nervous system is reviewed extensively in other primers, but it is important to see here how it interacts with other systems. The endocrine system is a network of organs and glands that secrete hormones (usually into the blood or fluid between cells), hormones that respond to, and cause response from the nervous system and the other systems we just discussed. These hormones regulate every phenomenon and biological system we've discussed in this primer: development, growth, metabolism, fluid and chemical homeostasis in the blood and urine, reproduction, and stress/immune response.

ཟླ་རེ་བཞིན་ལམས་དམར་གློད་འདོན་ཆེད་སྐབས་མངལ་ཚགས་པའི་གྲབས་ཆེད་པའི་ཚོགས་སུ་བུ་སྦོད་ཀྱི་ཉེབས་ངོས་སྤར་བས་ཆུང་སྐུག་པར་འགྱུར་ལ། སྐབས་དེར་གལ་ཏེ་སྦོང་རྒྱ་དེར་གསོས་བཏབ་ཚེ། དེ་ཉིད་བུ་སྦོད་ཚོགས་སུ་འགྱལ་ཏེ་དེའི་ཉེབས་ངོས་སུ་འཁོད་པར་འགྱུར། འདིར་མངལ་གནས་གསར་པ་དེས་ནུས་པ་སྐྱད་བཞིན་དུ་མཐའ་འཁོད་དུ་ཆགས་པའི་རང་གི་སྐྱེད་མའི་ཁྲག་གཤེར་ཆ་ལམ་དག་ནས་འཆོ་བཅུད་ལེན་པའི་སྒོ་ནས་འཚར་ལོངས་བྱེད་པའི་འགོ་རྩོམ།གལ་ཏེ་གསོས་མ་བཏབ་ཚེ་དེ་ཉིད་བུ་སྦོད་ཀྱི་ཉེབས་ངོས་ནས་གོག་སྟེ་མཐར་ཟླ་མཚན་འཛོག་པའི་བྱེད་པོའི་ཞལ་ཏ་ཚོད་ཀྱི་ཉེས་བརྩམ་ཐྱིར་འདོར་བར་འགྱུར།



དཔེ་རིས། ୧୨ ལམས་དཀར་ཐུ་ཐུང་དག་ནི་རང་རང་གི་སྐུ་ལོགས་ཀྱི་ཐུ་ཐུང་གང་ཞིག་ལ་ལམས་དཀར་ས་བོན་དུ་འབོད་པ་དག་ལས་སྐྱང་པ་རེད།

ང་ཚོས་འོག་ཏུ་རྒྱས་པར་གློས་སྐད་བྱ་རྒྱུ་བཞིན། སྐྱེས་པ་དང་བྱད་ཆེད་གཉིས་ཀའི་རིགས་སྐྱག་སྐྱེད་སྦེལ་གྱི་བྱེད་རིམ་རྣམས་རྣེན་ཐུབ་ཀྱི་རིགས་དུ་མས་སྐྱངས་འཛིན་བྱེད་ལ། དེ་ཡང་སྐྱེས་པར་ཡོད་པའི་མཚན་མའི་རྣེན་ཐུབ་ཚེ་བ་ཞོའི་རྣེན་གཤེའ་ཡིན་ཞིང་། དེ་ནི་དུས་གཏན་དུ་འཛོར་ཚད་གཏན་ཆགས་སུ་གནས། དེ་ལས་ལྷོག་སྐྱེ་བྱད་ཆེད་ཀྱི་མཚན་མའི་རྣེན་ཐུབ་ཚེ་བ་ནི་མོའི་རྣེན་གཤེའ་དང་སྐྱེ་གློགས་རྣེན་གཤེའ་དག་ཡིན་ཞིང་། དེ་དག་གི་འཛོར་ཚད་ནི་རྩ་རེའི་ནང་འཁོད་ཚགས་ཅུ་ཙམ་ཡིན་ཏོ།

དེ་ལ་སྐྱེས་པའི་ལུས་ནང་གི་སྐྱེད་སྦེལ་དབང་པོ་གཅོ་གོ་ནི་བྱིག་འབྲས་དག་ཡིན་ལ། ཁམས་དམར་སྐྱེད་རིམ་དང་འབྲ་བར་སྐྱེས་པའི་ཁམས་རྡུལ་གྱི་སྐྱེད་འདོན་བྱ་བ་ནི་བྱིག་འབྲས་དེ་དག་ཏུ་འགྱལ་པ་རེད། བྱེད་རིམ་དེར་ཁམས་དཀར་སྐྱེད་རིམ་ཟེར། སྐྱེས་པ་ཞིག་ལང་ཚོ་ཐོག་མར་སྦིན་རྩེས་ཁོའི་བྱིག་འབྲས་ནང་གི་སྐྱེས་ཀྱི་ཡོད། མིང་ལ་ཁམས་དཀར་ས་བོན་དུ་འཛོད་པ་ཟུང་ལྡན་ཐུ་ཐུང་དེ་འབྲུག་ཁྲང་དེ་དག་གི་ནང་སྐྱེད་བཞི་ཀྱེས་ཀྱི་སྐོ་ནས་ཁ་འཛྱུར་(དཔེ་རིས། ୧୨)། མཚམས་འདི་ནས་ས་བོན་དེ་ཉིད་ཙོ་མོ་འདུས་སྦྱོར་སྐབས་ཙོའི་དབང་པོའི་གཅིན་ལམ་བརྒྱད་མོའི་གསང་ལམ་དུ་འཇུག་གོ།

སྐྱོམ་སྒྲིག་བྱ་བ། ནང་མྱེན་མ་ལག་དང་དབང་རྩ་མ་ལག

སྟོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་འདིའི་ནང་དེད་ཚོས་སྐྱེ་དངོས་ཚན་རིག་པ་ཚད་ལྡན་ཞིག་དང་འབྲ་བར་དབྱེ་ཞིབ་དང་གོ་གསེད་བའི་བའི་ཆེད་མིའི་ལུས་ཐུང་དེ་ལུས་ལམས་ཀྱི་མ་ལག་དེས་ཅན་སོ་སོར་ཐེ་ཡོད། དེ་ལྟ་ནའང་སློབ་དེབ་འདིའི་འགོ་མཇུག་ཀུན་ཏུ་གསལ་སྟོན་བྱེད་པ་བཞིན། མི་ཞིག་གི་ཚེ་སྡོག་རྒྱུན་འཁྱོངས་འབྱུང་བར་མ་ལག་འདི་ཀུན་མཉམ་རུབ་ཀྱིས་ལས་ལ་ཞུགས་དགོས། དེ་དག་གི་ཁྱོད་མ་ལག་གཞན་ཀུན་ཁག་ཚུན་མཐུད་སྒེལ་དང་ཁན་ཚུན་སྟོམ་སྒྲིག་བྱེད་པར་དམིགས་བཀར་ཀྱི་གལ་གནད་གཟབ་བའི་མ་ལག་གཉེན་ཡོད། དེ་དག་ནི་ནང་མྱེན་མ་ལག་དང་དབང་རྩ་མ་ལག་རེད། མ་ལག་འདི་གཉེན་ཁན་ཚུན་ཆེས་དམ་ཡོར་མཉམ་ལས་བྱེད་པའི་སྒོ་ནས་མ་ལག་ཉེ་དག་ཉེད་དང་མ་ལག་གཞན་ཀུན་ཁ་སྟོམ་སྒྲིག་ཅིས་ཀྱང་ཐུབ་ལ་ལེགས་པར་འདུག་པའི་ཚུལ་དུ་ལས་ལ་ལེགས་པར་འདུག་གོ།

དེ་ལ་དབང་རྩ་མ་ལག་ནི་རྒྱས་པར་སྟོན་འགྲོའི་དེབ་ཟེང་གཞན་དུ་འགེལ་བརྗོད་བྱས་ཡོད་ལ། འོན་ཀྱང་འདིར་མ་ལག་འདི་ཉིད་མ་ལག་གཞན་དང་མཉམ་དུ་སྒེལ་སྒོར་ཅི་ལྟར་བྱེད་ཆེ། ནང་མྱེན་མ་ལག་ནི་མྱེན་ཚུལ་འཛིན་(སྣ་ཚེ་བ་ཁྲག་གཤེར་ནང་དུ་དང་པ་ཐུང་ཐན་ཆུན་དབར་གྱི་གཤེར་ཁུ་དག་དུ་གློད་པར་བྱེད་)བྱེད་པའི་མྱེན་བྱ་དང་དབང་པོ་དུ་མའི་ཏ་ཚོགས་ཤེག་ཡིན་པ་དང་། དེ་དག་གིས་འཛིན་འདོན་བྱེད་པའི་མྱེན་ཚུལ་དག་ནི་ཅིད་ཚོས་ད་ལྟ་གྲེང་མ་ཐག་པའི་དབང་ཚ་མ་ལག་དང་མ་ལག་གཞན་དག་ལ་ཐར་ཡ་ལན་སྒྲིད་ཅིང་། ཚུར་ཡ་ལན་གློང་བའི་མྱེན་ཐུབ་དེ་འཁྲ་ཡིན། མྱེན་ཚུལ་འདི་དག་གིས་སྟོན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་འདིར་ང་ཚོས་གྲེང་བའི་ལུས་ལྟང་གི་མ་ལག་རྣམས་དང་ཆ་ལག་ཀུན་ལ་སྟོམ་སྒྲིག་སྐྱངས་འཛིན་ཐུབ། མ་ལག་དང་ཆ་ལག་དེ་དག་ནི་འཚར་འཛེལ་དང་། འཚར་སྐྱེ། ཟུས་སྐྱར། ཁྲག་གཤེར་དང་གཅིན་པའི་ནང་གི་གཤེར་ཁྲ་དང་ཚུལ་འཛུར་གྱི་ཐ་མལ་གནས་བབ། སྐྱེ་འཛེལ་བཅས་དང་། སེམས་ངལ་ལམ་ནད་འགོག་ཅི་རིགས་པའི་ཡ་ལན་བཅས་རེད།

We categorize hormones based on their chemical origins and structures. Hormones can be derived from fatty acids or amino acids; other hormones are very short proteins called peptides, and the fourth group are called steroid hormones (Figure 49 illustrates examples of these hormones and their structures).

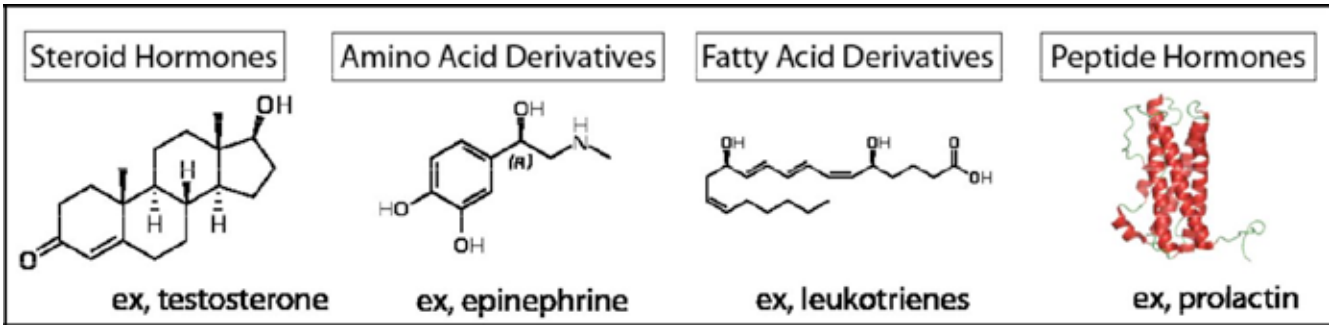


Figure 49: Different types of hormones.

Hormones are secreted by cells, and they act by reaching target cells and activating or suppressing specific cell functions. They do this in much the same way as the chemicals involved in chemotaxis—cAMP and others—we discussed above. Figure 50 shows different types of endocrine signaling: classical signaling in which endocrine cells release hormones into the blood, which carries them to the target cells; **neuroendocrine signaling** involves hormones transferred (from cells signaled by neurons) into the blood or fluid between cells and thus carried to their targets; **autocrine signaling** in which the released hormone affects the very cell that secreted it; and **paracrine signaling** in which secreted hormones move through inter-cell fluid to nearby target cells.

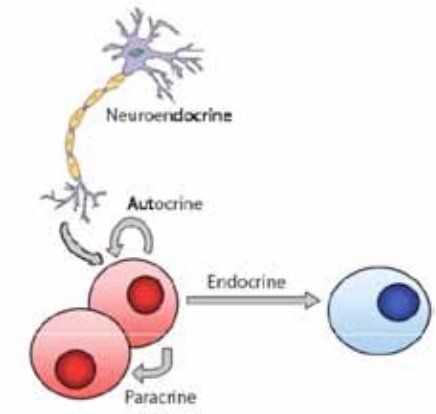


Figure 50: Different types of endocrine signaling.

Most hormones regulate processes through a mechanism known as **feedback**. Figure 51 illustrates negative feedback. If the product of a process is C, and A causes B to turn into C, an easy way to ensure not too much C is made is for C to *feedback* and *negatively* inhibit A. This mechanism is one of the most common in biological systems. Positive feedback works similarly, but the product of a process instead *stimulates* its own production.

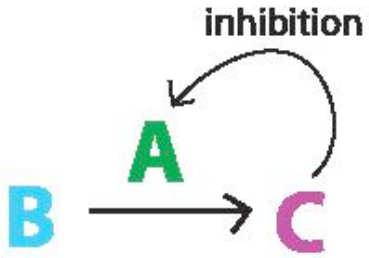
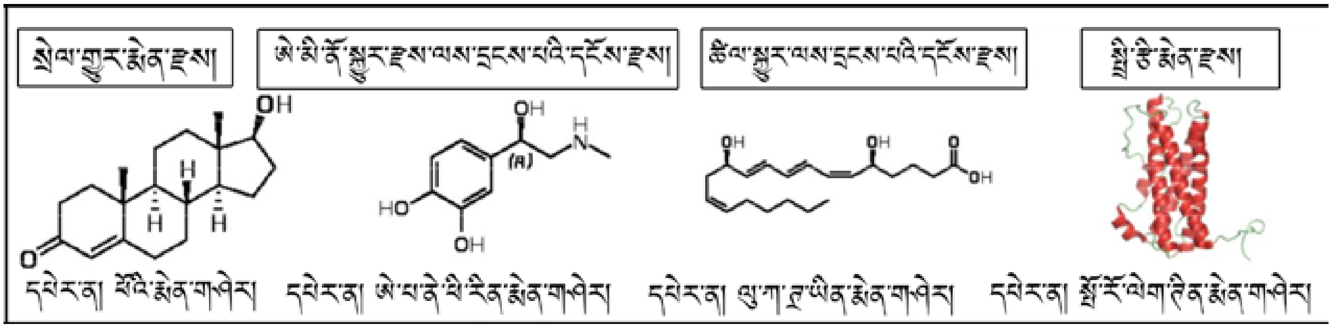


Figure 51: In negative feedback, a process is inhibited by its own product.

Let's take one example that demonstrates feedback and signaling and, at the same time, shows how the endocrine and nervous systems interact. Here they do so to regulate the reproductive system. We will look specifically at the ovulation cycle of human females. Early in the month-long human ovulation cycle, nerve cells in a part of the brain called the hypothalamus express a gene encoding a protein called kisspeptin.

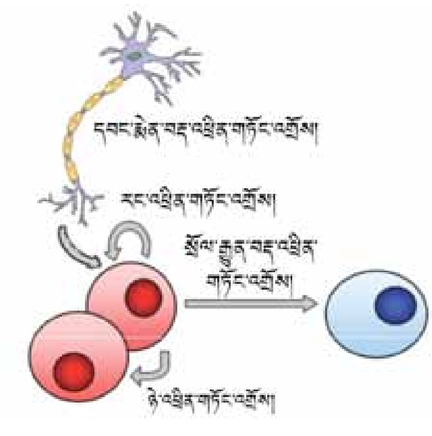
After it is made, kisspeptin is cut up into several short peptide hormones. These hormones are secreted and bind to target cells in the hypothalamus. The hormones specifically bind to receptor proteins in the target cell

ང་ཚོས་སྨན་རྫས་རྣམས་སྡེ་ཚན་སོ་སོར་ཕྱེ་ཚུལ་ནི་དེ་དག་གི་རྫས་འགྱུར་འབྱུང་ཁུངས་དང་ཆགས་དབྱིབས་བཀོད་པ་གཞི་ལ་བཞག་པ་ཡིན། དེ་ལ་སྨན་རྫས་ཁག་ཅིག་ཚིལ་ལྤན་སྐྱུར་རྫས་ལས་ཕྱུང་པ་དང་། ཡང་ན། ཨེ་མི་ནོ་སྐྱུར་རྫས་ནས་ཕྱུང་ལ། ཡང་ཁག་ཅིག་སྤྲི་ཅི་ཏུ་འབོད་པའི་སྤྲི་རྫས་ཧ་ཅང་ཐུང་ངུའི་ངོ་བོར་གྲུབ་ཡོད། སྡེ་ཚན་བཞི་པ་ཞིག་ཡོད་པ་དེར་སྲིལ་གྱུར་སྨན་རྫས་ཟེར་བ་རེད། (དཔེ་རིས། ༤༩ ནང་སྨན་རྫས་འདི་དག་གི་དཔེར་མཚོན་དང་ཆགས་བཀོད་བཅས་གསལ་ཡོད།)



དཔེ་རིས། ༤༩ སྨན་རྫས་རིགས་མི་འདྲ་བ་སྣ་ཚོགས།

དེ་ལ་སྨན་རྫས་རྣམས་ནི་ཕྲ་ཕུང་གིས་འཛིར་འདོན་བྱས་པ་ཞིག་ཡིན་ལ། དེ་དག་གིས་རང་གི་དམིགས་འབེན་དུ་གྱུར་པའི་ཕྲ་ཕུང་དག་ལ་ཕྲད་པའི་སྒོ་ནས་རང་རང་གི་ལས་དོན་འགྲུབ། འགྲུབ་ལུགས་ཀྱང་ཕྲ་ཕུང་དེའི་བྱེད་ལས་དམིགས་བཀར་བ་ཞིག་ཡར་སློང་བའམ། ཡང་ན་མར་གནོན་པའི་སྒོ་ནས་བྱེད་དོ།། ལས་ཚུལ་འདི་ནི་གོང་དུ་གླེང་བའི་འཁོར་རྒྱུན་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྟུལ་ལ་སོགས་པའི་རྫས་འབྲེལ་ཕྱོགས་བསྐྱོད་དག་དང་འབྲེལ་བའི་རྫས་རིགས་དག་གི་ལས་ཚུལ་དང་ཏ་ལམ་གཅིག་མཚུངས་ཡོད། དཔེ་རིས་ ༥༠ ཡིས་ནང་སྨན་(ཕྲ་ཕུང་གིས་)གློད་འདོན་བྱེད་པའི་(སྨན་རྫས་སུ་གྱུར་པའི་)བརྡ་འཕྲིན་གྱི་གཏོང་འགྲོས་མི་འདྲ་བ་རྣམས་འགྲེལ་མཚོན་བྱེད་ལ། དེ་དག་ནི། སྲོལ་རྒྱུན་འདོད་ཚུལ་གྱི་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་འགྲོས་ཏེ། ཚུལ་དེར་ནི་ནང་སྨན་ཕྲ་ཕུང་དག་གིས་སྨན་རྫས་རྣམས་ཁྲག་གཞིར་ནང་གློད་འདོན་བྱེད་ཅིང་། དེ་ནས་ཁྲག་གཞིར་དེས་དམིགས་འབེན་གྱི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་སུ་འོར་འདྲེན་བྱེད་པ་རེད། དེ་ལས་གཞན་དབང་སྨན་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་འགྲོས་ཏེ། ཚུལ་དེར་ནི་སྨན་རྫས་རྣམས་(དབང་རྩས་བཏང་བའི་བརྡ་འཕྲིན་གྱི་རྗེས་སུ་ཞུགས་ཏེ་ཕྲ་ཕུང་གི་ས་ནས་)ཁྲག་གཞིར་རམ། ཡང་ན་ཕྲ་ཕུང་ཕན་ཚུན་དབར་གྱི་གཞིར་ཁུ་དག་ཏུ་བསྐྱལ་རྗེས་དམིགས་འབེན་སོ་སོར་འོར་འདྲེན་བྱེད་པ་རེད། ཡང་རང་འཕྲིན་གཏོང་འགྲོས་ཏེ། ཚུལ་དེར་ནི་གང་གློད་འདོན་བྱས་ཡོད་པའི་སྨན་རྫས་དེས་རང་ཉིད་གང་ལས་འཛིར་ཐོན་བྱུང་སའི་ཕྲ་ཕུང་དེ་རང་ལ་ཤུགས་རྐྱེན་སྟེར་བ་རེད། མཐར་ཉེ་འཕྲིན་གཏོང་འགྲོས་ཞེས་པ་སྟེ། ཚུལ་དེར་ནི་གང་གློད་འདོན་བྱས་པའི་སྨན་རྫས་དེ་དག་ཕྲ་ཕུང་ཕན་ཚུན་དབར་གྱི་གཞིར་ཁུའི་ཁྲོད་འགྲུལ་བསྐྱོད་བྱེད་པ་བརྒྱུད་ཉེ་འཁྲམ་གྱི་དམིགས་འབེན་ཕྲ་ཕུང་དག་ཏུ་སོན་པ་བཅས་ཡིན།



དཔེ་རིས། ༥༠ ནང་སྨན་(ཕྲ་ཕུང་དག་གི་)བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་འགྲོས་མི་འདྲ་བ་རྣམས།

བརྡ་ཆད་དུ་ལྡོག་གསོ་ཞེས་འབོད་པའི་ཐབས་ཚུལ་བརྒྱུད་སྨན་རྫས་ཕལ་ཆེ་བས་སྐབས་ཁེལ་གྱི་བྱེད་རིམ་རྣམས་ལ་སྟངས་འཛིན་བྱེད་ལ། དཔེ་རིས་ ༥༡ ནང་དགག་ཕྱོགས་ཀྱི་ལྡོག་གསོ་བྱེད་ཚུལ་མཚོན་པ་སྟེ། གལ་ཏེ་བྱེད་རིམ་བྱེ་བྲག་པ་ཞིག་གི་ཐོན་སྐྱེད་དེ་ ག ཡིན་པ་དང་། གལ་ཏེ་ ཀ ཡིས་ ཁ དེ་ ག ཅ་གྱུར་དུ་འཇུག་པའི་དབང་དུ་བཏང་ན། སྐབས་དེ་དག་ཏུ་ ག ཡི་ཐོན་གྲངས་ཧ་ཅང་ཐལ་ཆེར་མི་འགྱུར་བར་ཁག་ཐེག་བྱེད་ཐབས་སྟབས་བདེ་ཞིག་ནི་ཐོན་འབྲས་ ག ཡིས་དགག་ཕྱོགས་ནས་ ཀ ལ་བཀག་འགོག་བྱེད་པའི་སྒོ་ནས་ལྡོག་གསོ་བྱ་རྒྱུ་དེ་རེད། ཐབས་ཚུལ་འདི་ནི་སྐྱེ་དངོས་མ་ལག་དག་གི་ཁྲོད་དུ་ཆེས་ཡོངས་ཁྱབ་ཅན་ཞིག་ཡིན། དེ་ལས་གཞན་སྒྲུབ་ཕྱོགས་ཀྱི་ལྡོག་གསོ་འདེབས་པའི་བྱེད་རིམ་ནང་སྤྱིར་ན་ལས་ཚུལ་གཅིག་མཚུངས་ཡིན་ཡང་། དེར་ནི་བྱེད་རིམ་ཞིག་གི་ཐོན་འབྲས་དེས་རང་ཉིད་ཀྱི་ཐོན་གྲངས་སྤེལ་བར་ཞུགས་པ་རེད།

དཔེ་རིས། ༥༡ དགག་ཕྱོགས་ཀྱི་ལྡོག་གསོ་བྱེད་ལུགས་ནང་། གང་བསྐྲུན་པའི་ཐོན་སྐྱེད་དེ་ཉིད་ཀྱི་དབང་གིས་སྐབས་འབྲེལ་གྱི་བྱེད་རིམ་དེར་བཀག་འགོག་ཐེབས་ཀྱི་ཡོད།

འདིར་ལྡོག་གསོ་བྱེད་ཚུལ་དང་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་ཚུལ་ལ་དངོས་ཡོད་ར་སྤྲོད་བྱེད་པ་དང་། དེ་དང་ཆབས་ཅིག ནང་སྨན་མ་ལག་དང་དབང་རྩ་མ་ལག་དབར་ཕན་ཚུན་སྦྲེལ་སྦྱོར་བྱེད་ཚུལ་འགྲེལ་མཚོན་བྱེད་པའི་དཔེ་མཚོན་ཞིག་ལ་ང་ཚོ་བལྟ་བར་བྱ་ལ། དཔེ་མཚོན་དེར་སྐྱེ་འཕེལ་མ་ལག་ལ་ཚུལ་སྒྲིག་སྟངས་འཛིན་བྱེད་ཚུལ་དང་འབྲེལ་ནས་སྦྲེལ་སྦྱོར་གྱི་ཚུལ་དེ་མཚོན་གྱི་ཡོད། ང་ཚོས་དེའི་ནང་གསེས་བུད་མེད་ཀྱི་ཁམས་དམར་གློད་འདོན་འཁོར་རྒྱུན་ལ་དམིགས་བཀར་གྱིས་བལྟ་ལ། དེ་ཡང་ཟླ་རེའི་ཡུན་ཅན་གྱི་ཁམས་དམར་གློད་འདོན་འཁོར་རྒྱུན་འདིའི་འགོ་སྟོད་དུ་སྒང་པའི་ཆ་ཤས་སྒང་སྒྲུག་འོག་མར་འབོད་པ་དེའི་ནང་གི་དབང་རྩ་ཕྲ་ཕུང་དག་གིས་ཀི་པེ་སྤྲི་རྫས་སུ་འབོད་པའི་སྤྲི་རྫས་དེར་བརྡ་སྒྲིག་བྱེད་པའི་རིགས་རྫས་ཤིག་ཡར་སློང་བྱེད་པ་རེད།

ཚུལ་དེས་ཀི་པེ་སྤྲི་རྫས་བཟོ་སྐྲུན་ཟིན་རྗེས། དེ་ཉིད་སྤྲི་ཅིའི་སྨན་རྫས་ཐུང་ངུའི་དུམ་བུ་མང་པོར་ཆད་པར་འགྱུར་ལ། དེ་ནས་འདི་དག་འཛག་ཅིང་ཐོན་ནས་ཀླད་སྒྲུག་འོག་མའི་ནང་གི་དམིགས་འབེན་ཕྲ་ཕུང་དག་ལ་འབྱར་བར་འགྱུར། སྨན་

membrane. These receptors signal the cells internally to secrete another protein, **gonadotropin releasing hormone** (GnRH). The hormone is named for its function, which is to stimulate the release of other hormones that will 'turn toward the gonads'-'gonad' means sex organ and 'tropin' means to move toward. GnRH moves to target cells in another part of the brain just below the hypothalamus called the pituitary gland.

GnRH stimulates pituitary gland cells to secrete two other hormones that move through the blood to the ovaries. One of these hormones stimulates an oocyte there in the ovary to mature; another one stimulates the ovaries to produce yet another hormone, this one a steroid hormone mentioned above called estrogen. Estrogen has many important functions, but in this story, its most important roles are (1) to stimulate the thickening of the uterine wall in case a mature oocyte gets fertilized and (2) to feedback to the hypothalamus and pituitary glands in the brain to inhibit the production of GnRH and the other hormones.

But, later in the ovulatory cycle, once the level of estrogen reaches a high level, it now has a *positive* feedback effect on the pituitary gland, so that this gland secretes more of the same oocyte-maturing hormone. This time the hormone stimulates the release of the oocyte, ovulation itself, from the ovaries and into the uterus. Now the developing oocyte and its associated support cells secrete even more estrogen and another hormone, progesterone. Progesterone also further prepares the uterus for a fertilized egg. But, if fertilization does not occur, progesterone feeds back to inhibit secretion of GnRH and the other hormones from the brain. This in turn inhibits the secretion of progesterone, leading to the break down of the developing oocyte and the thickened uterine wall.

MEDITATION AND ITS REGULATION; REGULATING THE REGULATION

We have taken a tour through the life cycle and physiologic systems of our newly-married couple enjoying chai at a café.

What good does all this knowledge, all we have learned on this tour, do us? Well, there is certainly simply the satisfaction of knowledge, knowing how our bodies, our cells, tissues and organs work. But also, at a more profound level, such knowledge enables us to better address two questions: (1) How do we help heal our biological systems when they don't work well or become diseased, and how can we prevent such problems in the first place? and (2) How can we live better, healthier lives? That is, as humans we don't simply want to live and have all our systems working, we also want to contribute, to help others, to grow and learn, to feel compassion and act on it.

རྫས་འདི་དག་དམིགས་འབེན་དུ་གྱུར་པའི་ཕྲ་ཕུང་སྐྱི་ལྤགས་ཀྱི་ཁོང་དུ་ཆགས་པའི་སྣེ་ལེན་པའི་སྦྲི་རྫས་དག་ལ་དམིགས་བཀར་གྱིས་འབྱུར་བར་འགྱུར། སྣེ་ལེན་པ་འདི་དག་གིས་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ལ་ནང་རོལ་ནས་བརྡ་འཕྲིན་བཏང་སྟེ། སོན་རྩིན་སྐྱལ་རྫས་སློང་བྱེད་རྩིན་རྫས(སྐྱུང་བྲིས་སུ་GnRH ཇི་ཨེན་ཨར་ཨེ་ཆི། ཡང་ན། སོན་རྩིན་རྩིན་རྫས།)སུ་འབོད་པའི་སྦྲི་རྫས་གཞན་ཞིག་འཚེར་འདོན་བྱེད་དུ་འཇུག རྩིན་རྫས་འདིར་མིང་དེ་ལྟར་བཏགས་པ་ནི་བྱེད་ལས་ཀྱི་ཆ་ནས་ཡིན་ཏེ། དེས་མཚན་རྩིན་དག་ལ་ཁ་ཕྱོགས་པར་འགྱུར་བའི་རྩིན་རྫས་གཞན་དག་སློད་པར་སྐྱལ་སློང་བྱེད་པའི་ཕྱིར། དེ་ལ་''སློ་ནད་''ནི་མཚན་མའི་རྟགས་དང་། 'ཧྲོ་པིན་''ཞེས་པ་ག་གེ་མོའི་ཕྱོགས་སུ་བསྐྱོད་པ་ལ་གོ་བ་རེད། ཇི་ཨེན་ཨར་ཨེ་ཆི་སྟེ། སོན་རྩིན་རྩིན་རྫས་འདི་པི་ཙུ་རྩིན་བུ་ཏུ་འབོད་པ་ཀླད་སྦྲུག་འོག་མའི་གཤམ་དེ་མ་ཐག་ཏུ་འཁོད་པའི་ཀླད་པའི་ཆ་ཤས་གཞན་དེའི་ནང་གི་དམིགས་འབེན་ཕྲ་ཕུང་དག་ཏུ་རྒྱུ་བ་རེད།

ཇི་ཨེན་ཨར་ཨེཆི་དག་གིས་པི་ཙུ་རྩིན་བུའི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་སད་སློང་བྱས་ཏེ། ཁྲག་གཤེར་བརྒྱུད་མོའི་བསམ་བསེའུ་དག་ཏུ་བགྲོད་པའི་རྩིན་རྫས་གཞན་གཉིས་ཕྲ་ཕུང་དེ་རྣམས་ལས་འཚེར་འཐོན་བྱེད་དུ་འཇུག རྩིན་རྫས་དེ་དག་ལས་གཅིག་གིས་བསམ་བསེའུ་ནང་གི་སྒོང་རྟུལ་ཞིག་ཡར་སྐྱལ་བྱས་ཏེ་དེ་ཉིད་ཁོ་ལག་རྫོགས་པར་བྱེད་དུ་འཇུགས་ལ། གཞན་དེས་ནི་བསམ་བསེའུ་དག་བསྐྱལ་ནས་རྩིན་རྫས་གཞན་ཞིག་བསྐྱེད་དུ་འཇུག་གི་ཡོད། རྩིན་རྫས་ཕྱི་མ་འདི་ནི་གོང་དུ་མོའི་རྩིན་གཤེར་དུ་འབོད་པའི་སྤྲེལ་གྱུར་རྩིན་རྫས་ཀྱི་རིགས་ཤིག་ཡིན། སྤྱིར་ན་མོའི་རྩིན་གཤེར་ལ་བྱེད་ལས་གལ་ཆེན་མང་པོ་ཡོད་ཙང་། སྐབས་འདིར་དེའི་བྱེད་ལས་གནད་འགག་ཆེ་ཤོས་དག་ནི། ༡)ཁོ་ལག་རྫོགས་པའི་སྒོང་རྟུལ་ཞིག་གསོས་ཐེབས་ནས་འཁོད་ཡོད་ཚེ་དེའི་ཆེད་དུ་བུ་སྣོད་ཀྱང་ལྡེབས་མཐུག་ཏུ་གཏོང་བར་སྐྱལ་སློང་བྱེད་རྒྱུ་དང་། ༢)ཀླད་པའི་ནང་གི་ཀླད་སྦྲུག་འོག་མ་དང་པི་ཙུ་རྩིན་བུ་དག་ལ་ཇི་ཨེན་ཨར་ཨེཆི་(སོན་རྩིན་རྩིན་རྫས་)དང་རྩིན་རྫས་གཞན་གྱི་སྐྱེད་སྐྱུན་མཚམས་འཛོག་དགོས་པའི་ལྡོག་གསོ་བྱ་རྒྱུ་བཅས་རེད།

དེ་ལྟ་ནའང་། ཁམས་དམར་སློད་འདོན་འཁོར་རྒྱུན་གྱི་སྐད་ཆ་ཙམ་སྟེ། གང་གི་ཚེ་མོའི་རྩིན་གཤེར་གྱི་འབོར་ཚད་མཐོན་པོར་སོན་ཙ་ན། འཁོར་རྒྱུན་དེར་པི་ཙུ་རྩིན་བུའི་སྟེང་དུ་སྒྲུབ་ཕྱོགས་ཀྱི་ལྡོག་གསོ་བྱ་རྒྱུའི་བྱེད་ནུས་གསར་དུ་འཐོབ་ལ། དེ་ལ་བརྟེན་ནས་དེས་རྩིན་བུ་འདིར་སྒོང་རྟུལ་ཁོ་ལག་རྫོགས་བྱེད་ཀྱི་རྩིན་རྫས་རིགས་གཅིག་པ་དེ་རང་འཛེར་འདོན་བྱེད་དུ་འཇུག་གི་ཡོད། གནས་སྐབས་འདིར་རྩིན་རྫས་དེས་ཁམས་དམར་སློད་འདོན་ཏེ། སྒོང་རྟུལ་དེ་ཉིད་བསམ་བསེའུ་ནས་ཐོན་ཏེ་བུ་སྣོད་ནང་ཞུགས་པར་བསྐྱལ་གྱི་ཡོད། ད་ཚོད་འཚར་ལོངས་བྱེད་བཞིན་པའི་སྒོང་རྟུལ་དང་དེའི་འབྲེལ་ཆགས་རྒྱབ་རྟེན་གྱི་ཕྲ་ཕུང་རྣམས་ཀྱིས་མོའི་རྩིན་གཤེར་སྔར་བས་འཐོན་ཆེ་བ་འཛིར་འདོན་བྱེད་པར་མ་ཟད། སྐྱེ་གྲོགས་རྩིན་གཤེར་དུ་འབོད་པའི་རྩིན་རྫས་གཞན་ཞིག་ཀྱང་འཛིར་འདོན་བྱེད། གསོས་ཐེབས་པའི་ཁམས་དམར་ཞིག་གི་ཆེད་དུ་སྐྱེ་གྲོགས་རྩིན་གཤེར་གྱིས་བུ་སྣོད་དེ་འཐུས་སྒོ་ཇི་ཚང་དུ་བཟོ་ལ། དེ་ལྟ་ནའང་། གལ་ཏེ་གསོས་མ་ཐེབས་ཚེ་ཀླད་པ་ནས་ཇི་ཨེན་ཨར་ཨེཆི་(སོན་རྩིན་རྩིན་རྫས་)དང་རྩིན་རྫས་གཞན་དག་གི་འཛིར་འཐོན་འབྱུང་བ་དགག་དགོས་པའི་ཕྱོགས་སུ་སྐྱེ་གྲོགས་རྩིན་གཤེར་གྱིས་ལྡོག་གསོ་བྱེད། འདིས་ཞར་དུ་སྐྱེ་གྲོགས་རྩིན་གཤེར་འཚེར་འཐོན་འབྱུང་བར་འགལ་རྐྱེན་བྱེད་ལ། དེ་ལྟར་བྱུང་བས་འཚར་ལོངས་བྱེད་བཞིན་པའི་སྒོང་རྟུལ་དང་ཀྱང་ལྡེབས་མཐུག་པོར་གྱུར་ཟིན་པའི་བུ་སྣོད་བཅས་ལ་གནོད་སྐྱོན་གཏོང་བ་རེད།

སྒོམ་སྒྲུབ་དང་དེའི་འཚམ་སྦྱིག་བྱ་བ། འཚམ་འགྲིག་གི་བྱ་བར་འཚམ་སྦྱིག་བྱེད་པ།

ཟ་ཁང་ཆུང་ངུ་ཞིག་ཏུ་ཇ་ལ་རོལ་བཞིན་དུ་འཁོད་ཅིང་། གཉེན་སྒྲིག་ཟིན་མ་ཐག་པའི་ངེད་ཚོའི་བཟའ་ཚོ་གཉིས་པོ་དེའི་ཚེ་སྒྲིག་གི་འཁོར་རྒྱུན་དང་ལུས་ཁམས་ཀྱི་མ་ལག་དག་གི་ཁྱོན་དུ་ངེད་ཚོས་ད་བར་སྐོར་སྐྱོད་ལ་ཐོན་ལ།

ཤེས་རྒྱ་འདི་ཀུན་ཏེ། སྐོར་སྐྱོད་འདིའི་རིང་ངེད་ཚོས་གང་ཤེས་ཤིང་སྦྱངས་པ་དག་གིས་ངེད་ཚོར་ཕན་ཐོགས་གང་ཡོད་དམ་ཞེ་ན། ཉན་ཉན་ང་ཚོའི་ལུས་དང་། ཕྲ་ཕུང་། ཕུང་གྲུབ། དབང་པོ་བཅས་ཀྱི་སྐོར་ཤེས་རྟོགས་རྒྱས་པ་དེས་འདོད་བློ་ཆེམ་པ་ཞིག་ངེས་པར་བསྐྱེད་ལ། འོན་ཀྱང་དེ་ཙམ་དུ་མ་ལུས་པར། དེ་བས་ཟབ་པའི་རིམ་པ་ཞིག་ཏུ་ནི་ཤེས་རྟོགས་དེས་དྲི་བ་གཉིས་ཀྱི་ལན་འདེབས་ཇི་ཟབ་ཏུ་གཏོང་བར་ང་ཚོར་རམ་འདེགས་ཐེབ་ཡོད། དྲི་བ་དེ་དག་ནི། ༡)ང་ཚོའི་ལུས་ཀྱི་མ་ལག་རྣམས་ཚུལ་མཐུན་དུ་ལས་ལ་མི་འཇུག་པའི་སྐབས་སམ། དེ་དག་ལ་ནད་ཀྱིས་བཏབ་པའི་ཚེ་དྲག་སྐྱིད་འབྱུང་བར་མཐུན་འགྱུར་ཇི་ལྟར་བྱ་དགོས་སམ། ང་ཚོས་གནས་སྟངས་དེའི་རིགས་སྔ་ས་ནས་སྔོན་འགོག་ཇི་ལྟར་བྱེད་ནུས་སམ། ཞེས་པ་དང་། ༢)ངེད་ཚོས་རང་གི་མི་ཚེ་སྔར་བས་ལེགས་པ་དང་བདེ་འཕྲོད་ཆེ་བའི་ངང་སྐྱེལ་ཐུབ་པ་ཇི་ལྟར་བྱའམ། ཞེས་པ་དེ་གཉིས་ཡིན། དེ་ནི་ང་ཚོ་མི་ཞིག་ཡིན་པའི་ཆ་ནས་རང་ཉིད་འཚོ་ཙམ་དང་། རང་གི་མ་ལག་རྣམས་ལས་ལ་འཇུག་ཙམ་ཞིག་མི་འདོད་པར། ངེད་ཚོས་སྐྱེ་བོ་གཞན་ལ་རམ་འདེགས་དང་ཞབས་འདེགས་བྱ་འདོད་ལ། རང་ཉིད་འཚར་ཞིང་འཕེལ་ལ་ཤེས་རྒྱ་གོང་མཐོར་སོན་པ་དང་། གཞན་ལ་དམིགས་པའི་བྱམས་བརྩེའི་བསམ་པ་རང་རྒྱུད་ལ་བསྐྱེད་པ་དང་ལག་ཏུ་བསྟར་འདོད་པའང་ཡིན་པས་ཡིན།

Western science has traditionally used its biologic knowledge to address these questions *from the bottom up*. The assumption is if one wants to address, for example, depression, one should first change the molecules involved in depression, and then, working up through the cells, tissues, and organs, this will result in altered, hopefully improved mood and behavior.

Buddhism on the other hand, especially recently with His Holiness the Dalai Lama, has traditionally begun to address the same questions *from the top down*. The assumption here is that behaviors, such as meditation and thoughts, change the body, through the brain and other organs, and then perhaps down to tissues, cells, and molecules.

Both practices, Western science and Buddhism, offer significant evidence to support their claims. These Emory-Tibet Science Initiative primers are full of such evidence from the scientific perspective, and your lives as practicing Buddhists are full of such evidence from that perspective. His Holiness the Dalai Lama's elegant insight and hypothesis is that *integrating* the two approaches—from the bottom up and from the top down—may well provide some of the best and strongest answers to the questions of how we best heal and how we best live.

Recent collaborations demonstrating the brain's ability to change in response to learning and other environmental interactions suggests His Holiness is correct. Research involving both Western scientists and practitioners of meditation is beginning to get at *how* thoughts, meditation, and behaviors can change molecules and vice versa. One of the most likely physiologic interaction points for such effects is the neuroendocrine regulation of the other systems we are discussing here.

In experiments, most notably at the University of Wisconsin led by Richard Davidson and at Emory University led by Charles Raison and Geshe Lobsang Negi, researchers are documenting connections between meditation and biological changes. Davidson and his colleagues demonstrate that people who have been meditating for many years have a greater sensitivity and control of many of their basic emotions than do novices or non-meditators; meditators also report feeling less pain than non-meditators and their attention and focus are better. These differences in behavior are reflected in differences in electrical activity in the brain and even in the size and distribution of the parts of the brain known to be involved in these functions. The data suggesting that mental exercise induces neurogenesis (new neural growth) are consistent with other data demonstrating physical exercise also induces neurogenesis.

Raison and Negi have expanded Davidson's findings to people who are not longtime meditators and even to people who are only learning to meditate

ཉུབ་ཕྱོགས་པའི་ཚན་རིག་གིས་རང་ལ་སོན་པའི་སྐྱེ་དངོས་ཤེས་རྒྱ་རྣམས་བེད་སྤྱོད་པའི་སྒོ་ནས་རྒྱུན་དུ་དྲི་བ་འདི་དག་ལ་གཞི་རིམ་ནས་ཡར་འདེད་པའི་ལན་འདེབས་ཤིག་བྱེད་ལ། དེ་ལྟར་བྱེད་པའི་ཐུགས་ཀྱི་བསམ་གཞི་ནི་འདི་ལྟར་ཏེ། དཔེར་ན་ཡིད་སྨུག་ལྷ་བུའི་འབྲུག་སྐྱོན་ཞིག་འཚོས་དགོས་ཚེ། ཐོག་མར་ཡིད་སྨུག་དང་སྦྲེལ་བའི་འདུས་རྫུལ་རྣམས་བརྗེ་སྒྱུར་གཏོང་དགོས་པ་དང་། དེ་ནས་རིམ་པ་ཡར་ལྡན་གྱིས་ཕྲ་ཕུང་དང་། ཕུང་གྲུབ་དང་། དབང་པོ་རྣམས་དང་འབྲེལ་བའི་སློས་མཐར་སེམས་ཁམས་དང་གཤིས་སྤྱོད་ལ་འགྱུར་བ་ཕྱིན་ཏེ་ལེགས་བཅོས་འབྱུང་བའི་རེ་བ་འཆང་རིགས་པར་འཆད།

དེ་ལས་ལྡོག་སྟེ་ནང་པ་སངས་རྒྱས་པའི་ཆོས་ལུགས་སྤྱི་དང་། བྱེ་བྲག་ཏུ་དེང་གི་དུས་སུ་ཨ་གོང་ས་ཧ་ལའི་བླ་མ་མཆོག་གིས་ནི་རྒྱུན་དུ་དྲི་བ་འདི་དག་ལ་རྩེ་མོ་ནས་མར་འབབ་པའི་ལན་འདེབས་ཤིག་བྱེད་ལ། དེ་ལྟར་བྱེད་པའི་ཐུགས་ཀྱི་བསམ་གཞི་ནི་འདི་ལྟར། སློམ་ཉམས་ལེན་དང་བསམ་བློའི་འཁྲིར་སོ་ལྟ་བུའི་གོམས་གཤིས་དག་གིས་ཀླད་པ་དང་དབང་པོ་གཞན་བརྒྱུད་ལུས་ལ་འགྱུར་བ་བཟོ་བ་དང་། དེ་ནས་ཕལ་ཆེར་རིམ་གྱིས་ཕུང་གྲུབ་དང་། ཕྲ་ཕུང་དག་དང་། འདུས་རྫུལ་དག་ལ་མར་འགྱུར་བ་ཐེབས་ཆོག་པར་འདོད་པ་དེ་རེད།

ཕྱག་སྲོལ་གཉིས་ཀ་སྟེ། ཉུབ་ཕྱོགས་པའི་ཚན་རིག་དང་ནང་པ་སངས་རྒྱས་པའི་ཆོས་ལུགས་གཉིས་ཀའི་རང་རང་གི་ཁས་ལེན་དག་ལ་རྒྱབ་རྟེན་གྱི་དཔང་རྟགས་མི་ཉུང་བ་ཡོད་དེ། ཨ་མོ་རི་དང་བོད་ཀྱི་ཚན་རིག་ལས་རིམ་འདིའི་སློན་འགྲོའི་སློབ་དེབ་དག་ཏུ་ཚན་རིག་གི་བལྟ་ཕྱོགས་དེར་དག་སྐྱེལ་བྱེད་པའི་དཔང་རྟགས་ཀྱིས་ཁེངས་ནས་ཡོད་ལ། ཁྱེད་ནང་ཆོས་ཉམས་ལེན་པ་དག་གི་མི་ཚེའི་ནང་དུའང་རང་གི་བལྟ་ཕྱོགས་དེའི་དཔང་རྟགས་ཀྱིས་ཁེངས་པའི་ཕྱིར། ཐབས་ལམ་གཉིས་པོ་སྟེ། མས་ནས་ཡར་འདེད་པ་དང་ཡས་ནས་མར་འབབ་པ་འདི་གཉིས་མཉམ་སྦྲེལ་བྱ་རྒྱུའི་ཨ་གོང་ས་མཆོག་གི་ཐུགས་ཆེའི་གཟིགས་པ་དང་དགོངས་འཆར་འདིས་ང་ཚོ་ཇི་ལྟར་ལེགས་ཤོས་སུ་གསོ་ཐུབ་བམ། ང་ཚོ་ཇི་ལྟར་ལེགས་ཤོས་སུ་འཚོ་ཐུབ་བམ་ཞེས་པའི་དྲི་བར་གདབ་རུང་བའི་ལན་འདེབས་ཡག་ཤོས་དང་གནད་ལ་འཁེལ་ཤོས་དེ་དག་འདོན་སྲིད་པ་རེད།

ཤེས་སྦྱོང་བསྟེན་པ་དང་། ཁོར་ཡུག་དང་སྦྲེལ་སྦྱོར་གྱི་བྱ་བ་གཞན་དག་ལ་ཞུགས་པའི་ལག་རྗེས་སུ་ཀླད་པར་འགྱུར་བ་ཐེབས་རུང་བར་འགྲེལ་སྟོན་བྱེད་པའི་ཉེ་ལམ་གྱི་མཉམ་སྦྲེལ་ལས་གཞི་དག་གིས་ཨ་གོང་ས་མཆོག་གི་དགོངས་འཆར་དེ་དོན་ལ་གནས་པར་སྣེ་སྟོན་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། སློམ་ཉམས་ལེན་པ་དང་ཉུབ་ཕྱོགས་པའི་ཚན་རིག་པ་གཉིས་ཀ་ཟུང་འབྲེལ་གྱིས་གཉེར་པའི་ཞིབ་འཇུག་ལས་འཆར་དག་ལས་བསམ་བློའི་འཁྲིར་སོ་དང་སློམ་ཉམས་ལེན་དང་གོམས་གཤིས་བཅས་ཀྱིས་འདུས་རྫུལ་དག་ལ་འགྱུར་བ་ཇི་ལྟར་འདེབས་ནུས་ཚུལ་དང་། ཡང་འདུས་རྫུལ་དག་གིས་ཚུར་ཡང་དེ་ལྟར་ནུས་ཚུལ་གྱི་གོ་རྟོགས་ལོན་པའི་འགོ་རྩོམ་བཞིན་ཡོད། དེ་ལྟའི་མཇུག་འབྲས་མངོན་སའི་ལུས་ཁམས་ཁྲོན་གྱི་སྦྲེལ་སྦྱོར་ས་ཚིགས་ངོས་ཤོས་མང་པོའི་ནང་གི་གཅིག་ནི་ང་ཚོས་འདིར་གླེང་གཞིར་འཁྱེར་བཞིན་པ་སྟེ་དབང་རྩ་དང་ནང་རྐེན་ཟུང་འབྲེལ་གྱིས་མ་ལག་གཞན་རྣམས་སྟངས་འཛིན་སློམ་སྒྲིག་བྱེད་ཚུལ་དེ་རེད།

བརྟག་དཔྱད་ཀྱི་རིམ་པ་སྣ་མང་སྟེ། གཙོ་ཆེར་སྐྱ་ཞབས་རི་ཅར་ཌ་ཌེ་ཝིཌ་སོན་གྱིས་འགོ་འཁྲིད་ཅིང་ལྷི་སི་ཀོན་སིན་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་དུ་གཉེར་བཞིན་པ་དག་དང་། ཡང་སྐྱ་ཞབས་ཅར་ལེ་སི་རེ་ཛོན་དང་ཁྲུ་ནུ་དགེ་བཤེས་བློ་བཟང་བསྟན་འཛིན་གཉིས་ཀྱིས་འགོ་འཁྲིད་ཅིང་ཨེ་མོ་རི་གཙུག་ལག་སློབ་གཉེར་ཁང་དུ་གཉེར་བཞིན་པ་དག་ཏུ་ཞིབ་འཇུག་པ་རྣམས་ཀྱིས་སློམ་ཉམས་ལེན་དང་ལུས་ཀྱི་སྐྱེ་དངོས་རྣམ་འགྱུར་དབར་གྱི་འབྲེལ་བ་ར་སྤྲོད་པ་རྣམས་ཡིག་ཆར་འགོད་བཞིན་ཡོད། དེ་ལ་ཌེ་ཝིཌ་སོན་དང་ཁོང་གི་ཕྱག་རོགས་རྣམས་ཀྱིས་ནི་སློམ་སྒྲུབ་པ་གསར་བུ་བའམ། ཡང་ན་སློམ་མི་རྒྱག་པའི་མི་རྣམས་ལས་ལྡོག་སྟེ། ལོ་མང་སློམ་སྒྲུབ་ཉམས་ལེན་གནང་མཁན་རྣམས་ལ་གཞི་རིམ་གྱི་སེམས་སྦྱོང་ལ་བརྟེན་པའི་ཚོར་དད་ཆེ་བ་དང་དེར་སྟངས་འཛིན་གྱི་ནུས་པ་ཆེ་ཚུལ་འགྲེལ་མཚོན་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། དེར་མ་ཟད། སློམ་མི་རྒྱག་པ་རྣམས་དང་བསྡུར་ན་སློམ་ཉམས་ལེན་པ་རྣམས་ལ་ཟུག་རྔུའི་ཚོར་བ་ཉུང་བ་དང་། དེ་དག་གི་དོ་སྣང་སྤྱོད་པའི་ནུས་པ་དང་བློ་རྩེ་གཅིག་པའི་ནུས་པ་བཅས་བཟང་བ་ཡོད་ཚུལ་གྱི་ཟིན་ཐོ་བཀོད་ཡོད། གོམས་གཤིས་མི་འདྲ་བའི་ཁྱད་པར་འདི་རྣམས་ཀླད་པའི་ནང་གི་གློག་གི་བྱ་བའི་ཁྱད་པར་དང་། དེར་མ་ཟད་བྱེད་ལས་འདི་དག་དང་འབྲེལ་བ་ཡོད་པར་བཟུང་བའི་ཀླད་པའི་ཆ་ཤས་དག་གི་བོངས་ཚད་དང་འཁྲམས་ཚད་ཀྱི་ཁྱད་པར་དག་ལས་མངོན་མཚོན་བྱེད་ཀྱི་ཡོད། སེམས་སྦྱོང་ལ་བརྟེན་ནས་དབང་རྩ་གསར་སྐྱེ་ (དབང་རྩའི་ཆ་ཤས་གསར་པ་སྐྱེ་བ་)སློང་ཚུལ་སྟོན་པའི་གྲངས་ཐོ་དེ་རྣམས་ལུས་སྦྱོང་ལ་བརྟེན་ནས་ཀྱང་དབང་རྩ་གསར་སྐྱེ་སློང་བར་འགྲེལ་མཚོན་བྱེད་པའི་གྲངས་ཐོ་རྣམས་དང་རྩེ་མཐུན་རེད།

དེ་ལས་གཞན་ཅར་ལེ་སི་རེ་ཛོན་དང་དགེ་བཤེས་བློ་བཟང་གཉིས་ཀྱིས་ནི་གོང་དུ་རི་ཅར་ཌ་ཌེ་ཝིཌ་སོན་ཁོང་རྣམ་པའི་རྟེན་དོན་དེ་དག་ཡུན་རིང་སློམ་རྒྱག་མཁན་མིན་པ་དང་། དེར་མ་ཟད་ཐ་ན་ཞིབ་འཇུག་གི་ལས་འཆར་རིང་སློམ

during the research project. The researchers find that, even after only a few weeks of compassion meditation practice, meditators demonstrate more balanced response to stressful situations; and, strikingly, but perhaps not surprisingly, these improvements in behavioral response are mirrored at the molecular level. Meditators' immune systems and stress molecules are healthier than those of non-meditators.

And so, it appears such collaborations lead us to the brink of a new era, an era in which the expanding knowledge of science, such as that you are learning in these primers, and the centuries-old Buddhist knowledge of mind and body will together take us to even further and more profound understandings of how life works. It is the children of our chai-drinking couple, the children of the next generation and the next who will lead the world down these paths of new discovery.

ཀྱམས་ལེན་གཞི་ནས་སྒོང་བའི་རྒྱ་ཡི་རྟམས་ལའང་འགྲིག་མིན་བརྟག་པ་བྱས་པས། ཞིབ་འཇུག་པ་ཁོང་གཞིས་ཀྱིས་བསྟན་པ་ནི། བདུན་ཕྲག་ཁ་ཤས་ཙམ་རིང་སྐྱིང་རྩེ་སྒོམ་པའི་ཀྱམས་ལེན་གྱིས་ཀྱང་དོ་བདག་རྒྱུ་ལ་ཡིམས་ངལ་གྱི་གནས་སྐྱངས་གདོང་ལེན་བྱེད་སྐོགས་ཐད་སྟར་བས་ཡིམས་ལམས་རྣམས་རྩེ་སྐྱོམས་སུ་བཏང་ཡོད་པ་དང་། དེ་བས་ཀྱང་ངོ་མཚར་ཆེ་ལ་(འོན་ཀྱང་ཤང་སང་དགོས་དོན་མེད་པ་)ཞེག་ནི་གཤེས་སྒོང་ཀྱི་རིམ་པར་གསལ་བའི་ཡ་ལན་བཟང་བའི་ཆ་དེ་རྣམས་འདུས་རྒལ་རིམ་པར་ཡང་མངོན་པར་གསལ་ཡོད་པ་དེ་རེད། དེར་མ་ཟད། སྒོམ་སྒྲུབ་ཀྱམས་ལེན་མི་བྱེད་པ་རྣམས་དང་བསྟུར་ན་སྒོམ་སྒྲུབ་ཀྱམས་ལེན་པ་རྣམས་ཀྱི་ནད་འགོག་མ་ལག་དང་སེམས་ངལ་འདུས་རྒལ་རྣམས་བདེ་འཕྲོད་ཆེ་བ་ཡོད་པར་རྟེད་ཡོད།

དེས་ན། མཁྱམ་སྒེལ་ཀྱི་ལས་གཞི་འདི་དག་གིས་ང་ཚོ་མིའི་འགྲོ་བ་རྣམས་དུས་བསྐལ་གསར་པ་ཞེག་གི་ཁད་དུ་འཁྲིད་བཞེན་པའི་སྣང་བ་སྤྱིན་ལ། དུས་བསྐལ་དེ་ནི་རྒྱས་སུ་འགྲོ་བཞེན་པའི་ཚན་རིག་གི་ཤེས་རྒྱ་དང་། དུས་རབས་མང་པོའི་སྟོན་རོལ་ནས་གཞི་ཚུགས་པའི་ནང་ཚོས་ཀྱི་ལུས་སེམས་སྐོར་ཀྱི་ཤེས་རྒྱ་གཉིས་པོ་ཟུང་འཇེལ་སྒོས་ངེད་རྣམས་ཚེ་སྲོག་གི་ལས་ཚུལ་དང་འབྲེལ་བའི་ཤེས་རྒྱ་སྟར་བས་ཟབ་ཅིང་རྒྱ་ཆེ་བ་ཞིག་ཏུ་སོན་པའི་དུས་བསྐལ་ཞིག་ཡིན། དེ་ཡང་འཛམ་གླིང་འདི་ཉིད་རྟེའུ་ཐོག་གསར་པ་དེར་བཞུད་པའི་ལམ་སྟ་འཇེན་མ་ཁན་རེ་ཧ་ལ་རོལ་བཞིན་པའི་ངེད་ཚོའི་བཟའ་ཚོ་གཉིས་པོའི་རིགས་རྒྱུག་རྣམས་དང་། མི་རབས་ཕྱི་མ་དག་དང་དེའི་ཡང་ཕྱི་མ་དག་གི་རིགས་རྒྱུག་རྣམས་སོ།། །།

དབྱིན་བོད་ཨ་ཁ་སྒྲུར་ཐྲི་ཐ་སྐད་མཛོད།

Acetyl CoA ཨ་སི་ཏལ་ཀོ་ཨེ། ཨ་ཀོ་ནྱུས་སྒྲུར་འདུས་རྩལ།
Acquired immune deficiency syndromes (AIDS) འཕལ་ཐོབ་ནད་འགོག་ཉམས་སྐྱོན་ཐྲི་རྟགས་འདུས། རེག་དུག་གཉན་ནད།
Actin filaments གྱང་སྲི་ཉག་ཐུན།
Actin གྱང་སྲི།
Adenosine triphosphate (ATP) ཨེ་དེ་ནོ་སིན་དེ་ར་ཡི་ཐོ་སི་ཨེད་འདུས་རྩལ། ཨེ་དེ་པི་འདུས་རྩལ།
Alveolar Cell ཐྲོ་ཁུའི་ཐུ་ཁུང་།
Amino Acid Derivatives ཨེ་མི་ནོ་སྒྲུར་རྫས་ལས་བྱངས་པའི་དངོས་རྫས།
Amino acids ཨེ་མི་ནོ་སྒྲུར་རྫས།
Amylase enzyme ཨེ་མི་སྨིན་རྫས།
Anaerobic respiration འཚོ་དབུགས་ལ་མ་བརྟེན་པའི་འབྱིན་རྩྭ། འཚོ་སྐྱང་བྱལ་བའི་འབྱུང་རྟུབ་བྱ་བ།
Anencephaly ཐྲད་སྐྱོང་། ཐྲད་པ་མེད་པས་ན་ཐྲད་སྐྱོང་ཟེར། ཐྲད་པའི་ཆ་ཤས་སམ་ཆ་ཡོངས་རྫོགས་སྐྱེས་ཐོབ་ཀྱིས་མ་ཚང་བ།
Anterior interventricular artery སྐྱིང་སྦུབས་སྨད་ཐན་ཚུན་དུ་རྒྱུ་བའི་མདུན་དོས་ཀྱི་འཕར་རྒྱ།
Anterior pre-stalk cells རྒྱོང་ལག་ལ་མངོན་དུ་ཕྱོགས་པའི་ཐྲ་ཁུང་དག་གི་མངོན་དོས་རྣམ་པ།
Antibody-mediated immunity འགོག་གཟུགས་བརྒྱུད་པའི་ནད་འགོག་རང་བཞིན།
Antigen འགོག་ཟུངས་སྐྱེད་རྫས།
Antigen-presenting cells (APCs) འགོག་ཟུངས་སྐྱེད་རྫས་འདོན་པའི་ཐྲ་ཁུང་།
Aorta འཕར་རྒྱ་ཆེན་མོ།
Apex སྐྱིང་རྩེ།
Arteriole འཕར་རྒྱ་ཐྲ་མོ།
Artery འཕར་རྒྱ།
Auricle of left atrium གཡོན་ཀྱི་སྐྱིང་སྦུབས་སྐོང་ཀྱི་རྩ་གཞོག
Auricle of right atrium གཡས་ཀྱི་སྐྱིང་སྦུབས་སྐོང་ཀྱི་རྩ་གཞོག
Autocrine signaling རང་འཛིན་གཏོང་འགྲོས།
B-cells སྦི-ཐྲ་ཁུང་།
Biceps དཔུང་ཀང་ཤུ་ཟུང་།
B-immunocyte སྦི-ནད་འགོག་ཐྲ་ཁུང་།
Bladder ཁྲང་བྱ།
Blood vessel ཁྲག་རྒྱུགས་སྦུབས།
B-lymphocyte སྦི-ཆུ་སེར་ཐྲ་ཁུང་།
B-memory cell སྦི-དྲན་འཛིན་ཐྲ་ཁུང་།
Bone marrow ཀང་མར།
Bone ངུས་པ།
Brainstem ཐྲད་ཡུ། ཐྲད་ཞབས།
Breathing དབུགས་འབྱིན་རྟུབ་ཟྱེད་བཞིན་དུ།
Calcium དཀར་ཤམ། ཙོང་ཞི།
cAMP (Cycle adenosine monophosphate) འགྲོལ་སྐྱབ་ཨེ་ཨེམ་པི་འདུས་རྩལ།
Capillaries ཁྲག་རྩ་ཐྲ་མོ།
Carbohydrates ཁར་སྦོ་མངར་བཏུད། ས་ཆུའི་སྐྱིང་པོ།
Cardiac Muscle སྐྱིང་ཁམས་ཤ་ཁྱིམ།
Cardiovascular system སྐྱིང་རྩ་མ་ལག
CD 4 protein སི་ཏི་ཨ་སྦྱི་རྫས།
CD 8 protein སི་ཏི་ཨ་ཤ་སྦྱི་རྫས།
Cellular and Humoral immunity ཐྲ་ཁུང་དང་ཆུ་སེར་རིམ་པའི་ནད་འགོག་གནས་བབ།
Cellular immunity ཐྲ་ཁུང་རིམ་པའི་ནད་འགོག་ནུས་སྐོབས།
Central Sulcus དཀྱིལ་ཁྱི་ཐྲད་སུལ།
Cerebellum ཐྲད་སྐྱིང་།
Cervix མངལ་སྐོ།
Chemokines རྫས་ཐྲན་སྦྱི་རྫས།
Cholesterol མཁྲིས་ཁེག
Chymotrypsin ཁེ་མོ་ཏྲིའ་སིན་སྨིན་རྫས།
Circulatory system འགྲོལ་སྐྱབ་མ་ལག
Classical signaling སྒོལ་སྐྱབ་འདོད་ཆུལ་ཁྱི་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་འགྲོས།
Cleavage སྦུབས་འགྱུར་/འབྱེ་འགྱུར་དུས་རིམ།
Clonal expansion འབྲ་རྣམ་མཆེད་འཕེལ།
Clump ཙོམ་བྱ།
CO2 ཁར་སྦྱོན་འཚོ་སྐྱང་ཉེས་འགྱུར་སྐྱང་།
Conus arteriosus brevis གཡས་ཀྱི་སྐྱིང་སྦུབས་སྨད་ཀྱི་སྟུང་གཟུགས་ཆ་ཤས་ཐད་ཀྱི་འཕར་རྩ་ཐུང་དུ།
Convergence འདུས་སྒྱོར།
Cytokines བརྡ་སྦྱི།
Daughter nuclei I ན་ཆུང་ཕྲེ་རྡུལ་ཀྱི་རིགས་དང་པོ།
Dendritic branching བརྡ་ལེན་རྩ་ཐྲན་ཀྱི་ཚོག་འགྱེའུ་རྣམ་པ།
Dendritic cells ཚོག་ལག་ཐྲ་ཁུང་།
Deoxygenated འཚོ་སྐྱང་མི་ལྡན་པ།
Deoxyribose འཚོ་དབུགས་བྱལ་ཉེང་མངར་རྫས།
Diagonal artery འཐེད་ཀྱུག་འཕར་རྩ།
Diencephalon ཐྲད་རིམ་བར་མ།
Digestive system འདྲུ་བྱེད་མ་ལག
DNA replication རྀ་ཞེན་ཞེའི་ངོ་བཤུ་བྱེད་རིམ།
ecmA gene རིགས་རྫས་ཇི་སི་ཞེམ་ཞེ།
Ectoderm (External Layer) ཕྱི་ཤུན། (ཕྱི་ངོས་ཀྱི་བང་རིམ།)
Electron transport chain ཐྲོག་རྡུལ་སྐྱེལ་འཇེན་ཐེང་བ།
Endocrine signaling སྒོལ་སྐྱབ་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་འགྲོས།
Endocrine system ནང་རྩེན་མ་ལག
Endoderm ནང་ཤུན།
Endomysium ནང་སྐོགས་ཐུང་གྲྭ།

Enteric nervous system ཁྲོ་རྒྱུའི་དབང་ཚ་མ་ལག
Epide ལེབ་སྟེ།
Epidermis ཕྱི་པཱག།
Epiglottis ཨོལ་ལེབས།
Epimysium ཕྱི་སྐོགས་ཕྱང་གྱབ།
Epinephrine ཨེ་པ་ནེ་ཕི་རིན་ཆེན་གཤེར།
Epithelium ཤུན་ཙི།
Esophagus མིད་པ།
Estrogen མོའི་ཆེན་གཤེར།
Excretory system སྐྱིགས་འདོོར་མ་ལག
Extrinsic ཕྱི་རྣམ།
Fallopian tubes ལམས་དམར་འདེན་སྒྲག
Fascicle རྩེ་སྐུད་ཆུན་ཡོ།
Fats ཚིལ།
Fatty Acid Derivatives ཚིལ་སྐྱུར་ལས་དྲངས་པའི་དངོས་རྫས།
Fatty acids ཚིལ་ལྡན་སྐྱུར།
Fibrin (la) ཁྲག་ཚི།
Fibrinogen (l) ཁྲག་ཚི་འགྱབ་རྫས།
Folate ཙོ་ལེ་ཀེ། ལོ་ཆགས་སྐྱུར།
Frontal Lobe མདུན་གྱི་འདབ་མ།
Fructose ཟུ་ཏུ་མངར་རྫས།
Fruiting body འཕྲས་ཙོགས་ཁོང་བུ།
Germinal neuroepithelium cells ལྷད་ཚགས་དབང་ཆའི་ས་བོན་ཟླ་ཕྱང་། དབང་ཚ་སྒྲ་གུའི་ས་བོན་ཟླ་ཕྱང་།
Globin protein རླྀམ་སྦི།
Glucose སྐུ་ལྱ་མངར་རྫས།
Glycerol སྐྱི་ལི་སི་མངར་གཤེར།
Glycolysis སྒེ་ལ་ཡི་ཀོ་ལི་སི། སྒེ་ལ་ཡི་ཀོ་ཞེག་འགྱུར་རྒྱུད་རིམ།
Gonad (sex organ) སྐྲོ་ཆེན། མཚན་ཆེན།
Gonadotropin releasing hormone (GnRH) སོན་ཆེན་སྐྱལ་རྫས་སྐོད་ཅེད་ཆེན་རྫས། (སྐྱང་བྱིས་གྱ། ཏི་ཨེན་ཨར་ཨེ་ཆི། ཡང་ན། སོན་ཆེན་ཆེན་རྫས།)
Great cardiac vein སྙིང་གི་སྡོད་ཚ་ཆེན་པོ།
Guanine ཀུ་ཨ་ནིན།
Heme group ཏེ་མའི་སྟེ། ཏེམ་སྟེ།
Hemoglobin ཁྲག་དམར་རླྀམ་སྦི། ཁྲག་དམར་སྦི་རྫས།
Homologous chromosomes ཆོས་མཚུངས་པའི་ཆོས་ཕྱང་།
Humoral immunity ཆུ་ཞེར་རིམ་པའི་ནད་འགོག་ནུས་སྒོ་བས།
Hydrochloric acid ཏུ་ཡེ་ཇྷོ་ཀོ་ལོ་རིག་སྐྱུར་རྫས།
Immune cells ནད་འགོག་ཐ་ཕྱང་།
Immune system ནད་འགོག་མ་ལག
Immunoglobulins འགོག་སྦི་རླྀམ་གབྱགས། ནད་འགོག་སྦི་རྫས།
Infection གཉན་ཁ།
Interferons (IFN) ཐེ་ཚོགས་སྦི་རྫས།
Interleukin (IL) དཀར་ཕྱང་ཐྱེ་སྦི།
Interphase བར་མཚམས་ཀྱི་ཐུན། བར་ངོ་།
Intrinsic ནང་རྣམ།
Jaw འགྲམ་པ། ཡ་མགལ་མ་མགལ།
Kidney མཁལ་མ།
Killer T-cells ཏེ-གཤེན་རྡེ་ཐ་ཕྱང་།
KREBS CYCLE ཀེ་རེབ་སི་རྒྱུན་འཁོར།
Larynx opening into pharynx གེ་བ་དང་མཆུ་ལ་སྒེལ་བའི་ཞེ་ཁུང་།
Larynx གེ་བ།
Lateral Fissure གཞོགས་སྤུབས།
Lateral View ལོགས་ངོས་ཀྱི་རྣམ་པ།
Left coronary artery སྙིང་གཡོན་འཕར་རྩ།
Left marginal artery མཐའ་ཁབས་ཀྱི་འཕར་རྩ་གཡོན་པ།
Left pulmonary artery སྤྲོ་བའི་འཕར་རྩ་གཡོན་པ།
Left ventricle གཡོན་ཀྱི་སྙིང་སྤུབས་སྣད།
Leukotrienes ལྱ་ཀ་ཏྲ་ཡིན་ཆེན་གཤེར།
Lipase ལི་ཚིལ་སྦེན་རྫས།
Lips མཆུ།
Lung Cell སྤྲོ་བའི་ཐ་ཕྱང་།
Lutenizing hormone སྐྱི་ཁྲག་ཞེར་རིལ་ཆེན་གཤེར།
Lymphokines ཆེན་འདྲས་ཐོན་རྫས།
Macrophage རགས་ཅ་ཐ་ཕྱང་།
Medial View དཀྱིལ་ཆ་ཡི་རྣམ་པ།
Meiosis I (1st meiotic division) སྐྱེད་ཕྱང་བཞི་ཤེས་ཅེད་རིམ་གྱི་འཁོར་ཐེངས་དང་པོ།
Meiosis II (2nd meiotic division) སྐྱེད་ཕྱང་བཞི་ཤེས་ཅེད་རིམ་གྱི་འཁོར་ཐེངས་གཉིས་པ།
Mesencephalon དབུས་གནས་ཐྲད་ཆ།
Mesoderm (Middle Layer) བར་ཤུན། (དཀྱིལ་ངོས་ཀྱི་བང་རིམ།)
Metencephalon ཐྲད་རིམ་ཏོག་མ།
Mitosis སྐྱེད་ཕྱང་ཉེས་ཤེས་ཅེད་རིམ།
Monocytes གཅིག་ལྡན་ཐ་ཕྱང་།
Muscle fiber ཤ་གནད་ཙེད་སྐྱེད།
Muscular system ཤ་གནད་མ་ལག
Myelencephalon ཐྲད་པའི་རྩེས་ཞེས།
Myosin ཤིམ་སྦི།
Nasal cavity སྣ་བུག
Nervous system དབང་ཚ་མ་ལག
Neural crest དབང་ཆའི་རེ་བ།
Neural fold དབང་ཆའི་ཉེག དབང་ཆའི་སྐུལ།
Neural plate border དབང་ཆའི་སྐྱན་མཚམས།
Neural plate དབང་ཆའི་སྐྱན།
Neural tube དབང་ཆའི་སྒུ་ཀུ།
Neuroendocrine signaling དབང་རྩེན་བརྡ་འཕྲིན་གཏོང་འགྲོས།
Neurogenesis དབང་ཚ་གསར་སྐྱེ།
Neutrophils བར་ལེན་ཐ་ཕྱང་།
O2 འཚོ་རླུང་ཉེས་འགྱུར།

Occipital Lobe ལྟག་པའི་འདུབ་མ།
Oral cavity ལེའི་བྱ་གེ
Ovaries མོའི་བསམ་བསེལ་ཟུ།
Oxygenated འཚོ་རླུང་ལྡན་པ།
Palate ཡ་ཀན།
Pancreatic Cell གཤེར་རྩེན་ཐལ་ཐུང་།
Paracrine signaling ཉེ་འཕྲིན་གཏོང་འགྲོས།
Parietal Lobe གཙུག་གི་འདུབ་མ།
Pepsin པེབ་སིན་སྨིན་རྩལ།
Peptide Hormones སྣེ་རྡེ་རྩེན་རྩལ།
Pericardium (cut away) ཕྱི་གཡོགས་སྐྱི་ཁྲག
Perimysium ཚག་འགྲིལ་ཐུང་གྲྭབ།
Pharynx མཆུ་ལ་པ།
Phosphate འོད་ཀྱི་མ་མ་ཅན།
Pigment Cell ཚོན་རྡེ་ཐལ་ཐུང་།
Posterior pre-spore cells སོན་ཕྱེ་ལ་མངོན་དུ་སྐྱོགས་པའི་ཐལ་ཐུང་དག་གི་རྒྱབ་ངོས་རྣམ་པ།
Primary auditory cortex ཐོས་ཚོར་ཀྱི་སྤུ་རིམ་གླང་ཁྲན།
Primary spermatocyte ཕེག་རྩལ་དང་པོ།
Progesterone རྐྱེ་གྲོགས་རྩེན་གཤེར།
Prolactin སྤྲོ་རོ་ལེག་ཉེན་རྩེན་གཤེར།
Proteins སྣེ་རྩལ།
Prothrombin (II) ཁྲག་ཚོ་སྐྱལ་རྩལ་ཀྱི་རྒྱུ།
Pulmonary circulation སྤྲོ་སྐྱིང་ཁྲག་འགྲོར།
Pulmonary trunk སྤྲོ་བའི་སྒོང་ཀང་།
Pyruvate སྤྱ་ཡི་རུ་ཝེའ་སྐྱུར་རྩལ།
Red Blood Cells ཁྲག་དམར་ཁ་ཐུང་།
Reproductive system རྐྱེ་འཕེལ་མ་ལག
Respiratory system འབྱིན་རླབ་མ་ལག
Ribose རི་སྦྲོ་མངར་རྩལ།
Right atrium གཡས་ཀྱི་སྐྱིང་སྦུབས་སྐོད།
Right coronary artery སྐྱིང་གཡས་འཕར་ཚ།
Right marginal artery མཐའ་ཞབས་ཀྱི་འཕར་ཚ་གཡས་པ།
Right ventricle གཡས་ཀྱི་སྐྱིང་སྦུབས་སྨད།
Right ventricular artery and vein གཡས་ཀྱི་སྐྱིང་སྦུབས་སྨད་ཀྱི་འཕར་ཚ་དང་སྒོད་ཚ།
Sea urchins རྒྱ་མཆོའི་ཡཀྱ།
Secondary spermatocyte ཕེག་རྩལ་གཉིས་པ།
Single cells ཐལ་ཐུང་ཆུང་གཟུགས།
Skeletal Muscle Cells རུས་པར་སྦྱོལ་བའི་ཤ་གྲིམ་ཐལ་ཐུང་།
Skeletal system རུས་སྤྲོམ་མ་ལག
Skin Cells of Epidermis ཕྱི་པགས་ཀྱི་ཐལ་ཐུང་།
Skin སྐྱི་ཁྲགས།
Slug སྐྱོགས་འདུ།
Smooth Muscle (in Gut) འཇམ་པའི་ཤ་གྲིམ། (ཁྲོད་པའི་ནང་།)
Somites དུམ་ཚ།
Sperm ལཨས་དཀར་པོ།
Spermatids ལཨས་དཀར་ལཨས་སྒྲུག
Spermatogonium ལཨས་དཀར་ས་བོན།
Spinal cord རྒྱང་པ།
Spore cells སོན་ཕྱེ་ཐལ་ཐུང་།
Spore release སོན་ཕྱེ་ཕྱིར་འབྱིན་པ།
Stalk cells རྐྱོང་ལག་ཐལ་ཐུང་།
Steroid Hormones སྟེལ་རྒྱར་རྩེན་རྩལ།
Sucrose སུ་ཁྲུ་མངར་རྩལ།
Sugars ཀ་ར།
Superior vena cava ཁོག་སྟོད་སྒོད་ཚ།
Systemic circulation མ་ལག་ཁྲག་འགྲོར།
T-cells ཏེ-ཐལ་ཐུང་།
Telencephalon གླད་རིམ་གོང་མ།
Temporal Lobe རྩ་ལྟག་འདུབ་མ།
Tendon ཆུ་བ།
Testosterone ཙོའི་རྩེན་གཤེར།
T-helper ཏེ-རོགས་འདེགས་ཐལ་ཐུང་།
Thrombin (IIa) ཁྲག་ཚོ་སྐྱལ་རྩལ།
Thymus ཐང་རྩེན།
Thyroid Cell ཨོལ་མདུད་ཐལ་ཐུང་།
T-immunocyte ཏེ-ནད་འགོག་ཐལ་ཐུང་།
Tissue cells ཐུང་གྱུབ་ཐལ་ཐུང་།
T-lymphocyte ཏེ-ཆུ་སེར་ཐལ་ཐུང་།
T-memory cell ཏེ-དན་འཛིན་ཐལ་ཐུང་།
Tongue ལྕེ།
Triceps དཔུང་ཀང་ཉུ་གསུམ།
Tropomyosin འཇུར་གྲིམ།
Troponin འཇུར་སྤྲི།
Trypsin ཏེབ་སིན་སྨིན་རྩལ།
T-suppressor ཏེ-མགོ་གནོན་ཐལ་ཐུང་།
Tubule Cell of the Kidney མཁལ་མའི་སྐྱག་ཆུང་ཐལ་ཐུང་།
Tumor Necrosis Factor (TNF) སྐྲན་རྒྱ་འཛོམས་སྤྲི།
Two diploid cells ཟུང་ལྡན་ཐལ་ཐུང་གཉིས།
Ureter གཅིན་འཇེན་སྐྱ་ཀྱ།
Urethra གཅིན་ལམ།
Urinary system གཅིན་འདོན་མ་ལག
Uterus བུ་སྐོད།
Vein སྒོད་ཚ།
Venule སྒོད་ཚ་ཐལ་མོ།
Viral replication དུག་སྲིན་ངོ་བཤུའི་ཅེད་རིམ།
Vitamin B12 བཅུད་སྨན་སྤྲི་༡༢