eBook

โอเดียนสโตร์

โภชนศาสตร์เบื้องต้น

ดร.นิธิยา รัตนาปนนท์
ดร.วิบูลย์ รัตนาปนนท์

โภชนศาสตร์เบื้องต้น

เรียบเรียงโดย

ดร.นิธิยา รัตนาปนนท์

และ

ดร.วิบูลย์ รัตนาปนนท์

สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์

วังบูรพา : 860-862 ถนนมหาไชย แขวงวังบูรพาภิรมย์ เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร 10200
โทร. 0-2221-0742, 0-2221-6567 แฟ็กซ์ 0-2225-3300

ปิ่นเกล้า : 1/35-39 ถนนบรมราชชนนี แขวงอรุณอมรินทร์ เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร 10700
โทร. 0-2434-8814-5 แฟ็กซ์ 0-2424-0152

โภชนศาสตร์เบื้องต้น

ดร.นิธิยา รัตนาปนนท์ และ **ดร.วิบูลย์ รัตนาปนนท์**

ราคา 150 บาท

จัดทำเป็นฉบับ E-Book ครั้งที่ 1 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2568

• *หนังสือเล่มนี้สงวนสิทธิ์ตาม พ.ร.บ. ลิขสิทธิ์ พุทธศักราช 2558*
ห้ามผู้ใดพิมพ์ซ้ำ ลอกเลียน ส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้
ไม่ว่าในรูปแบบใด ๆ นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรเท่านั้น •

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ
National Library of Thailand Cataloging in Publication Data

นิธิยา รัตนาปนนท์.
โภชนศาสตร์เบื้องต้น.--กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2568.
392 หน้า.
1. โภชนาการ. I. วิบูลย์ รัตนาปนนท์, ผู้แต่งร่วม. II. ชื่อเรื่อง.
641.1
ISBN (e-book) 978-616-538-341-7

ผู้จัดพิมพ์และจัดจำหน่าย สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์

บรรณาธิการบริหาร : ประสาร สันติวัฒนา **บรรณาธิการ** : ภูสิทธิ พลายชมภู **กองบรรณาธิการ** : สนธยา ราษีทอง ธิติมา เพ็ชรศรี **พิสูจน์อักษร** : จิระภรณ์ ศักดิ์แก้ว **ฝ่ายศิลปกรรม** : กองสุพันธ์ ขวาเปาะ ประยง อ่อนแสง ปัญญา ผูกสินธ์ เอกพันธ์ ขวาเปาะ **รูปเล่มและอาร์ตเวิร์ค** : ชัยวัฒน์ แก้วกู่ **เรียงพิมพ์** : ณศวรรณ พลสมัคร **ออกแบบปก** : ธีรพล ศรีสวัสดิ์ **ประสานงานการผลิต** : ปิยะวัลย์ พันธ์แจ่ม กัญญา วงค์ภาคำ อรณา คงสุวรรณ์

สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ขอเรียนเชิญครู-อาจารย์และบุคคลทั่วไปทุกท่านที่สนใจในงานเรียบเรียงการเขียนเอกสารประกอบการสอน เอกสารคำสอน ตำรา หนังสือ รายงานการพัฒนา นวัตกรรม งานประดิษฐ์ รวมทั้งผลงานทางวิชาการทุกสาขา และมีผู้ทรงคุณวุฒิตรวจผลงานถูกต้องตามหลักวิชาการให้อีกด้วย ทั้งนี้ให้ส่งสำเนาต้นฉบับ ประวัติ สถานที่ทำงาน เบอร์โทรศัพท์ ที่อยู่สามารถติดต่อได้สะดวกมาในนาม **บรรณาธิการ สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ 1/35-39 ถนนบรมราชชนนี แขวงอรุณอมรินทร์ เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร 10700**

ในกรณีที่ท่านต้องการซื้อเป็นจำนวนมาก เพื่อใช้ในการสอน การฝึกอบรม และส่งเสริมการขาย เป็นต้น กรุณาติดต่อสอบถามราคาพิเศษได้ที่ สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ทุกสาขา : **สาขาปิ่นเกล้า** โทร. 0-2434-8814-5; **สาขาวังบูรพา** โทร. 0-2221-0742, 0-2221-6567

คำนำ

หนังสือ **โภชนศาสตร์เบื้องต้น** ได้จัดพิมพ์ขึ้นครั้งแรกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537 ซึ่งผ่านมานานกว่า 20 ปีแล้ว จึงได้นำมาปรับปรุงและเพิ่มเติมเนื้อหาในบางหัวข้อให้มากขึ้น รวมทั้งได้ตัดเนื้อหาบางส่วนออกไปด้วย และได้แก้ไขคำศัพท์วิทยาศาสตร์ตรงตามพจนานุกรมศัพท์วิทยาศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน เป็นสำคัญ

เนื่องจากความรู้ทางด้านโภชนศาสตร์มีความสำคัญมากและจำเป็นต่อทุกๆ คน เพื่อจะได้นำความรู้ไปใช้ในการเลือกอาหารบริโภคให้เหมาะสมกับสุขภาพของตนเอง เพราะอาหารจะช่วยทำให้ร่างกายแข็งแรงมีสุขภาพดี และช่วยป้องกันโรคต่างๆ ที่มีสาเหตุมาจากการบริโภคอาหารไม่ถูกต้องตามหลักโภชนาการได้ ซึ่งหากคนเราไม่ให้ความสำคัญในการเลือกอาหารบริโภคให้ถูกต้องและเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย จะส่งผลเสียต่อร่างกายในระยะยาว และเป็นจุดเริ่มต้นที่ทำให้เกิดโรคเรื้อรังต่างๆ ได้ง่าย ส่งผลให้เกิดโรคแทรกซ้อนตามมาในภายหลังอีกด้วย การขาดสารอาหารแต่ละชนิดจะส่งผลเสียทำให้เกิดโรคเฉพาะ เช่น การขาดวิตามินบีหนึ่งทำให้เป็นโรคเหน็บชา การขาดวิตามินเอเป็นระยะเวลานานทำให้เป็นโรคตาบอดกลางคืน หรือการขาดไอโอดีนทำให้เกิดโรคคอพอก เป็นต้น

หนังสือเล่มนี้มีเนื้อหาประกอบด้วยเรื่อง ส่วนประกอบของร่างกาย พฤติกรรมการกินอาหาร อาหารและสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย พลังงานที่ร่างกายต้องการ กระบวนการย่อยและการดูดซึมสารอาหาร สารอาหารแต่ละชนิดที่จำเป็นต่อร่างกาย ได้แก่ น้ำ คาร์โบไฮเดรต ลิพิด โปรตีน การประเมินคุณภาพของโปรตีน แร่ธาตุต่างๆ วิตามินต่างๆ อาหารของกลุ่มบุคคลพิเศษ (ทารก เด็กวัยก่อนเรียน หญิงมีครรภ์ หญิงให้นมบุตร และคนสูงอายุ) รวมทั้งการประเมินภาวะทางโภชนาการ

ผู้เรียบเรียงหวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อนักศึกษาคหกรรมศาสตร์และอาชีวศึกษา รวมทั้งผู้สนใจที่ให้ความสำคัญในการเลือกบริโภคอาหารที่มีประโยชน์และปลอดภัยต่อร่างกาย เพื่อให้ร่างกายแข็งแรง มีสุขภาพดี และดำรงชีวิตได้มีอายุยืนยาวตลอดไป

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เพ็ญศิริ ศรีบุรี ที่ช่วยตรวจทานต้นฉบับ คุณตระกูล พรมจักร และคุณปัฐมาภรณ์ กองเจริญ ที่ช่วยจัดทำดัชนีคำ

ดร. นิธิยา รัตนาปนนท์
ดร. วิบูลย์ รัตนาปนนท์

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 บทนำ 1

บทที่ 2 ส่วนประกอบของร่างกาย 3

ส่วนประกอบของร่างกายระดับอะตอม 3

ส่วนประกอบของร่างกายระดับโมเลกุล 4

ส่วนประกอบของร่างกายระดับเซลล์ 8

ส่วนประกอบของร่างกายระดับเนื้อเยื่อ 9

ส่วนประกอบระดับร่างกาย 11

ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบของร่างกายแต่ละระดับ 11

เอกสารประกอบการเรียบเรียง 12

บทที่ 3 น้ำและอิเล็กโทรไลต์ในร่างกาย 13

การกระจายตัวของน้ำในร่างกาย 13

อิเล็กโทรไลต์ในร่างกาย 15

การรักษาภาวะสมดุลของอิเล็กโทรไลต์ 16

ภาวะสมดุลของน้ำในร่างกาย 16

ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลของน้ำในร่างกาย 17

หน้าที่ของน้ำในร่างกาย 18

ความต้องการน้ำของร่างกาย 18

ปัจจัยที่ทำให้ร่างกายต้องการน้ำมากกว่าปกติ 19

ปริมาณน้ำในอาหาร 20

อาการที่เกิดขึ้นเมื่อร่างกายขาดน้ำและได้รับน้ำมากเกินไป 21

เอกสารประกอบการเรียบเรียง 22

บทที่ 4 พฤติกรรมการกินอาหาร 23
การควบคุมการกินอาหาร 23
ความหิว ความอิ่ม และความอยากกิน 24
กลไกการเกิดความหิว 25
ขั้นตอนการควบคุมความหิว ความอยากกิน และความอิ่ม 26
ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการกิน 27
เอกสารประกอบการเรียบเรียง 30

บทที่ 5 อาหารและสารอาหาร 31
หน้าที่ของสารอาหารในร่างกาย 31
สารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย 33
อาหารปรุงและอาหารปรุงสมดุล 35
อาหารหลัก 5 หมู่ สำหรับคนไทย 35
โภชนบัญญัติ 9 ประการ 37
วิธีการสำรวจตนเองว่ากินอาหารในแต่ละวันครบ 5 หมู่หรือไม่ 38
Food Pyramid และ MyPyramid 43
เอกสารประกอบการเรียบเรียง 44

บทที่ 6 ความต้องการพลังงานของร่างกาย 45
หน่วยของพลังงาน 46
ค่าพลังงานของสารอาหาร 47
วิธีคำนวณพลังงานจากสารอาหาร 49
ค่าพลังงานของอาหาร 50
ความหนาแน่นของพลังงาน 52
การสะสมพลังงานในร่างกาย 52
เมแทบอลิซึมพื้นฐาน 53
ปัจจัยที่มีผลต่อค่า BMR 54
Thermic effect หรือ Specific Dynamic Action (SDA) ของอาหาร 59
ความต้องการพลังงานสำหรับทำกิจกรรม 60
ภาวะสมดุลของพลังงาน 63

จำนวนพลังงานทั้งหมดที่ร่างกายต้องการ 63
วิธีคำนวณหาจำนวนพลังงานที่ร่างกายต้องการ 68
การควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย 70
เอกสารประกอบการเรียบเรียง 72

บทที่ 7 กระบวนการย่อยและการดูดซึมอาหาร 73
อวัยวะในระบบทางเดินอาหาร.....73
กระบวนการย่อยอาหาร 74
การย่อยในช่องปาก 75
การย่อยในกระเพาะอาหาร 77
การย่อยในลำไส้เล็ก 81
น้ำดี 82
น้ำย่อยจากตับอ่อน 85
น้ำย่อยจากลำไส้เล็ก 88
สารโมเลกุลเดี่ยวที่ได้จากกระบวนการย่อยอาหาร 89
การเคลื่อนย้ายสารอาหารในระบบทางเดินอาหาร.....89
กระบวนการดูดซึมสารอาหาร 89
กลไกของการดูดซึมสารอาหาร.....91
การดูดซึมคาร์โบไฮเดรต.....92
การดูดซึมลิพิด 94
การดูดซึมกรดแอมิโนและโปรตีน 95
ลำไส้ใหญ่ 96
เอกสารประกอบการเรียบเรียง 99

บทที่ 8 คาร์โบไฮเดรต..... 101
คาร์โบไฮเดรตคืออะไร..... 101
การจำแนกชนิดของคาร์โบไฮเดรต..... 102
คุณค่าทางโภชนาการของคาร์โบไฮเดรต..... 103
แหล่งของอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรต..... 104
การย่อยคาร์โบไฮเดรต 104

สมบัติของน้ำตาล 105
การดูดซึมของคาร์โบไฮเดรต 107
ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดซึมของคาร์โบไฮเดรต 107
ระดับของน้ำตาลในเลือด 108
เมแทบอลิซึมของน้ำตาลกลูโคส 111
หน้าที่ของคาร์โบไฮเดรต 114
เมแทบอลิซึมของน้ำตาลฟรักโทสและกาแล็กโทส 116
เส้นใยอาหาร 117
เอกสารประกอบการเรียบเรียง 119

บทที่ 9 ลิพิด 121
ลิพิดคืออะไร 121
กรดไขมัน 122
แหล่งของลิพิดในอาหาร 123
คอเลสเตอรอล 124
การย่อยลิพิด 126
การดูดซึมและการขนย้ายลิพิด 126
เมแทบอลิซึมของไตรกลีเซอไรด์ 130
การสะสมลิพิด 133
ไขมันพอกตับ 133
คีโทนบอดีส์ 134
หน้าที่ของลิพิด 136
ปริมาณไขมันที่ควรบริโภค 137
เอกสารประกอบการเรียบเรียง 138

บทที่ 10 โปรตีน 139
โปรตีนคืออะไร 139
การจำแนกชนิดของโปรตีน 140
สมบัติของโปรตีน 140
โปรตีนในร่างกาย 141
การย่อยและการดูดซึม 142
กรดแอมิโน 144

ชนิดของกรดแอมิโน 145
เมแทบอลิซึมของกรดแอมิโน 147
แหล่งของอาหารที่ให้โปรตีน 149
หน้าที่ของโปรตีน 153
การผันเวียนของโปรตีน 156
ภาวะสมดุลของไนโตรเจน 158
ความต้องการโปรตีนของร่างกาย 159
เอกสารประกอบการเรียบเรียง 162

บทที่ 11 การประเมินคุณภาพของโปรตีน 163
คุณภาพของโปรตีน 163
คุณภาพของโปรตีนจากพืช 164
การประเมินคุณภาพของโปรตีน 166
เอกสารประกอบการเรียบเรียง 174

บทที่ 12 แร่ธาตุ 175
หน้าที่ของแร่ธาตุ 175
ความเป็นพิษของแร่ธาตุ 178
แคลเซียม 178
ฟอสฟอรัส 186
โซเดียม 189
โพแทสเซียม 192
คลอรีน 194
แมกนีเซียม 195
กำมะถัน 198
เหล็ก 199
ไอโอดีน 207
สังกะสี 210
ทองแดง 214
แมงกานีส 215

โครเมียม 216
ฟลูออรีน 217
โคบอลต์ 219
โมลิบดีนัม 219
ซีลีเนียม 220
โบรอน 222
เอกสารประกอบการเรียบเรียง 224

บทที่ 13 วิตามินที่ละลายในไขมัน 225
วิตามินคืออะไร 225
การจำแนกชนิดของวิตามิน 226
ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้วิตามินของร่างกาย 227
วิตามินเอ 228
แคโรทีนอยด์ 229
วิตามินดี 240
วิตามินอี 246
วิตามินเค 251
เอกสารประกอบการเรียบเรียง 256

บทที่ 14 วิตามินที่ละลายในน้ำ 259
วิตามินบีหนึ่ง 259
วิตามินบีสอง 268
วิตามินบีหก 271
ไนอะซิน 273
วิตามินบีสิบสอง 276
กรดโฟลิก 279
กรดแพนโททีนิก 282
ไบโอติน 285
อิโนซิทอล 288
วิตามินซี 288
เอกสารประกอบการเรียบเรียง 296

บทที่ 15 โภชนาการของบุคคลปกติในภาวะพิเศษ 297
อาหารสำหรับเด็กทารก 297
อาหารสำหรับเด็กวัยก่อนเรียน 311
อาหารสำหรับหญิงตั้งครรภ์ 312
อาหารสำหรับหญิงให้นมบุตร 318
อาหารสำหรับคนสูงอายุ 319
เอกสารประกอบการเรียบเรียง 328

บทที่ 16 การประเมินภาวะโภชนาการ 329
ระบบการประเมินภาวะโภชนาการ 329
A. การวัดขนาด น้ำหนัก และส่วนสูงของร่างกาย 330
B. การประเมินภาวะโภชนาการโดยวิธีทางชีวเคมี 346
C. การประเมินภาวะโภชนาการโดยวิธีตรวจร่างกายทางคลินิก 352
D. การสำรวจภาวะการบริโภคอาหาร 354
เอกสารประกอบการเรียบเรียง 362

ดัชนีคำ 363

ประวัติผู้เรียบเรียง 369

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารประกอบอินทรีย์ในร่างกาย 4
ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างรูปแบบความสัมพันธ์ของส่วนประกอบของร่างกาย ที่ระดับต่าง ๆ (หน่วยเป็นกิโลกรัม) 9
ตารางที่ 2.3 ส่วนประกอบของร่างกายระดับเนื้อเยื่อของผู้ชายปกตินำ้หนัก 70 กิโลกรัม 10
ตารางที่ 2.4 ส่วนประกอบของร่างกาย 4 ระดับแรก 12
ตารางที่ 3.1 การกระจายตัวของน้ำในส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย 14
ตารางที่ 3.2 ชนิดและปริมาณของอิเล็กโทรไลต์ที่อยู่ในของเหลวภายในเซลล์และ ของเหลวภายนอกเซลล์ทั้งที่เป็นไอออนประจุบวกและไอออนประจุลบ 15
ตารางที่ 3.3 ปริมาตรน้ำที่ร่างกายได้รับและที่ขับออกจากร่างกายในคนปกติ 17
ตารางที่ 3.4 ปริมาณน้ำในส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย 19
ตารางที่ 3.5 ปริมาณน้ำในอาหารบางชนิด 20
ตารางที่ 5.1 สารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย 34
ตารางที่ 6.1 ค่าพลังงานที่ได้รับจากสารอาหาร 49
ตารางที่ 6.2 ค่าพลังงานของอาหารชนิดต่าง ๆ 51
ตารางที่ 6.3 ค่า BMR ต่อตารางเมตรของพื้นที่ผิวของคนในแต่ละช่วงอายุ 55
ตารางที่ 6.4 ความแตกต่างของอายุและเพศที่มีผลต่อค่า BMR (กิโลแคลอรีต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง) 58
ตารางที่ 6.5 ค่า BMR ของคนในแต่ละช่วงอายุ 58
ตารางที่ 6.6 จำนวนพลังงานที่ใช้ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ (ไม่รวมพลังงาน BMR) 60
ตารางที่ 6.7 จำนวนพลังงานโดยประมาณที่ใช้ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ (รวมพลังงาน BMR) 61
ตารางที่ 6.8 จำนวนพลังงานโดยประมาณที่ใช้ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ (ไม่รวมพลังงาน BMR) 62
ตารางที่ 6.9 จำนวนพลังงานที่เด็กแต่ละช่วงอายุควรได้รับ 64

ตารางที่ 6.10 จำนวนพลังงานโดยประมาณที่ใช้ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ (รวมค่า BMR และ SDA).....65
ตารางที่ 6.11 จำนวนพลังงานที่ร่างกายต้องการผันแปรตามน้ำหนักตัว 66
ตารางที่ 6.12 จำนวนพลังงานที่คนแต่ละช่วงอายุควรได้รับ 67
ตารางที่ 7.1 กระบวนการย่อยสารอาหาร คาร์โบไฮเดรต ลิพิด และโปรตีน 75
ตารางที่ 7.2 สารประกอบอนินทรีย์ที่พบในน้ำลาย.....76
ตารางที่ 7.3 ตำแหน่งในระบบทางเดินอาหารที่สารอาหารชนิดต่าง ๆ ถูกดูดซึม.....93
ตารางที่ 8.1 ชนิดและแหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่ร่างกายใช้ประโยชน์ได้ 103
ตารางที่ 8.2 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในอาหารชนิดต่าง ๆ..... 104
ตารางที่ 8.3 การเปรียบเทียบรสหวานของน้ำตาลบางชนิด 106
ตารางที่ 8.4 ปริมาณเส้นใยอาหารในอาหารผลไม้บางชนิด (กรัมต่อ 100 กรัมส่วนที่บริโภคได้) 118
ตารางที่ 9.1 ปริมาณกรดไขมันในไขมันและน้ำมันบางชนิด 123
ตารางที่ 9.2 ปริมาณไขมันและน้ำมันในอาหารบางชนิด..... 124
ตารางที่ 9.3 ปริมาณคอเลสเตอรอลในอาหารบางชนิด 125
ตารางที่ 9.4 สมบัติและส่วนประกอบของลิโพโปรตีนชนิดต่าง ๆ 129
ตารางที่ 9.5 ชนิดและปริมาณของลิพิดในพลาสมาของคนปกติ 129
ตารางที่ 10.1 สูตรโครงสร้างโมเลกุลของกรดแอมิโนแต่ละชนิด 144
ตารางที่ 10.2 การจำแนกชนิดของกรดแอมิโนตามความต้องการของร่างกาย และตามวิถีเมแทบอลิซึม..... 146
ตารางที่ 10.3 ปริมาณของกรดแอมิโนจำเป็นที่ร่างกายควรได้รับ..... 147
ตารางที่ 10.4 ปริมาณโปรตีนในอาหารชนิดต่าง ๆ..... 151
ตารางที่ 10.5 ชนิดและปริมาณของกรดแอมิโนจำเป็นในไข่ทั้งฟอง และที่ร่างกายต้องการ 152
ตารางที่ 10.6 ชนิดและปริมาณกรดแอมิโนที่อยู่ในโปรตีนจากพืชและสัตว์..... 153
ตารางที่ 10.7 ปริมาณสารประกอบไนโตรเจนและโปรตีนที่ขับออกจาก ร่างกายทางปัสสาวะตามปกติ..... 158
ตารางที่ 10.8 ชนิดและปริมาณของกรดแอมิโนจำเป็น (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัวต่อวัน) ที่ร่างกายจำเป็นต้องได้รับของคนแต่ละช่วงอายุ..... 160
ตารางที่ 10.9 ปริมาณโปรตีนที่ร่างกายควรได้รับในแต่ละช่วงอายุ 161

ตารางที่ 11.1 ปริมาณกรดแอมิโนจำเป็นที่มีอยู่ในโปรตีนบางชนิด (มิลลิกรัมต่อกรัมของไนโตรเจน) เปรียบเทียบกับปริมาณที่ร่างกายต้องการและค่า protein score 167
ตารางที่ 11.2 กรดแอมิโนจำกัดของโปรตีนในอาหารบางชนิด 168
ตารางที่ 11.3 เปรียบเทียบชนิดและปริมาณของกรดแอมิโนจำเป็นที่เป็นองค์ประกอบในโปรตีนไข่และโปรตีนข้าวโอ๊ต 169
ตารางที่ 11.4 คุณภาพของโปรตีนในอาหารบางชนิด 171
ตารางที่ 12.1 แร่ธาตุแต่ละกลุ่มที่พบในร่างกาย 176
ตารางที่ 12.2 ปริมาณแร่ธาตุแต่ละชนิดที่พบในร่างกาย 177
ตารางที่ 12.3 ปริมาณกรดออกซาลิกในอาหาร 181
ตารางที่ 12.4 ปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัสในอาหารบางชนิด (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) 185
ตารางที่ 12.5 ปริมาณโซเดียมและโพแทสเซียมในอาหารบางชนิด (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของส่วนที่บริโภคได้) 191
ตารางที่ 12.6 สารเติมแต่งอาหารที่มีโซเดียมอยู่ในโมเลกุล 192
ตารางที่ 12.7 ปริมาณแมกนีเซียมในอาหารบางชนิด (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) 197
ตารางที่ 12.8 ปริมาณเหล็กในส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย 200
ตารางที่ 12.9 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการดูดซึมเหล็กที่อยู่ในรูปฮีมและไม่ได้อยู่ในรูปฮีม 203
ตารางที่ 12.10 ปริมาณเหล็กในอาหารบางชนิด (มิลลิกรัมต่อ100 กรัม) 206
ตารางที่ 12.11 ปริมาณสังกะสีในอาหารบางชนิด (มิลลิกรัมต่อ100 กรัม) 213
ตารางที่ 13.1 ปริมาณวิตามินเอที่ควรได้รับต่อวัน (ไมโครกรัม RE) 235
ตารางที่ 13.2 ปริมาณเรตินอลในอาหารบางชนิด 237
ตารางที่ 13.3 ปริมาณวิตามินดีในอาหารบางชนิด 243
ตารางที่ 13.4 คุณค่าทางชีวภาพของวิตามินอี 250
ตารางที่ 13.5 ปริมาณวิตามินเคที่ร่างกายต้องการ 254
ตารางที่ 13.6 ปริมาณวิตามินเคในอาหารบางชนิด 255
ตารางที่ 14.1 ปริมาณวิตามินบีหนึ่งในอาหารบางชนิด 265
ตารางที่ 14.2 การสูญเสียวิตามินบีหนึ่งระหว่างการเก็บรักษาอาหารบรรจุกระป๋อง 266
ตารางที่ 14.3 ปริมาณวิตามินบีสองในอาหารบางชนิด 270

ตารางที่ 14.4 ผลของการหุงต้มต่อความคงตัวของโฟเลตในผักบางชนิด 282
ตารางที่ 14.5 ปริมาณกรดแพนโททีนิกในอาหารบางชนิด 284
ตารางที่ 14.6 ปริมาณวิตามินซีในผักและผลไม้สดชนิดต่าง ๆ 293
ตารางที่ 15.1 ปริมาณสารอาหารต่าง ๆ ที่บุคคลแต่ละกลุ่มควรได้รับ 298
ตารางที่ 15.2 ส่วนประกอบของน้ำนมแม่และน้ำนมวัว (ต่อ 100 มิลลิลิตร)..... 301
ตารางที่ 15.3 Recommended Dietary Allowance สำหรับทารก..... 306
ตารางที่ 15.4 เปรียบเทียบปริมาณสารอาหารในอาหารเสริมแต่ละสูตรกับมาตรฐาน
สูตรอาหารเสริมสำหรับเด็กทารก (ปริมาณต่อ 100 กิโลแคลอรี่)..... 309
ตารางที่ 15.5 เปรียบเทียบปริมาณกรดแอมิโนจำเป็นในอาหารเสริมกับความต้องการ
ของเด็กทารกอายุระหว่าง 6-12 เดือน (มิลลิกรัมต่อกรัมโปรตีน)..... 310
ตารางที่ 15.6 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการยืนยาวของชีวิตทั้งทางบวกและทางลบ..... 324
ตารางที่ 16.1 ระดับของภาวะทุพโภชนาการที่เกิดขึ้นและวิธีการที่ใช้ประเมิน..... 330
ตารางที่ 16.2 การวัดส่วนต่าง ๆ ของร่างกายในแต่ละช่วงอายุ..... 332
ตารางที่ 16.3 มาตรฐานความยาวรอบศีรษะและรอบอก
ของเด็กตั้งแต่อายุแรกเกิดถึง 5 ปี 341
ตารางที่ 16.4 มาตรฐานความหนาของผิวหนังที่ด้านหลังแขน (triceps skin-fold)
ของเด็กช่วงอายุต่าง ๆ และผู้ใหญ่..... 344
ตารางที่ 16.5 Arm circumference ของเด็กอายุ 1 เดือน ถึง 5 ปี 347
ตารางที่ 16.6 Arm circumference ของเด็กวัยเจริญเติบโตและผู้ใหญ่ 348
ตารางที่ 16.7 Mid-arm-muscle circumference ของคนในช่วงอายุต่าง ๆ กัน..... 349
ตารางที่ 16.8 การศึกษาทางชีวเคมีที่ใช้ประเมินภาวะโภชนาการ..... 351
ตารางที่ 16.9 ความผิดปกติของอวัยวะและส่วนต่าง ๆ ของร่างกายที่ใช้ใน
การประเมินภาวะโภชนาการ..... 353

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของร่างกายระดับโมเลกุล 5
รูปที่ 4.1 ขั้นตอนการเกิดความหิวและความอยากกินอาหาร 26
รูปที่ 5.1 ตัวอย่างภาพอาหาร 5 หมู่สำหรับคนไทย 36
รูปที่ 5.2 ธงโภชนาการของกองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข 39
รูปที่ 5.3A Food Pyramid 43
รูปที่ 5.3B MyPyramid 44
รูปที่ 6.1 นอโมแกรมแสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนสูง น้ำหนัก และพื้นที่ผิวของร่างกาย 56
รูปที่ 6.2 ค่า BMR ของคนในแต่ละช่วงอายุ 57
รูปที่ 7.1 อวัยวะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในระบบทางเดินอาหาร 74
รูปที่ 7.2 ลักษณะของกระเพาะอาหารและตำแหน่งของหูรูด 78
รูปที่ 7.3 ลักษณะภายในของกระเพาะอาหารและการหลั่งกรดเกลือ 79
รูปที่ 7.4 ลักษณะของวิลไลและเซลล์เยื่อบุผิวของลำไส้เล็ก 90
รูปที่ 7.5 ลักษณะของไมโครวิลไล 91
รูปที่ 7.6 กลไกการดูดซึมแบบพิโนไซโทซิส 92
รูปที่ 7.7 ลักษณะของลำไส้ใหญ่ 96
รูปที่ 8.1 แผนภูมิการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตในระบบทางเดินอาหาร 106
รูปที่ 8.2 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลกลูโคสในเลือดและการเก็บรักษาไกลโคเจนที่ตับและกล้ามเนื้อ 109
รูปที่ 8.3 การควบคุมระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดของฮอร์โมนอินซูลินและกลูคากอน 110
รูปที่ 8.4 ปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลกลูโคสไปตามวิถีต่าง ๆ ในเมแทบอลิซึม 111
รูปที่ 8.5 วิถีไกลโคไลซิสในภาวะที่มีออกซิเจน 112
รูปที่ 8.6 วัฏจักรเครบส์ 113

รูปที่ 8.7 วัฏจักรโคริที่ตับ 114
รูปที่ 8.8 การสลายตัวของไกลโคเจนที่ตับและกล้ามเนื้อด้วยวิถีที่แตกต่างกัน 115
รูปที่ 8.9 ปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงน้ำตาลกาแล็กโทสเป็นน้ำตาลกลูโคส
ในเมแทบอลิซึม 116
รูปที่ 9.1 แผนภูมิสรุปการย่อย การดูดซึม และการขนย้ายไขมัน 128
รูปที่ 9.2 วัฏจักรบีตา-ออกซิเดชัน 131
รูปที่ 9.3 แผนภูมิเมแทบอลิซึมของไขมันในตับ กล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อไขมัน 132
รูปที่ 9.4 ขั้นตอนการสังเคราะห์คีโทนบอดีส์จากแอซีทิลโคเอ 134
รูปที่ 10.1 วงจรออร์นิทีน (ornithine cycle หรือ urea cycle) 149
รูปที่ 10.2 แผนภูมิการย่อย การดูดซึม และเมแทบอลิซึมของกรดแอมิโนในร่างกาย 150
รูปที่ 10.3 แผนภูมิเมแทบอลิซึมของกรดแอมิโนในร่างกาย 156
รูปที่ 10.4 แผนภูมิเมแทบอลิซึมของกรดแอมิโนแต่ละชนิดผ่านวัฏจักรเครบส์ 157
รูปที่ 12.1 สูตรโครงสร้างของกรดไฟทิกหรือไฟเทต
(ฟอสเฟตเอสเทอร์ของอินอซิทอล) 180
รูปที่ 12.2 แผนภูมิการใช้ประโยชน์ของแคลเซียมในร่างกาย 183
รูปที่ 12.3 โครงสร้างโมเลกุลของเหล็กที่อยู่ในรูปฮีม (heme iron) 201
รูปที่ 12.4 แผนภูมิการย่อย การดูดซึม และการเก็บสะสมเหล็ก 202
รูปที่ 12.5 สูตรโครงสร้างของมอโนไอโอโดไทโรซีน (MIT) ไดไอโอโดไทโรซีน (DIT)
ไตรไอโอโดไทโรนีน (T3) และเททระไอโอโดไทไรนีนหรือไทรอกซิน (T4) 208
รูปที่ 12.6 การจำแนกระดับของโรคคอพอกออกเป็น 3 กลุ่ม
เปรียบเทียบกับระดับปกติ 210
รูปที่ 12.7 โรคคอพอกขั้นรุนแรงในแทนซาเนีย 210
รูปที่ 12.8 ลักษณะของฟลูออโรซิสที่ผิวนอกของฟันขรุขระ 218
รูปที่ 13.1 สูตรโครงสร้างของวิตามินเอ 229
รูปที่ 13.2 ลักษณะความผิดปกติของตาที่เกิดขึ้นเนื่องจากขาดวิตามินเอ 239
รูปที่ 13.3 สูตรโครงสร้างของโทโคฟีรอลและโทโคไตรอีนอลแต่ละชนิด 247
รูปที่ 13.4 สูตรโครงสร้างของวิตามินเคหนึ่ง เคสอง และเคสาม 252
รูปที่ 14.1 สูตรโครงสร้างของไทแอมินและไทแอมินไพโรฟอสเฟต 260

รูปที่ 14.2 สูตรโครงสร้างของไรโบฟลาวินหรือวิตามินบีสอง 268
รูปที่ 14.3 สูตรโครงสร้างของฟลาวินมอโนนิวคลีโอไทด์และ
ฟลาวินแอดีนีนไดนิวคลีโอไทด์ 269
รูปที่ 14.4 สูตรโครงสร้างของวิตามินบีหกรูปต่าง ๆ 272
รูปที่ 14.5 สูตรโครงสร้างของไนอะซินและรูปที่ทำงานทั้ง NAD^+ และ $NADP^+$ 274
รูปที่ 14.6 ลักษณะอาการของโรคเพลลากรา 276
รูปที่ 14.7 สูตรโครงสร้างของวิตามินบีสิบสอง 277
รูปที่ 14.8 สูตรโครงสร้างของกรดโฟลิก 280
รูปที่ 14.9 สูตรโครงสร้างโมเลกุลของไบโอติน 286
รูปที่ 14.10 ลักษณะเหงือกบวมแดงเนื่องจากขาดวิตามินซี 293
รูปที่ 15.1 ตำแหน่งของ trabecular bone และ cortical bone 320
รูปที่ 16.1 มาตรฐานน้ำหนักของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข 336
รูปที่ 16.2 การวัดส่วนสูงของทารกและเด็กอายุไม่เกิน 2 ปี 339
รูปที่ 16.3 การวัดส่วนสูงของเด็กที่มีอายุมากกว่า 2 ปี 339
รูปที่ 16.4 วิธีการวัดรอบศีรษะและรอบอก 340
รูปที่ 16.5 Skinfold caliper ชนิดต่าง ๆ 342
รูปที่ 16.6 จุดตำแหน่งกึ่งกลางของลำแขนจากช่วงไหล่ถึงข้อศอกและ
วิธีการวัดความหนาของผิวหนัง 344
รูปที่ 16.7 การวัดความยาวรอบแขน ลักษณะกล้ามเนื้อแขน และการวัดขนาด
เส้นผ่านศูนย์กลางของแขนและกล้ามเนื้อแขน 346
รูปที่ 16.8 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการเกิดภาวะทุพโภชนาการ 350

บทที่ 1

บทนำ

โภชนศาสตร์ (nutrition) เป็นวิทยาศาสตร์ประยุกต์ที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างอาหารกับสุขภาพของคน หลักการบริโภคอาหารว่าคนเราต้องบริโภคอาหารประเภทใด มีปริมาณเท่าใด อาหารชนิดใดบ้างที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงของสารอาหารต่าง ๆ ในร่างกาย เมื่อกินอาหารเข้าไปแล้วจะถูกย่อย ดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย และนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ เช่น ให้พลังงานแก่ร่างกาย ทำให้ร่างกายอบอุ่น และเสริมสร้างส่วนต่าง ๆ ของอวัยวะภายในร่างกาย การที่คนเราต้องการอาหารชนิดใด ปริมาณเท่าใด จำเป็นต้องทราบถึงชนิดและปริมาณของสารอาหารที่มีอยู่ในอาหาร เพื่อจะได้เลือกกินได้ถูกต้องตามความต้องการของร่างกาย เช่น เด็กทารก เด็กวัยเจริญเติบโต หญิงมีครรภ์ หญิงให้นมบุตร และคนสูงอายุ มีความต้องการอาหารพิเศษแตกต่างไปจากคนปกติ และความต้องการอาหารพิเศษของคนแต่ละกลุ่มดังกล่าวนี้ยังแตกต่างกันออกไปด้วย นอกจากนั้นความต้องการสารอาหารของร่างกายยังขึ้นอยู่กับอายุ เพศ สภาพแวดล้อม น้ำหนักของร่างกาย และการทำงานของแต่ละบุคคลด้วย

การได้รับอาหารที่ถูกสัดส่วนตามความต้องการของร่างกาย แสดงว่ามีภาวะโภชนาการดี ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยป้องกันไม่ให้เกิดโรคภัยไข้เจ็บได้ การได้รับอาหารไม่ถูกสัดส่วนจะทำให้ร่างกายได้รับสารอาหารบางชนิดมากเกินไป หรือได้รับสารอาหารบางชนิดน้อยเกินไปหรือขาดไป ซึ่งจะมีผลกระทบทำให้เกิดโรคขาดสารอาหารได้ เช่น โรคเหน็บชาเกิดขึ้นเนื่องจากการขาดวิตามินบีหนึ่ง และโรคคอพอกเกิดขึ้นเนื่องจากการขาดธาตุไอโอดีน เป็นต้น นอกจากจะเป็นโรคที่เกิดจากการขาดสารอาหารโดยตรงแล้ว ยังอาจมีโรคแทรกได้ เช่น โรคติดเชื้อต่าง ๆ เพราะคนที่ขาดอาหารส่วนมากมักจะมีภูมิต้านทานโรคต่ำ ร่างกายอ่อนแอ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องแนะนำให้คนกินอาหารที่มีสารอาหารครบถ้วน ถูกสัดส่วนตามความต้องการของร่างกาย จะทำให้ร่างกายสมบูรณ์ แข็งแรง มีสุขภาพและพลานามัยดี

อาหารบางชนิดมีสารพิษปนอยู่ด้วย สารพิษเหล่านี้เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น สารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทริพซิน (trypsin inhibitor) ในถั่วเหลืองดิบ สารทำลายวิตามินบีหนึ่งในปลาดิบและผักตระกูลเฟิร์น และสารไซยาไนด์ในมันสำปะหลังดิบ เป็นต้น บางครั้งสารพิษหรือสารที่ทำให้เกิดโทษแก่ร่างกาย มนุษย์เป็นผู้เติมสารนั้นลงในอาหารเอง เช่น การเติมสารสีสังเคราะห์ลงในอาหาร หรือการเติมสารเคมีต่าง ๆ ที่ใช้ในการถนอมรักษาอาหาร เช่น สารกันบูด เป็นต้น อาหารบางชนิดเมื่อเก็บรักษาไว้ในสภาพที่ไม่เหมาะสม ทำให้จุลินทรีย์เจริญได้ เช่น การเจริญของราแอสเพอร์จิลลัสฟลาวัส *(Aspergillus flavus)* ในถั่วลิสง หอมแดง และพริกแห้ง ราชนิดนี้สร้างสารพิษ เรียกว่า อะฟลาทอกซิน (aflatoxin) ซึ่งเมื่อกินเข้าสู่ร่างกายจะไปสะสมทีตับ ทำให้เกิดเป็นมะเร็งตับได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทราบถึงชนิดและโทษของสารพิษต่าง ๆ ที่มีอยู่ในอาหารด้วย

นอกจากนั้น โภชนศาสตร์ยังได้กล่าวถึงวิธีการปรับปรุงคุณภาพของอาหารให้มีคุณค่าทางโภชนาการที่สูงขึ้น สาเหตุต่าง ๆ ที่จะทำให้เกิดการสูญเสียสารอาหาร และวิธีการป้องกันไม่ให้เกิดการสูญเสียสารอาหาร รวมทั้งวิธีการสำรวจภาวะโภชนาการของบุคคล ครอบครัว หมู่บ้าน และชุมชน

การศึกษาวิชาโภชนศาสตร์ จึงเป็นการเรียนรู้และเข้าใจเรื่องการบริโภคอาหาร ว่าควรจะเลือกอาหารชนิดใด บริโภคอย่างไรจึงจะเกิดประโยชน์ต่อร่างกายมากที่สุด และรู้จักเลือกบริโภคอาหารที่มีคุณค่าตามราคา และเหมาะสมกับภาวะของร่างกาย อายุ และเพศ นอกจากนี้ยังรู้จักหลีกเลี่ยงการบริโภคอาหารที่มีสารพิษ หรือมีสารปนเปื้อนที่ไม่เป็นสิ่งจำเป็นต่อร่างกาย ดังนั้นหลักในการเลือกอาหารบริโภคแต่ละครั้งควรประกอบด้วย **3 ป. คือ ประโยชน์ ประหยัด และปลอดภัย**

บทที่ 2

ส่วนประกอบของร่างกาย

ส่วนประกอบของร่างกายสามารถจำแนกออกเป็นระดับต่าง ๆ ได้ 5 ระดับ คือ

1. ระดับอะตอม (atom level)
2. ระดับโมเลกุล (molecular level)
3. ระดับเซลล์ (cellular level)
4. ระดับเนื้อเยื่อ (tissue system level)
5. ระดับร่างกาย (whole body level)

ส่วนประกอบของร่างกายระดับอะตอม

ร่างกายของคนเราแต่ละคนมีส่วนประกอบทางเคมีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความอ้วน ความผอม และสุขภาพของร่างกาย เมื่อพิจารณาส่วนประกอบของร่างกายระดับอะตอมหรือชนิดของแร่ธาตุต่าง ๆ พบว่าในร่างกายมีแร่ธาตุที่เป็นโครงสร้างพื้นฐานประมาณ 50 ธาตุ จากจำนวนแร่ธาตุทั้งหมดที่พบในธรรมชาติ 106 ธาตุ แร่ธาตุต่าง ๆ เหล่านี้ ส่วนใหญ่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและรักษาสุขภาพให้เป็นปกติ ในจำนวน 50 ธาตุนี้ ยังมีแร่ธาตุบางชนิดที่ไม่จำเป็นต่อร่างกายและบางชนิดเป็นพิษต่อร่างกายรวมอยู่ด้วย เช่น ปรอท (Hg) อะลูมิเนียม (Al) แคดเมียม (Cd) และตะกั่ว (Pb) จะเป็นพิษต่อร่างกาย

แร่ธาตุหลักที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของสารประกอบอินทรีย์ต่าง ๆ ในร่างกายมี 4 ชนิด ได้แก่ ออกซิเจน (O) ประมาณ 65 เปอร์เซ็นต์ คาร์บอน (C) ประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ ไฮโดรเจน (H) ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ และไนโตรเจน (N) ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งหมดประมาณ 96 เปอร์เซ็นต์ของมวลทั้งร่างกาย และมีแร่ธาตุรองอีก 7 ชนิด คือ แคลเซียม (Ca) ฟอสฟอรัส (P) โซเดียม (Na) โพแทสเซียม (K) คลอรีน (Cl) แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S) ซึ่งรวมกันทั้งหมด ประมาณ 99.5 เปอร์เซ็นต์ของมวลทั้งร่างกาย (ตารางที่ 2.1)

ส่วนประกอบของร่างกายระดับโมเลกุล

ส่วนประกอบของร่างกายระดับโมเลกุล ประกอบด้วยน้ำ 60-70 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 10-15 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 10-35 เปอร์เซ็นต์ และแร่ธาตุต่างๆ 3-5 เปอร์เซ็นต์ ตัวอย่างเช่น ในโมเลกุลของโปรตีนมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ 16 เปอร์เซ็นต์ หรือไขมันมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบอยู่ 77 เปอร์เซ็นต์ และน้ำหนักส่วนเกินของร่างกายประมาณ 2 ใน 3 ส่วนจะเป็นไขมัน เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อไขมันที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงจะมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของร่างกายทั้งที่ระดับเซลล์ โมเลกุล และอะตอมด้วย ดังนั้นหากภาวะที่ร่างกายมีส่วนประกอบคงที่ แสดงว่าร่างกายสามารถรักษาระดับของน้ำหนักตัวให้คงที่ได้ และมีการรักษาภาวะธำรงดุลของของเหลวด้วย

ตารางที่ 2.1 แร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารประกอบอินทรีย์ในร่างกาย

แร่ธาตุ	เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว
ออกซิเจน	61.0-65.0
คาร์บอน	18.0-23.0
ไฮโดรเจน	10.0
ไนโตรเจน	2.6-3.0
แคลเซียม	1.4-2.2
ฟอสฟอรัส	0.8-1.2
โพแทสเซียม	0.35
กำมะถัน	0.25
โซเดียม	0.15
คลอรีน	0.15
แมกนีเซียม	0.05
เหล็ก	0.004
แมงกานีส	0.0003
ทองแดง	0.00015
ไอโอดีน	0.00004
โคบอลต์	น้อยมาก
สังกะสี	น้อยมาก
ฟลูออรีน ซีลีเนียม	?
โมลิบดีนัม โครเมียม	?

ที่มา : Walker (1990) และ Deurenberg (2009)

คนแต่ละคนจะมีส่วนประกอบของร่างกายผันแปรแตกต่างกัน ส่วนประกอบที่มีความผันแปรมากที่สุด คือ ไขมัน ซึ่งส่งผลให้ส่วนประกอบอื่นๆ ของร่างกายเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย หากพิจารณาเฉพาะส่วนประกอบของร่างกายที่ปราศจากไขมันจะแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

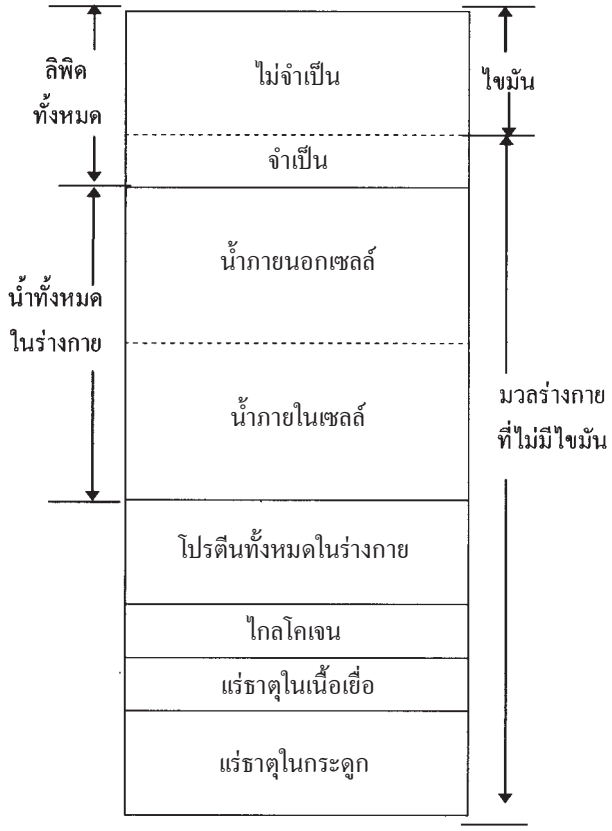
การทราบส่วนประกอบทางเคมีของร่างกายโดยละเอียด จะทำให้ทราบว่ามีโรคบางชนิดที่เกิดขึ้นและมีผลกระทบต่อส่วนประกอบทางเคมีของร่างกาย เช่น โรคอ้วน (obesity) ซึ่งมีไขมันสะสมอยู่ในร่างกายสูงมาก จะส่งผลกระทบต่อเมแทบอลิซึมของลิพิดและคาร์โบไฮเดรต ทำให้เกิดความดันโลหิตสูง และเป็นโรคเบาหวาน (adult onset diabetes)

อย่างไรก็ตาม สามารถหาความสัมพันธ์ของส่วนประกอบของร่างกายระหว่างระดับโมเลกุลกับระดับเนื้อเยื่อบางชนิดได้ เช่น มวลไขมัน (fat mass) และมวลเนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue mass) มีความสัมพันธ์กันเป็นค่าคงที่ คือ

$$\text{มวลไขมัน} = \sim 0.80 \times \text{มวลเนื้อเยื่อไขมัน}$$

ดังนั้นจึงสามารถนำสมการนี้ไปใช้คำนวณหาส่วนประกอบของร่างกายได้

ส่วนประกอบของร่างกายระดับโมเลกุลแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม คือ น้ำ ลิพิด โปรตีน คาร์โบไฮเดรต (ไกลโคเจน) และแร่ธาตุต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของร่างกายระดับโมเลกุล
ที่มา : Heymsfield *et al.* (1997)

จากรูปที่ 2.1 จะเห็นได้ว่า ลิพิดซึ่งเป็นสารประกอบที่ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ ยังแยกออกเป็นลิพิดที่ไม่จำเป็นและที่จำเป็นต่อร่างกาย น้ำทั้งหมดในร่างกายแยกได้เป็นน้ำที่อยู่ภายนอกเซลล์และน้ำที่อยู่ภายในเซลล์ ส่วนแร่ธาตุและโปรตีนพบอยู่ในกระดูกและเนื้อเยื่อ

สำหรับลิพิดที่อยู่ในร่างกายคน ส่วนใหญ่เป็นไตรเอซิลกลีเซอรอลหรือไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งไม่จำเป็นต่อร่างกาย แต่มีปริมาณมาก ทำหน้าที่เป็นแหล่งสะสมพลังงานในรูปไขมัน และมีลิพิดส่วนน้อยซึ่งเป็นลิพิดที่จำเป็นต่อร่างกาย คือฟอสโฟลิพิดมีหน้าที่สำคัญเป็นองค์ประกอบของโครงสร้างเซลล์เมมเบรน สฟิงโกลิพิดมีหน้าที่อยู่ในระบบประสาท และสเตอรอยด์เป็นลิพิดที่จำเป็นต่อการสร้างฮอร์โมนบางชนิด

คนที่มีน้ำหนักปกติและมีสุขภาพดีจะมีไขมันสะสมอยู่ในร่างกายประมาณ 10-25 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผู้ชาย และ 15-35 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผู้หญิง ส่วนคนที่อ้วนมากจะมีไขมันสะสมอยู่สูงถึง 60-70 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว

น้ำในร่างกายมีอิเล็กโทรไลต์ละลายอยู่ และจะเกิดพันธะไอออนิกที่ระดับต่าง ๆ กันกับโปรตีน ไกลโคเจน และสารเคมีที่มีขั้วอื่น ๆ น้ำจะกระจายตัวอยู่ทั้งภายในและภายนอกเซลล์ น้ำที่อยู่ภายนอกเซลล์ยังแบ่งย่อยออกได้เป็น 5 ส่วน ได้แก่ น้ำที่แทรกอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ (interstitial fluid) น้ำในพลาสมา เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน กระดูก และระบบทางเดินอาหาร

โปรตีนมีอยู่ในร่างกายประมาณ 10-15 เปอร์เซ็นต์ ผู้ชายมีโปรตีนมากกว่าผู้หญิง เนื่องจากมีกล้ามเนื้อมากกว่าผู้หญิง โปรตีนไม่สะสมในร่างกาย หากได้รับไม่เพียงพอจะทำให้การทำหน้าที่ของโปรตีนลดลง (loss of functionality) ดังนั้นร่างกายควรได้รับโปรตีนให้เพียงพอและมีการหมุนเวียนสูง เพื่อทำให้อวัยวะสำคัญต่าง ๆ ทำงานได้อย่างปกติ ชนิดของโปรตีนในร่างกายมีมากมายหลายร้อยชนิดแตกต่างกัน แต่วิธีการที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนทั้งหมดจะวิเคราะห์ได้เฉพาะโปรตีนที่อยู่ในกล้ามเนื้อ และโปรตีนที่ไม่ได้อยู่ในกล้ามเนื้อเท่านั้น

สำหรับคนปกติที่มีสุขภาพดีและมีน้ำหนักตัว 70 กิโลกรัม ในร่างกายจะประกอบด้วยน้ำที่อยู่ภายนอกเซลล์ 26 เปอร์เซ็นต์ น้ำที่อยู่ภายในเซลล์ 34 เปอร์เซ็นต์ ลิพิดที่จำเป็นต่อร่างกาย 2.1 เปอร์เซ็นต์ ลิพิดที่ไม่จำเป็นต่อร่างกาย 17 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 14.4 เปอร์เซ็นต์ แร่ธาตุ 5.3 เปอร์เซ็นต์ และคาร์โบไฮเดรต 0.6 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งหมดประมาณ 99.4 เปอร์เซ็นต์ ในร่างกายคนปกติจะพบคาร์โบไฮเดรตในรูปน้ำตาลกลูโคสในเลือด และมีไกลโคเจนซึ่งเป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคส ทำหน้าที่เป็นแหล่งสะสมพลังงานระยะสั้น ๆ สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อและตับ ประมาณ 500 กรัม และจะพบไกลโคเจนอยู่เฉพาะภายในเซลล์ที่ตับ ประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสด และที่กล้ามเนื้อประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสด

ในการศึกษาส่วนประกอบของร่างกายระดับโมเลกุล มีวิธีการจำแนกส่วนประกอบของร่างกายออกได้หลายแบบ เช่น

1. จำแนกเป็นแบบ 2 ส่วน (two-compartment model) จะได้น้ำหนักของร่างกายเท่ากับ ไขมัน + มวลของร่างกายที่ไม่มีไขมันหรือลิพิด

2. จำแนกเป็นแบบ 3 ส่วน (three-compartment model) จะได้น้ำหนักของร่างกายเท่ากับ ไขมัน + น้ำ + ส่วนที่เหลือ ซึ่งเป็นผลรวมของไกลโคเจน แร่ธาตุ และโปรตีนรวมกัน

3. จำแนกเป็นแบบ 4 ส่วน (four-compartment model) จะได้น้ำหนักของร่างกายเท่ากับ ไขมัน + น้ำ + แร่ธาตุ + ส่วนที่เหลือคือ ผลรวมของไกลโคเจนและโปรตีน (รูปที่ 2.1)

ส่วนแร่ธาตุต่าง ๆ ในร่างกาย ซึ่งมีประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวของคนปกติที่มีสุขภาพดี จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นองค์ประกอบในโครงกระดูก และส่วนที่อยู่ในเนื้อเยื่อหรือของเหลวต่าง ๆ แคลเซียมเป็นแร่ธาตุที่พบมากที่สุดในโครงกระดูก อยู่ในรูปแคลเซียม-ไฮดรอกซีแอพาไทต์ (calcium hydroxyapatite) มีสูตรเป็น $[Ca_3(PO_4)_2]_3Ca(OH)_2$ และเป็นไอออนต่าง ๆ อยู่ในเนื้อเยื่อ และยังมีไอออนต่าง ๆ ที่อยู่ในของเหลวภายในเซลล์ และภายนอกเซลล์ เช่น โซเดียมไอออน (Na^+) โพแทสเซียมไอออน (K^+) แมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) คลอไรด์ไอออน (Cl^-) ฟอสเฟตไอออน (HPO_4^{2-}) และไบคาร์บอเนตไอออน (HCO_3^-)

ผลการวิเคราะห์ร่างกายของผู้ชายปกติคนหนึ่ง ซึ่งมีน้ำหนัก 65 กิโลกรัม พบว่าประกอบด้วยสารประกอบอินทรีย์ที่สำคัญ ได้แก่

1. โปรตีน 11 กิโลกรัม หรือประมาณ 17 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ส่วนใหญ่เป็นส่วนประกอบของอวัยวะและเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของร่างกาย ร่างกายจะยอมให้สูญเสียโปรตีนได้ไม่เกิน 2 กิโลกรัม หากสูญเสียมากกว่านี้ ร่างกายจะเกิดภาวะผิดปกติ

2. ลิพิด 9 กิโลกรัม หรือประมาณ 13.8 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เป็นส่วนของอาหารที่เกินความต้องการ ร่ายกายจึงสะสมไว้ในรูปของไขมันที่บริเวณหน้าท้อง เมื่อร่างกายขาดอาหารและมีปริมาณน้ำตาลในเลือดลดลง ร่างกายจะเปลี่ยนไขมันให้เป็นพลังงาน โดยร่างกายสามารถนำไขมันนี้มาใช้ได้ถึง 8 กิโลกรัม ส่วนลิพิดอีก 1 กิโลกรัม เป็นองค์ประกอบที่จำเป็นของเซลล์ในร่างกาย สำหรับคนอ้วนจะมีไขมันที่ร่างกายสะสมไว้ได้มากถึง 70 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ส่วนคนผอมจะมีไขมันที่ร่างกายสะสมไว้น้อย หรืออาจไม่มีเลยก็ได้

3. แร่ธาตุต่าง ๆ 4 กิโลกรัม หรือประมาณ 6.1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ส่วนใหญ่เป็นส่วนประกอบของโครงร่างของร่างกาย ได้แก่ โครงกระดูก กะโหลกศีรษะ และฟัน ร่างกายจะยอมสูญเสียแร่ธาตุต่าง ๆ ได้เพียง 1 กิโลกรัม เท่านั้น

4. คาร์โบไฮเดรต 1 กิโลกรัม หรือประมาณ 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ร่างกายจะยอมสูญเสียได้อย่างมากเพียง 200 กรัม เท่านั้น ถ้าสูญเสียมากกว่านี้จะเกิดภาวะผิดปกติ แต่ร่างกายสามารถปรับตัวให้มีพลังงานเพียงพอได้ โดยเปลี่ยนไขมันและโปรตีนให้เป็นคาร์โบไฮเดรต

5. น้ำ มีอยู่มากถึง 40 กิโลกรัม หรือประมาณ 61.6 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เป็นส่วนประกอบภายในเซลล์และภายนอกเซลล์ น้ำภายนอกเซลล์จะเป็นของเหลวต่าง ๆ ในร่างกาย เช่น พลาสมา รวมทั้งน้ำที่แทรกตัวอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ และน้ำหล่อลื่น เป็นต้น ร่างกายยอมสูญเสียน้ำได้เพียง 4 กิโลกรัม หรือ 10 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น

ส่วนประกอบของร่างกายระดับเซลล์

ในร่างกายคนเราประกอบด้วยเซลล์มากกว่า 10^{18} เซลล์ และส่วนประกอบของร่างกายระดับเซลล์ แบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ มวลเซลล์ (cell mass) ที่มีของเหลวภายนอกเซลล์ (extracellular fluid) ห่อหุ้มอยู่ และเชื่อมต่อกันด้วยของแข็งภายนอกเซลล์ (extracellular solid) ซึ่งของแข็งภายนอกเซลล์ไม่ค่อยมีความสำคัญทางคลินิก และภายในเซลล์ยังมีของเหลว (intracellular fluid) ส่วนมวลเซลล์เป็นส่วนประกอบของร่างกายที่มีความสำคัญ เนื่องจากมีกิจกรรมของเมแทบอลิซึมเกิดขึ้นภายในไซโทพลาซึม รวมทั้งเซลล์ออร์แกเนลล์ต่าง ๆ ที่อยู่ภายในไซโทพลาซึม เช่น มีไมโทคอนเดรียอยู่ภายในเซลล์ ซึ่งเป็นตำแหน่งที่เกิดกระบวนการเมแทบอลิซึม ส่วนเซลล์ของเนื้อเยื่อไขมันหรือแอดิโพไซต์ (adipocyte) และเซลล์อื่น ๆ ที่มีอีกเล็กน้อย เป็นที่เก็บสะสมไตรเอซิลกลีเซอรอล ซึ่งเป็นส่วนที่อยู่ภายในเซลล์เช่นเดียวกัน

ส่วนประกอบของร่างกายระดับเซลล์วัดได้ยาก เนื่องจากมีความซับซ้อน การวัดปริมาณน้ำใช้วิธีเทคนิคการเจือจาง (dilution technique) เช่น การเจือจางด้วยโบรไมด์ (bromide dilution) สามารถใช้วัดปริมาณน้ำภายนอกเซลล์

การวัดมวลเซลล์ของร่างกาย

สำหรับของแข็งภายนอกเซลล์ส่วนใหญ่ คือแร่ธาตุต่าง ๆ ที่อยู่ในกระดูกและที่ละลายอยู่ในของเหลวภายนอกเซลล์ มีโปรตีนคอลลาเจน เส้นใยทั้งชนิดที่คล้ายร่างแหหรือตาข่าย (reticular) และชนิดยืดหยุ่น (elastic) ส่วนของเหลวที่อยู่ภายนอกเซลล์มีปริมาณค่อนข้างมาก ประกอบด้วยน้ำที่อยู่ภายนอกเซลล์ประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ เช่น น้ำในพลาสมา ซึ่งอยู่ในหลอดเลือด ของเหลวที่แทรกตัวอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์และภายนอกเซลล์ และในน้ำจะมีอิเล็กโทรไลต์และโปรตีนละลายอยู่ด้วย สูตรที่ใช้คำนวณน้ำหนักของร่างกาย คือ

น้ำหนักของร่างกาย = ไขมัน + ของเหลวภายนอกเซลล์ + ของแข็งภายนอกเซลล์ + มวลเซลล์ของร่างกาย

$$\text{การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน} = \frac{\text{ปริมาณไนโตรเจน}}{0.16}$$

$$\text{หรือ} = \text{ปริมาณไนโตรเจน} \times 6.25$$

สำหรับการหาสัดส่วนที่คงตัวของแร่ธาตุในกระดูกและมวลกระดูกนั้น พบว่า แร่ธาตุในกระดูกอยู่ในรูปของแคลเซียมไฮดรอกซีแอพาไทต์ ซึ่งปริมาณแคลเซียมจะเป็นสัดส่วนของแร่ธาตุที่มีความคงตัวอยู่ในกระดูก แคลเซียมที่มีอยู่ในเนื้อเยื่อ (soft tissue) จะมีอยู่น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ของแคลเซียมทั้งหมดในร่างกาย ดังนั้นการวัดปริมาณแคลเซียมจึงให้ข้อมูลที่แม่นยำเพื่อบ่งชี้ปริมาณแร่ธาตุในมวลกระดูกของร่างกาย

สำหรับแร่ธาตุที่ไม่ได้อยู่ในรูปของสารประกอบเคมี แต่อยู่ในรูปของไอออน เช่น ความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออนที่อยู่ในของเหลวภายในเซลล์ของร่างกายคนที่มีสุขภาพดีจะมีความคงตัว แต่จะแสดงค่าผันแปรในคนที่เป็นโรคบางชนิด ดังนั้นจึงใช้ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในร่างกายเป็นตัวบ่งชี้ปริมาตรของน้ำภายในเซลล์ และมวลเซลล์ของร่างกายในคนปกติที่มีสุขภาพดีได้ หรือในผู้ป่วยที่มีปริมาณของเหลวในร่างกายคงตัวและมีภาวะธำรงดุลของอิเล็กโทรไลต์

ความเข้มข้นของโพแทสเซียมภายในเซลล์ อาจมีการเปลี่ยนแปลงไปมากได้ในคนที่เป็นโรคหรือมีการรบกวนภาวะธำรงดุลของอิเล็กโทรไลต์อย่างรุนแรง เช่น ผู้ป่วยที่เป็นโรคเอดส์ขั้นสุดท้าย จะมีอาการท้องร่วงรุนแรงและขาดอาหาร ทำให้รบกวนภาวะธำรงดุลของกรด-ด่างและอิเล็กโทรไลต์ภายในร่างกายมาก ตัวอย่างรูปแบบส่วนประกอบของร่างกายที่สัมพันธ์กันในระดับต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างรูปแบบความสัมพันธ์ของส่วนประกอบของร่างกายที่ระดับต่าง ๆ (หน่วยเป็นกิโลกรัม)

ร่างกาย/โมเลกุล	น้ำหนักของร่างกาย = ลิพิด + น้ำ + โปรตีน + แร่ธาตุในกระดูก + แร่ธาตุในเนื้อเยื่อ + ไกลโคเจน
ร่างกาย/โมเลกุล	น้ำหนักของร่างกาย = ไขมัน + มวลของร่างกายที่ไม่มีไขมัน
ร่างกาย/เซลล์	น้ำหนักของร่างกาย = มวลเซลล์ + ของเหลวภายนอกเซลล์ + ของแข็งภายนอกเซลล์
ร่างกาย/เนื้อเยื่อ	น้ำหนักของร่างกาย = เนื้อเยื่อไขมัน + กล้ามเนื้อ + โครงกระดูก + อวัยวะภายใน (viscera) + เลือด + ส่วนที่เหลือ
ร่างกาย/ร่างกาย	น้ำหนักของร่างกาย = หัว + คอ + ลำตัว + แขน + ขา

ที่มา : Duerenberg (2009)

ส่วนประกอบของร่างกายระดับเนื้อเยื่อ

เนื้อเยื่อ คือกลุ่มเซลล์ที่ทำหน้าที่ชนิดเดียวกัน ซึ่งประกอบด้วยเนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue) กล้ามเนื้อ (skeletal muscle) กระดูก (bone) อวัยวะภายใน (visceral organ) เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) เนื้อเยื่อประสาท (nervous tissue) เนื้อเยื่อบุผิว (epithelial tissue) และสมอง (brain) เนื้อเยื่อไขมันยังแบ่งย่อยออกเป็นไขมันใต้ผิวหนัง (subcutaneous) ไขมันที่อวัยวะภายใน yellow marrow และร่างแห สำหรับเนื้อเยื่อที่มีความสัมพันธ์กันค่อนข้างคงตัว ได้แก่

อัตราส่วนของเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อต่อเนื้อเยื่อไขมันสำหรับผู้ชาย = 0.54
และสำหรับผู้หญิง = 0.49
อัตราส่วนของปริมาณโพแทสเซียมต่อเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ = 3 กรัมต่อกิโลกรัม
อัตราส่วนของไขมันต่อเนื้อเยื่อไขมัน = 0.8
อัตราส่วนของแร่ธาตุในกระดูกต่อกระดูก = 0.54

กระดูกเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีส่วนประกอบหลักเป็นไฮดรอกซีแอพิไทต์ ฝังตัวอยู่ในโปรตีนเมทริกซ์ (protein matrix) เมื่อพิจารณาส่วนประกอบของร่างกายระดับเนื้อเยื่อจะมีส่วนประกอบคือ

น้ำหนักของร่างกาย=เนื้อเยื่อไขมัน + กล้ามเนื้อ + กระดูก + อวัยวะ + มวลนิ่ง (rest mass)

ส่วนประกอบของร่างกายระดับเนื้อเยื่อของผู้ชายปกติน้ำหนัก 70 กิโลกรัม ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ส่วนประกอบของร่างกายระดับเนื้อเยื่อของผู้ชายปกติน้ำหนัก 70 กิโลกรัม

ชนิดของเนื้อเยื่อ	เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว
กล้ามเนื้อ	40
เนื้อเยื่อไขมัน	21.4
เลือด	7.9
กระดูก	7.1
ผิวหนัง	3.7
ตับ	2.6
รวม	**82.7**

ที่มา : Duerenberg (2009)

ดังนั้นร่างกายของคนอาจแบ่งออกตามชนิดของเนื้อเยื่อได้เป็น 3 ส่วนใหญ่ ๆ ดังนี้

1. มวลเซลล์ (cell mass) เป็นส่วนของเซลล์เนื้อเยื่อและกล้ามเนื้อต่าง ๆ มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของร่างกายทั้งหมด

2. เนื้อเยื่อค้ำจุนที่อยู่ภายนอกเซลล์ (extracellular supporting tissue) มีหน้าที่ช่วยค้ำจุนเซลล์และเนื้อเยื่อ แบ่งออกเป็น 2 ส่วนย่อย ได้แก่

ก. ของเหลวที่อยู่ภายนอกเซลล์ (extracellular fluid) ประกอบด้วยเลือด พลาสมา น้ำเหลือง และของเหลวอื่นๆ ในร่างกาย

ข. แร่ธาตุและเส้นใยโปรตีนที่อยู่ในโครงกระดูก และเนื้อเยื่อค้ำจุนอื่นๆ

3. เนื้อเยื่อไขมัน ร่างกายจะสะสมพลังงานไว้ที่เนื้อเยื่อไขมัน บริเวณใต้ผิวหนัง และรอบๆ อวัยวะภายใน และมีลิพิดบางชนิดเป็นส่วนที่จำเป็นสำหรับร่างกายอีกด้วย

ร่างกายของคนที่มีสุขภาพดีจะมีมวลเซลล์ประมาณ 55 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เป็นเนื้อเยื่อค้ำจุนที่อยู่ภายนอกเซลล์ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ และเป็นเนื้อเยื่อไขมันที่ร่างกายสะสมไว้ประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนนี้เปลี่ยนแปลงได้ เช่น คนที่อดอาหาร (starvation) หรือคนผอม (emaciation) จะมีมวลเซลล์ลดลงและไขมันในเนื้อเยื่อไขมันถูกใช้ไปหมดไม่มีเหลืออยู่เลยทำให้เนื้อเยื่อค้ำจุนที่อยู่ภายนอกเซลล์มีประมาณเพิ่มขึ้นได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ในทางตรงกันข้ามคนอ้วนจะมีไขมันสะสมในเนื้อเยื่อไขมันไว้สูงมาก ทำให้ส่วนประกอบอื่นๆ ของร่างกายลดน้อยลง

ส่วนประกอบระดับร่างกาย

การวัดส่วนประกอบในระดับร่างกาย เป็นการวัดอย่างง่ายๆ เพื่อให้มองเห็นภาพส่วนประกอบภายในร่างกายบนพื้นฐานความสัมพันธ์ทางสถิติที่ได้มีการศึกษาไว้ก่อนแล้ว เช่น การวัดความหนาของชั้นผิวหนัง (skinfold thickness) ใช้บ่งชี้ระดับความอ้วนได้ ส่วนปริมาณไขมันในร่างกายหาได้โดยวัดความหนาแน่นของร่างกาย (body density) หรือวัดขนาดของร่างกายโดยการชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงที่สัมพันธ์กับอายุและเพศ เป็นต้น

ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบของร่างกายแต่ละระดับ

ส่วนประกอบของร่างกายทั้ง 5 ระดับ มีความสัมพันธ์กัน เช่น การหาปริมาณโพแทสเซียมในร่างกายสามารถนำไปหามวลเซลล์ของร่างกายได้ เพราะโพแทสเซียมส่วนใหญ่อยู่ภายในเซลล์ การวัดความหนาของชั้นผิวหนังสามารถใช้ประเมินปริมาณไขมันในร่างกายได้ เนื้อเยื่อไขมันประกอบด้วยเซลล์ไขมันหรือแอดิโพไซต์ ซึ่งเป็นเซลล์ที่มีหน้าที่เก็บสะสมไตรกลีเซอไรด์หรือไตรเอซิลกลีเซอรอลในรูปหยดไขมันเล็กๆ เนื้อเยื่อไขมันมีไตรกลีเซอไรด์ ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน (ในรูปเอนไซม์) ประมาณ 1-2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือเป็นน้ำและอิเล็กโทรไลต์ เมื่อร่างกายมีน้ำหนักตัวลดลงจะทำให้เนื้อเยื่อไขมันลดลงด้วย

ตัวอย่างส่วนประกอบของร่างกายทั้ง 4 ระดับแรกดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ส่วนประกอบของร่างกาย 4 ระดับแรก

<table>
<tr><th>ระดับอะตอม</th><th>ระดับโมเลกุล</th><th>ระดับเซลล์</th><th>ระดับเนื้อเยื่อ</th></tr>
<tr><td>N, Ca, P, K, Na, Cl</td><td>ลิพิด</td><td rowspan="2">เซลล์ไขมัน
(adipocyte)
เซลล์กล้ามเนื้อ</td><td>เนื้อเยื่อไขมัน
(adipose tissue)</td></tr>
<tr><td>H</td><td rowspan="3">น้ำ</td><td rowspan="3">ของเหลว
ภายนอกเซลล์</td><td rowspan="2">กล้ามเนื้อ
(skeletal muscle)</td></tr>
<tr><td>C</td></tr>
<tr><td rowspan="3">O</td><td>โปรตีน</td><td>อวัยวะภายในและ
ส่วนอื่น ๆ</td></tr>
<tr><td>ไกลโคเจน</td><td rowspan="2">ของแข็ง
ภายนอกเซลล์</td><td rowspan="2">โครงกระดูก
(skeleton)</td></tr>
<tr><td>แร่ธาตุต่าง ๆ</td></tr>
</table>

ที่มา : Heymsfield *et al.* (1997)

เอกสารประกอบการเรียบเรียง

1. นิธิยา รัตนาปนนท์ และวิบูลย์ รัตนาปนนท์. 2537. *โภชนศาสตร์เบื้องต้น*. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ หน้า 3-7.
2. Deurenberg, P. 2009. Body Composition. ***In*** *Introduction to Human Nutrition.* 2nd ed. (M.J. Gibney, S.A. Lanham-New, A. Cassidy and H.H. Vorster, eds.) Wiley-Blackwell, A John Wiley & Son, Ltd., West Sussex, pp. 12-15.
3. Eastwood, M. 2003. *Principles of Human Nutrition.* 2nd ed. Blackwell Publishing, Inc., MA, pp. 141-143.
4. Heymsfield, S.B., Wang, Z.M.R., Baumgartner, R.N. and Ross, R. 1997. Human body composition : Advances in models and methods. *Annual Review of Nutrition.* 17: 527-558.
5. Wang, Z.M.R., Pierson, N. Jr. and Heymsfield, S.B. 1992. The five level model : a new approach to organizing body composition research. *The American Journal of Clinical Nutrition* 56: 19-28.
6. Walker, A.F. 1990. *Human Nutrition.* Cambridge University Press, Cambridge, pp. 4-5.

บทที่ 3

น้ำและอิเล็กโทรไลต์ในร่างกาย

สิ่งที่มีชีวิตทุกชนิดต้องมีน้ำเป็นส่วนประกอบอยู่ภายในเซลล์ น้ำจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับสิ่งที่มีชีวิตรองจากก๊าซออกซิเจน มวลของร่างกายคนมีน้ำเป็นส่วนประกอบอยู่ภายในเซลล์ของเนื้อเยื่อและอวัยวะต่าง ๆ ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เช่น ในร่างกายของผู้ชายปกติที่มีน้ำหนักตัว 70 กิโลกรัม จะมีน้ำประมาณสองในสามส่วนของน้ำหนักตัว หรือประมาณ 40 ลิตร ทารกและเด็กมีสัดส่วนของน้ำต่อเนื้อเยื่อมากกว่าผู้ใหญ่ คนอ้วนมีสัดส่วนของน้ำน้อยกว่าคนผอม เพราะเนื้อเยื่อไขมันมีน้ำเป็นส่วนประกอบน้อยกว่าเนื้อเยื่อชนิดอื่น ๆ คือ มีอยู่เพียง 10 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ขณะที่เนื้อเยื่อชนิดอื่น ๆ มีน้ำเป็นส่วนประกอบประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์

น้ำเป็นสิ่งจำเป็นต่อร่างกาย เพราะทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายและเป็นตัวกลางให้ไอออนและโมเลกุลของสารอาหาร เอนไซม์ และสารเคมีต่าง ๆ ทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์ที่อยู่ภายในเซลล์ละลายหรือกระจายตัวอยู่ในรูปของสารละลายแท้และสารละลายคอลลอยด์ น้ำยังจำเป็นสำหรับการเกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมีต่าง ๆ ภายในเซลล์ และทำหน้าที่ขนย้าย พาสารอาหาร สารประกอบอื่น ๆ และโปรตีนที่เกิดจากเมแทบอลิซึมภายในเซลล์มายังเลือด หรือจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง เช่น การขนย้ายสารอาหารในกระแสเลือดไปยังเซลล์ต่าง ๆ พาสารต่าง ๆ เข้า-ออกระหว่างภายในเซลล์และภายนอกเซลล์ และการขนย้ายของเสียออกจากเซลล์เข้าสู่กระแสเลือดเพื่อขับออกจากร่างกายทางไตในรูปของปัสสาวะและทางผิวหนังในรูปของเหงื่อ

การกระจายตัวของน้ำในร่างกาย

ร่างกายของคนปกติจะมีน้ำประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่มีอยู่มากที่สุดในร่างกาย เมื่อเปรียบเทียบเป็นปริมาตรสำหรับคนที่มีน้ำหนักตัว 70 กิโลกรัม จะมีน้ำทั้งหมดประมาณ 42 ลิตร ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

1. น้ำที่อยู่ภายในเซลล์ คือน้ำที่อยู่ภายในเซลล์เมมเบรน มีประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว หรือ 67 เปอร์เซ็นต์ของน้ำทั้งหมดในร่างกาย หรือประมาณ 28 ลิตร เป็นของเหลวที่อยู่ภายในเซลล์ของเนื้อเยื่อต่าง ๆ ทั่วร่างกาย

2. น้ำที่อยู่ภายนอกเซลล์ คือน้ำที่อยู่ภายนอกเซลล์เมมเบรน มีประมาณ 14 ลิตร เป็นพลาสมาในเลือดประมาณ 3.5 ลิตร หรือประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ของน้ำทั้งหมดในร่างกาย ซึ่งในพลาสมาประกอบด้วยน้ำประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์

น้ำที่อยู่ภายนอกเซลล์อีกประมาณ 10.5 ลิตร ได้แก่ น้ำที่เป็นส่วนประกอบของของเหลวที่แทรกตัวอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ และน้ำเหลืองมีประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำทั้งหมดในร่างกาย และยังมีน้ำอยู่ในกระดูกอ่อนและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ น้ำในสมองและไขสันหลัง 1 เปอร์เซ็นต์ น้ำหล่อเซลล์ และของเหลวที่ร่างกายหลั่งออกมา เช่น น้ำลายและน้ำย่อยในระบบย่อยอาหาร 1 เปอร์เซ็นต์ น้ำดี 1 เปอร์เซ็นต์ และเป็นตัวทำละลายประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งตัวถูกละลาย ได้แก่ โปรตีน อิเล็กโทรไลต์ ยูเรีย และลิโพโปรตีน สำหรับเนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue) จะมีน้ำอยู่น้อยมาก ส่วนในกล้ามเนื้อมีน้ำประมาณ 73 เปอร์เซ็นต์ของน้ำทั้งหมดในร่างกาย (ตารางที่ 3.1)

ตารางที่ 3.1 การกระจายตัวของน้ำในส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

การกระจายตัวของน้ำในร่างกาย	เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว	เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำทั้งหมดในร่างกาย	ปริมาตรน้ำในผู้ชายที่มีน้ำหนัก 70 กิโลกรัม (ลิตร)
น้ำทั้งหมดในร่างกาย	60	-	42
น้ำภายนอกเซลล์	20	33	14
พลาสมา	5	8	3.5
น้ำในช่องว่างระหว่างเซลล์	15	25	10.5
น้ำภายในเซลล์	40	67	28

ที่มา : Gropper *et al.* (2005)

น้ำที่อยู่ภายนอกเซลล์เป็นส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ง่ายทั้งปริมาณและส่วนประกอบ เพราะเป็นส่วนที่ติดต่อกับระบบย่อยอาหารและระบบขับถ่ายต่าง ๆ เช่น ถ้ากินอาหารมากกว่าปกติจะทำให้ส่วนประกอบของเลือดมีความเข้มข้นมากขึ้น ถ้าดื่มน้ำมาก ๆ จะทำให้ส่วนประกอบของเลือดเจือจางลง ภาวะเหล่านี้ร่างกายแก้ไขให้กลับเป็นปกติได้ โดยไตจะทำหน้าที่รักษาภาวะสมดุลของน้ำ เช่น ขับน้ำส่วนที่มากเกินความต้องการของร่างกายออกไปทางไตในรูปปัสสาวะ เป็นต้น ผนังเซลล์ต่าง ๆ ในร่างกายมีสมบัติพิเศษที่ยอมให้น้ำผ่านเข้า-ออกได้อย่างเสรี เพื่อรักษาความดันออสโมซิสในแต่ละส่วนของร่างกายที่มีสารละลายไม่เหมือนกัน ทำให้น้ำต้องกระจายอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของร่างกายแตกต่างกันตามความเหมาะสม

อิเล็กโทรไลต์ในร่างกาย

อิเล็กโทรไลต์ หมายถึง ไอออนประจุบวก (cation) และไอออนประจุลบ (anion) ที่กระจายตัวอยู่ทั่วไปในของเหลวแต่ละส่วนของร่างกาย เช่น ในพลาสมา ร่างกายจะมีกลไกในการรักษาความเข้มข้นของไอออนประจุบวกให้เท่ากับความเข้มข้นของไอออนประจุลบ เรียกว่า ความเป็นกลางของประจุ (electrical neutrality)

ในร่างกายอิเล็กโทรไลต์จะละลายอยู่ในของเหลวภายในเซลล์ (intracellular fluid) และของเหลวภายนอกเซลล์ (extracellular fluid) อิเล็กโทรไลต์ที่เป็นไอออนประจุบวก ได้แก่ โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมไอออน ซึ่งจะอยู่ในภาวะสมดุลกับไอออนประจุลบ ได้แก่ คลอไรด์ ไบคาร์บอเนต และโปรตีนไอออน นอกจากนี้ยังมีกรดอินทรีย์ ฟอสเฟต และซัลเฟตไอออนอีกเล็กน้อย ซึ่งละลายอยู่ในของเหลวทั้งภายในและภายนอกเซลล์ ในปริมาณที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ชนิดและปริมาณของอิเล็กโทรไลต์ที่อยู่ในของเหลวภายในเซลล์และของเหลวภายนอกเซลล์ทั้งที่เป็นไอออนประจุบวกและไอออนประจุลบ

ไอออนประจุบวก	พลาสมา (มิลลิสมมูล/ลิตร)	ของเหลวระหว่างเซลล์ (มิลลิสมมูล/ลิตร)	ของเหลวภายในเซลล์ (มิลลิสมมูล/ลิตร)
โซเดียม (Na^+)	142	145	10
โพแทสเซียม (K^+)	4	4	156
แคลเซียม (Ca^{2+})	5	2-3	3.2
แมกนีเซียม (Mg^{2+})	2	1-2	26
รวม	**153**	**153**	**195**
ไอออนประจุลบ	**พลาสมา (มิลลิสมมูล/ลิตร)**	**ของเหลวระหว่างเซลล์ (มิลลิสมมูล/ลิตร)**	**ของเหลวภายในเซลล์ (มิลลิสมมูล/ลิตร)**
คลอไรด์ (Cl^-)	103	116	2
ไบคาร์บอเนต (HCO_3^-)	28	31	8
โปรตีน	17	-	55
ซัลเฟต (SO_4^{2-}) ฟอสเฟต (PO_4^{3-}) กรดอินทรีย์	5	6	130
รวม	**153**	**153**	**195**

ที่มา : Gropper *et al.* (2005)

การรักษาภาวะสมดุลของอิเล็กโทรไลต์

ของเหลวภายในเซลล์และภายนอกเซลล์จะมีจำนวนของไอออนประจุบวกเท่ากับจำนวนของไอออนประจุลบเสมอ เพื่อให้เกิดภาวะสมดุลระหว่างประจุทั้งสอง และร่างกายจำเป็นต้องใช้พลังงานส่วนหนึ่งในการควบคุมภาวะสมดุลของไอออนทั้ง 2 ชนิด ซึ่งจะมีการเคลื่อนที่ผ่านเข้า-ออกผนังเซลล์อยู่ตลอดเวลา การควบคุมภาวะสมดุลของอิเล็กโทรไลต์และค่าพีเอชของเลือดจะเกี่ยวข้องกับการทำหน้าที่ของไต โดยสารต่าง ๆ ที่อยู่ในพลาสมาสามารถกรองผ่านโกลเมอรูลัส (glomerulus) ที่ไตได้อย่างอิสระ ยกเว้นโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 50,000 ดาลตันขึ้นไปจะไม่สามารถกรองผ่านโกลเมอรูลัสได้ สารบางชนิดที่เป็นของเสียที่เกิดขึ้นในเมแทบอลิซึมจะถูกกำจัดออกทางปัสสาวะ โดยไม่ได้ถูกดูดซึมกลับ หรืออาจมีการดูดซึมกลับเพียงเล็กน้อยที่หลอดไต (tubule) การดูดซึมกลับอาจเป็นทั้งกลไกที่ใช้พลังงานและไม่ใช้พลังงาน หรือทั้ง 2 อย่างร่วมกัน

สำหรับอิเล็กโทรไลต์ทั้งไอออนประจุบวกและไอออนประจุลบมีหน้าที่ ดังนี้

ก. เกี่ยวข้องกับการออสโมซิส ช่วยดึงน้ำไว้ในส่วนต่าง ๆ ของร่างกายให้เหมาะสม

ข. ช่วยในการทำงานของเซลล์กล้ามเนื้อและเซลล์ประสาท

ค. ช่วยในการทำงานของเซลล์ที่ทำหน้าที่ในการหลั่งสารต่าง ๆ

ง. ช่วยควบคุมความไวต่อการกระตุ้นของเซลล์ให้อยู่ในภาวะปกติ

ภาวะสมดุลของน้ำในร่างกาย

ร่างกายของคนปกติสามารถมีชีวิตอยู่ได้ ถึงแม้จะไม่ได้รับอาหารเป็นเวลาหลายสัปดาห์ แต่ไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้เมื่อขาดน้ำเพียง 2-3 วัน โดยปกติ ร่างกายจะพยายามรักษาภาวะสมดุลของน้ำอยู่เสมอ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำที่ร่างกายได้รับเข้าไป และจำนวนน้ำที่ร่างกายขับออกมา ร่างกายจะสูญเสียน้ำอยู่ตลอดเวลาทางผิวหนัง ***น้ำจะไม่ถูกเก็บสะสมไว้ในร่างกาย จึงจำเป็นต้องได้รับน้ำทุกวัน*** น้ำส่วนใหญ่เข้าสู่ร่างกายโดยปะปนไปกับอาหาร การดื่มน้ำ เครื่องดื่มชนิดต่าง ๆ และอาหารหลายชนิดมีเปอร์เซ็นต์น้ำสูง เช่น ผักและผลไม้ ในแต่ละวันควรดื่มน้ำประมาณ 1.5 ลิตร (6-8 แก้ว)

น้ำที่ร่างกายได้รับจากอาหารและเครื่องดื่มต่าง ๆ จะเข้าสู่ร่างกายโดยการดูดซึมที่กระเพาะอาหารและลำไส้เล็กพร้อมกับสารอาหารชนิดต่าง ๆ ในรูปสารละลาย และบางส่วนจะถูกดูดซึมที่ลำไส้ใหญ่ นอกจากนั้นยังมีน้ำบางส่วนที่ร่างกายได้รับจากปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์ เรียกว่า น้ำจากเมแทบอลิซึม (metabolic water) เช่น ปฏิกิริยาการออกซิไดส์น้ำตาลกลูโคส 1 กรัม ให้เป็นพลังงาน จะได้น้ำออกมาประมาณ 0.6 กรัม การออกซิไดส์โปรตีนและไขมันจะได้น้ำออกมา 0.41 และ 1.07 กรัม ตามลำดับ

ร่างกายสูญเสียน้ำประมาณวันละ 1.5 ลิตร ส่วนใหญ่สูญเสียออกจากร่างกายทางไตในรูปของปัสสาวะอย่างน้อยวันละ 600 มิลลิลิตร เพื่อขับของเสียออกจากร่างกาย ได้แก่ ยูเรีย แอมโมเนีย และกรดยูริก เป็นต้น น้ำบางส่วนระเหยออกทางผิวหนังที่ขับออกมาในรูปของเหงื่อ และระเหยเป็นไอน้ำออกมาทางลมหายใจออก และมีส่วนน้อยออกมากับอุจจาระ ปริมาตรน้ำ

ที่ร่างกายได้รับและที่ขับออกจากร่างกาย ดังแสดงในตารางที่ 3.3 การเปลี่ยนภาวะสมดุลของน้ำเพียง 1-2 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้เกิดความผิดปกติแก่ร่างกายและอาจตายได้ ระบบการควบคุมภาวะสมดุลของน้ำในร่างกายอยู่ที่สมองส่วนไฮโพทาลามัส

ตารางที่ 3.3 ปริมาตรน้ำที่ร่างกายได้รับและที่ขับออกจากร่างกายในคนปกติ

ปริมาตรน้ำที่ร่างกายได้รับ		ปริมาตรน้ำที่ขับออกจากร่างกาย	
อาหาร	700-1,000 มิลลิลิตร	ปัสสาวะ	1,400 มิลลิลิตร
น้ำและเครื่องดื่ม	550-1,500 มิลลิลิตร	ลมหายใจออกทางปอด	350 มิลลิลิตร
น้ำที่ได้จากการออกซิเดชันสารอาหาร		ผิวหนังและเหงื่อ	450-900 มิลลิลิตร
ภายในร่างกาย	200-300 มิลลิลิตร	อุจจาระ	150 มิลลิลิตร
รวม	**1,450-2,800 มิลลิลิตร**	**รวม**	**1,450-2,800 มิลลิลิตร**

ที่มา : ดัดแปลงจาก Sizer and Whitney (2000)

ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลของน้ำในร่างกาย

ปริมาณน้ำที่ร่างกายได้รับและที่ขับถ่ายออกจากร่างกายในแต่ละวันจะอยู่ในภาวะสมดุลได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่

1. อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมรอบตัวเรา ถ้าอุณหภูมิรอบตัวเราสูงกว่าอุณหภูมิของร่างกาย จะทำให้ร่างกายพยายามขับเหงื่อออกมา ส่งผลให้น้ำระเหยออกทางผิวหนังได้มากขึ้น ร่างกายจะสูญเสียน้ำมากขึ้น

2. ความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศ ถ้าอากาศรอบ ๆ ตัวเรามีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ อากาศแห้ง หรือมีลมพัดแรง จะสูญเสียน้ำออกทางผิวหนังมากกว่าปกติ เช่น ในฤดูหนาวผิวจะแห้งเนื่องจากอากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ

3. การออกกำลังกาย ถ้าออกกำลังกายมาก ๆ ร่างกายจะสูญเสียน้ำทางผิวหนังและทางลมหายใจออกมากขึ้น เช่น นักกีฬาที่เสียเหงื่อมาก ร่างกายจะสูญเสียทั้งน้ำและไอออน โดยเฉพาะไอออนที่อยู่ในของเหลวภายนอกเซลล์ เช่น โซเดียมไอออน ดังนั้นจึงต้องกินเข้าไปทดแทนให้เพียงพอ เช่น การดื่มน้ำเกลือแร่

4. ส่วนประกอบของอาหารที่กินเข้าไป ถ้าอาหารที่กินเข้าไปมีน้ำมาก ร่างกายจะได้รับน้ำมาก เช่น การกินข้าวต้มแทนข้าวสวย หากอาหารที่กินเข้าไปมีน้ำน้อย จะทำให้ร่างกายได้รับน้ำน้อยไปด้วย

5. การกระหายน้ำ เมื่อร่างกายสูญเสียน้ำมากกว่าปกติจะกระตุ้นให้รู้สึกกระหายน้ำ ทำให้ต้องดื่มน้ำเข้าไปทดแทนน้ำที่สูญเสียไป เพื่อรักษาสมดุลของน้ำในร่างกายให้อยู่ในภาวะปกติ

6. ฮอร์โมนจากต่อมพิทูอิทารี เมื่อร่างกายขาดน้ำ ต่อมพิทูอิทารีส่วนหลังจะหลั่งแอนตีไดยูรีติกฮอร์โมน (antidiuretic hormone, ADH) ออกมา และส่งไปยังไต เพื่อทำหน้าที่ควบคุมให้ไตดูดซึมน้ำกลับเข้าสู่ร่างกายมากขึ้น ทำให้มีน้ำถูกขับออกมาในรูปปัสสาวะลดน้อยลง อาจส่งผลทำให้ปัสสาวะขุ่นข้นได้ โดยปกติในปัสสาวะมีน้ำเป็นส่วนประกอบประมาณ 97 เปอร์เซ็นต์

หน้าที่ของน้ำในร่างกาย

น้ำมีหน้าที่และมีความสำคัญต่อร่างกาย ดังต่อไปนี้

1. น้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญภายในเซลล์ ของเหลวต่าง ๆ ทั่วร่างกายเป็นส่วนประกอบของเลือด ซึ่งในเลือดมีน้ำอยู่ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ และน้ำยังเป็นส่วนประกอบของอวัยวะต่าง ๆ (ตารางที่ 3.4)

2. น้ำเป็นตัวทำละลาย ทำหน้าที่ละลายสารอาหารต่าง ๆ ในร่างกาย เช่น น้ำตาลกลูโคส กรดแอมิโน วิตามิน แร่ธาตุ และสารประกอบที่มีโมเลกุลขนาดเล็กอื่น ๆ

3. ช่วยควบคุมอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ หากร่างกายมีอุณหภูมิสูงจะระเหยน้ำออกทางผิวหนังและปอด เพื่อช่วยลดอุณหภูมิของร่างกาย

4. ช่วยในการย่อย การดูดซึม และการนำพาสารอาหารต่าง ๆ ไปยังเซลล์ต่าง ๆ ทั่วร่างกาย

5. ช่วยในการไหลเวียนของสารต่าง ๆ ภายในร่างกาย

6. ช่วยในการขับถ่ายและกำจัดของเสียออกจากร่างกายทางไต โดยมีสารต่าง ๆ ที่ละลายอยู่ในปัสสาวะ เช่น ยูเรีย แอมโมเนีย กรดยูริก และสารพิษที่ร่างกายอาจได้รับซึ่งจะถูกขับออกทางไตด้วย

7. ร่วมในปฏิกิริยาทางชีวเคมีต่าง ๆ ในเมแทบอลิซึม เช่น ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของสารอาหารต่าง ๆ ในร่างกายจะเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ต้องมีน้ำ

8. ช่วยหล่อลื่นในการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกาย เช่น ตา ไขสันหลัง ข้อต่อ และน้ำในถุงน้ำคร่ำ

9. ช่วยให้ผิวหนังชุ่มชื้นไม่แห้ง หากร่างกายได้รับน้ำไม่เพียงพอจะทำให้ผิวหนังเหี่ยวแห้ง

ความต้องการน้ำของร่างกาย

ในแต่ละวันร่างกายจะหลั่งน้ำย่อยออกมาในระบบทางเดินอาหารประมาณ 6-7 ลิตร ประกอบด้วยน้ำลายประมาณ 1 ลิตร น้ำย่อยในกระเพาะอาหาร 1.5 ลิตร น้ำย่อยจากตับอ่อน 1 ลิตร น้ำดี 1 ลิตร น้ำย่อยในลำไส้เล็ก 2 ลิตร และในลำไส้ใหญ่อีกประมาณ 200 มิลลิลิตร น้ำเหล่านี้ส่วนใหญ่ถูกดูดซึมกลับเข้าสู่ร่างกาย