สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 วิวัฒนาการของระบบบดเคี้ยว (Evolution of Masticatory System) 1

- บทนำ 1
- วิวัฒนาการของกระดูกขากรรไกร
  - โครงสร้างของกะโหลกศีรษะสัตว์มีกระดูกสันหลังในยุคแรก: นิวโรเครเนียมและวิสเซอโรเครเนียม 3
  - ช่องเปิดบริเวณขมับเอื้อให้มีการเจริญของกล้ามเนื้อหุบขากรรไกร 6
- วิวัฒนาการของกล้ามเนื้อบดเคี้ยว 8
- วิวัฒนาการของข้อต่อขากรรไกร 9
  - ข้อต่อขากรรไกรของสัตว์มีกระดูกสันหลังชนิดอื่นแตกต่างจากในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม 9
  - ระบบการได้ยินเกี่ยวข้องกับวิวัฒนาการของข้อต่อขากรรไกร 11
- วิวัฒนาการของรูปร่างฟัน 13
  - ฟันในสัตว์มีกระดูกสันหลังยุคแรกมีวิวัฒนาการมาจากเกล็ดของปลา 13
  - สัตว์มีกระดูกสันหลังชั้นต่ำมีฟันที่มีลักษณะกรวยแหลมคล้ายกันทุกซี่ และมีการผลัดฟันได้ตลอดชีวิต 14
  - ไดโนเสาร์มีฟันคล้ายสัตว์เลื้อยคลานแต่บางชนิดมีพัฒนาการให้เคี้ยวพืชได้ 15
  - สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมในยุคแรกมีฟันที่มีรูปร่างต่างกันในขากรรไกร และฟันกรามเริ่มมีจำนวนปุ่มฟันมากขึ้น 17
  - การวิวัฒนาการของฟันกรามในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมยุคแรก ทำให้ฟันกรามสามารถฉีกตัดอาหารได้หลากหลายชนิด 18
  - ฟันกรามไทรโบสฟีนิกเป็นต้นแบบของฟันกรามของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมในยุคปัจจุบัน สามารถใช้ในการฉีก เจาะ และบด ได้ในฟันซี่เดียวกัน 20
  - วิวัฒนาการจากฟันกรามไทรโบสฟีนิกไปเป็นฟันกรามของสัตว์กินเนื้อและสัตว์กินพืช 20
  - ฟันคาร์แนสเซียลคือวิวัฒนาการของฟันของสัตว์กินเนื้อ และฟันไดแลมโดดอนต์ คือวิวัฒนาการของฟันของสัตว์กินแมลง 22
  - ไฮโปโคนคือปุ่มฟันที่เป็นกำเนิดของฟันกรามของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่กินพืช 23
  - บูโนดอนต์คือลักษณะปุ่มฟันของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่กินทั้งเนื้อและพืช 24
- วิวัฒนาการของไพรเมต 24
  - การปรับตัวต่างๆ ของไพรเมต ตั้งแต่ระบบการเคลื่อนที่ อวัยวะรับความรู้สึก กะโหลกและสมอง มีความสำคัญต่อการดำรงชีพบนต้นไม้ 26

สารบัญ

หน้า

ฟันของไพรเมตมีวิวัฒนาการไปสู่การใช้ฟันตัดเพื่อฉีกอาหาร และการใช้ฟันกรามเพื่อบดเคี้ยวอาหารได้ทั้งพืชและเนื้อ 28

- วิวัฒนาการของกะโหลกและขากรรไกรมนุษย์ 33
- กายวิภาคศาสตร์เปรียบเทียบของฟัน 35
- บทสรุป 56
- เอกสารอ้างอิง 57

บทที่ 2 โครงสร้างของระบบบดเคี้ยว (Structure of Masticatory System)

- บทนำ 59
- พัฒนาการของฟัน 59

การพัฒนาการของฟันเกิดจากการปฏิสัมพันธ์ระหว่างเยื่อบุผิวช่องปากกับเนื้อเยื่อของขากรรไกร 60

การสร้างเคลือบฟันมีลักษณะเฉพาะที่ไม่เหมือนเนื้อเยื่อแข็งอื่นๆ ในร่างกาย 62

การสร้างเนื้อฟันเกิดจากการสะสมของผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์บนโครงข่ายคอลลาเจนไฟบริล 63

การพัฒนาของรากฟันและเคลือบรากฟันถูกกำหนดโดยเยื่อบุผิวหุ้มราก 65

- เคลือบฟัน 66

อีนาเมลอยด์เป็นเนื้อเยื่อชั้นนอกสุดของฟันในปลาและสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ 68

แท่งเคลือบฟันเกิดจากทิศทางการเรียงตัวของผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่มีลักษณะเฉพาะ 70

สารอินทรีย์ภายในเคลือบฟันมีบทบาทสำคัญในการควบคุมขนาดและทิศทางการเรียงตัวของผลึก 71

ร่องรอยต่างๆ ที่สัมพันธ์กับพัฒนาการและโครงสร้างระดับจุลภาคของเคลือบฟัน 72

- เนื้อฟัน 74

เนื้อฟันมีลักษณะเป็นรูพรุนจากท่อเนื้อฟันจำนวนมาก 76

ลักษณะของท่อเนื้อฟันมีความแตกต่างกันในสัตว์แต่ละชนิด 78

ร่องรอยต่างๆ ของเนื้อฟันบ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงระหว่างการสร้างเนื้อฟัน 80

สารอินทรีย์เนื้อฟันที่ไม่ใช่คอลลาเจนหลายชนิดมีหน้าที่ที่หลากหลาย 81

- เนื้อเยื่อใน 82

เซลล์สร้างเนื้อฟันเป็นเซลล์สำคัญของเนื้อเยื่อในร่วมกับเซลล์อื่นอีกหลายชนิด 83

เนื้อเยื่อในเป็นเนื้อเยื่ออ่อนที่มีอัตราการไหลเวียนของเลือดมากที่สุดชนิดหนึ่ง 87

สารบัญ

หน้า

เนื้อเยื่อในมีใยประสาทรับความรู้สึกที่หนาแน่นเพื่อควบคุมการทำงานของเซลล์ภายในและรับความรู้สึก 88
กลไกไฮโดรไดนามิกส์ของท่อเนื้อฟันอาจใช้รับความรู้สึกที่ไม่เกี่ยวข้องกับความเจ็บปวด 91

■ เคลือบรากฟัน 93
เคลือบรากฟันแบ่งเป็น 3 ชนิดตามลักษณะการพบเซลล์ที่อยู่ภายใน และลักษณะของคอลลาเจนไฟบริล 94

■ เอ็นยึดปริทันต์ 97
องค์ประกอบหลักของเอ็นยึดปริทันต์คือเส้นใยคอลลาเจนที่อยู่รวมกันเป็นมัดหลายทิศทาง 99
ไฟโบรบลาสต์ภายในเอ็นยึดปริทันต์มีคุณสมบัติพิเศษที่หดตัวได้เนื่องจากมีแอกติน 101
เอ็นยึดปริทันต์มีหลอดเลือดมาเลี้ยงเป็นจำนวนมากร่วมกับการมีปลายประสาทรับความรู้สึกเชิงกลที่ไวต่อการเปลี่ยนตำแหน่งของฟัน 102

■ กระดูกขากรรไกร 102
กระดูกขากรรไกรบนทั้งหมดเป็นกระดูกเยื่อขณะที่บางส่วนของกระดูกขากรรไกรล่างเกิดจากกระดูกอ่อน 104
ส่วนยื่นเบ้าฟันมีโครงสร้างเหมาะสมกับการรองรับแรงและการเคลื่อนของฟัน 105
การปรับรูปของกระดูกเบ้าฟันมีความสำคัญในการชดเชยการสึกของฟันด้านประชิดและการสึกด้านบดเคี้ยว 107

■ เยื่อเมือกช่องปาก 107
เยื่อเมือกช่องปากถูกออกแบบให้สอดคล้องกับการทำหน้าที่ในการกินอาหาร 107
เหงือกเป็นเยื่อเมือกช่องปากที่มีความสำคัญต่อการรับแรงในขณะเคี้ยวอาหารและปกป้องอวัยวะปริทันต์ 112
เยื่อเมือกของลิ้นเป็นเยื่อเมือกช่องปากชนิดพิเศษที่มีการเปลี่ยนแปลงเพื่อการรับรส 113
ลิ้นประกอบด้วยกล้ามเนื้อภายนอกและภายในที่ช่วยให้สามารถทำหน้าที่ได้หลากหลาย 115

■ ต่อมน้ำลาย 115
น้ำลายถูกสร้างจากเอซินัสก่อนไหลผ่านระบบท่อที่มีการแลกเปลี่ยนอิออน 117
น้ำลายเพียงปริมาณเล็กน้อยแต่กลับมีความสำคัญมากต่อการทำหน้าที่ของช่องปาก 120

■ กล้ามเนื้อบดเคี้ยวและกล้ามเนื้อขากรรไกร 122
กล้ามเนื้อขากรรไกรช่วยให้ขากรรไกรเคลื่อนที่และออกแรงบดเคี้ยวได้หลายทิศทาง 122
กล้ามเนื้อเหนือกระดูกไฮออยด์ กล้ามเนื้อใต้กระดูกไฮออยด์ และกล้ามเนื้อใบหน้าแม้ไม่ได้จัดว่าเป็นกล้ามเนื้อบดเคี้ยว แต่มีความสำคัญต่อการเคี้ยวอาหาร 125

สารบัญ

หน้า

หน่วยยนต์เป็นหน่วยเล็กที่สุดที่ระบบประสาทสามารถควบคุมกล้ามเนื้อได้อย่างอิสระ..... 126
กล้ามเนื้อหุบและอ้าขากรรไกรจะทำงานสลับกัน โดยกล้ามเนื้อทั้งสองด้านมีการหดตัว
ที่สอดคล้องกัน..... 128

- ข้อต่อขากรรไกร 130

พัฒนาการของข้อต่อขากรรไกรของมนุษย์และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมสะท้อนให้เห็นถึง
การวิวัฒนาการอันยาวนาน..... 131
ข้อต่อขากรรไกรมีลักษณะบางอย่างที่แตกต่างจากข้อต่อซิโนเวียลทั่วไป..... 132
หมอนรองข้อต่อเป็นโครงสร้างสำคัญต่อการรองรับแรงและการเคลื่อนที่ของข้อต่อขากรรไกร.... 133
การเคลื่อนตัวอย่างแม่นยำของคอนดายล์ระหว่างการอ้าปากถูกควบคุมด้วยกลไก
ของเอ็นยึดรอบข้อต่อขากรรไกร..... 134

- บทสรุป 135
- เอกสารอ้างอิง 137

บทที่ 3 กลศาสตร์ของการเคี้ยวอาหาร (Mechanics of Mastication)

- บทนำ 145
- ระยะต่างๆ ของการเคี้ยวอาหาร 145

ทิศทางการเคลื่อนที่ของขากรรไกรมีความสัมพันธ์กับอาหารและรูปร่างของฟัน..... 149

- การประเมินการทำหน้าที่ในการเคี้ยวอาหาร 151

ความละเอียดของอาหารจากการบดเคี้ยวขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก 2 ประการ..... 151
สมรรถนะการบดเคี้ยววัดจากค่ามัธยฐานของชิ้นอาหารซึ่งมีการกระจายของขนาดอาหาร
ตามสมการของโรซิน-แรมเลอร์..... 153
การประเมินการบดเคี้ยวทำได้ทั้งแบบจิตพิสัยและวัตถุพิสัย..... 154
การวัดประสิทธิภาพการบดเคี้ยวที่แท้จริงควรคำนึงถึงต้นทุนของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวด้วย..... 157
การเคี้ยวอาหารและการกลืนมีความสัมพันธ์กัน..... 158

- กลศาสตร์การออกแบบรูปร่างฟัน 161

กลไกในการบดเคี้ยวประกอบด้วยการตัด ฉีก และบด..... 161
คุณสมบัติสำคัญของอาหารที่กำหนดความยากง่ายของการเคี้ยวคือความเหนียว
และค่ามอดูลัสความยืดหยุ่น..... 163
ฟันตัดมีหน้าที่ในการฉีก ตัด เจาะ และจับอาหาร..... 166

สารบัญ

หน้า

ฟันตัดของแอนโทรพอยด์เป็นรูปใบพายเหมาะสมกับการกินผลไม้ ... 169
ฟันเขี้ยวมีหน้าที่ในการล่าหรือต่อสู้ ... 170
ฟันหลังมีหน้าที่ในการบดตัดอาหารให้แหลกเป็นชิ้น ... 170
อาหารจำพวกแมลงถูกบดเคี้ยวได้ดีโดยฟันกรามไทรโบสฟีนิก ... 171
ฟันคาร์แนสเซียลคล้ายกับใบมีด ใช้เคี้ยวอาหารจำพวกเนื้อสัตว์ได้ดี ... 173
ปุ่มฟันกรามของสัตว์กินพืชมีการสึกของด้านบดเคี้ยวจนเกิดเป็นสันคม และมีประสิทธิภาพในการฉีกตัดอาหารที่เหนียวและมีเส้นใย ... 173
ลักษณะของฟันมนุษย์วานรและมนุษย์ปัจจุบันเหมาะกับการกินอาหารที่หลากหลาย ... 174
ขนาดของฟันถูกกำหนดด้วยขนาดร่างกายและชนิดของอาหาร ... 175

■ กลศาสตร์การออกแบบกล้ามเนื้อและขากรรไกร 178
สัตว์กินพืชประเภทกิ่งและใบใช้กล้ามเนื้อแมสซีเตอร์และเทอริกอยด์มัดในเป็นหลักและมีข้อต่อขากรรไกรสูงกว่าระนาบสบฟัน ... 178
สัตว์กินเนื้อมีเรมัสเตี้ยและมีกล้ามเนื้อขมับที่ใหญ่ เอื้อต่อการเป็นผู้ล่า ... 179
กล้ามเนื้อขากรรไกรของแอนโทรพอยด์ถูกออกแบบให้เหมาะกับการมีลำตัวตั้งตรง ... 181
สัตว์ฟันแทะเคลื่อนขากรรไกรในแนวหน้าหลังในขณะแทะสิ่งของและเคี้ยวอาหาร ... 181

■ แรงกัดและแรงบดเคี้ยว 182
ระบบบดเคี้ยวเปรียบเสมือนระบบคานประเภทที่ 3 ... 182
การวัดแรงกัดต้องพิจารณาทั้งขนาดและทิศของแรง ... 184
ขนาดและทิศของแรงกัดบนฟันธรรมชาติขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง ... 187
ขนาดของแรงกัดบ่งบอกถึงศักยภาพของระบบบดเคี้ยว ... 190
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของขากรรไกรร่วมกับการโปรแกรมเชิงเส้นสามารถใช้ในการทำนายแรงที่เกิดขึ้นต่อขากรรไกร ... 191

■ การเปลี่ยนรูปของฟันและขากรรไกรในขณะเคี้ยวอาหาร 194
■ บทสรุป 197
■ เอกสารอ้างอิง 198

บทที่ 4 ระบบประสาทที่ควบคุมระบบบดเคี้ยว (Neural Control of Mastication) 207
■ บทนำ 207
■ ความสำคัญของการรับความรู้สึกของระบบบดเคี้ยว

สารบัญ

หน้า

ตัวรับความรู้สึกคือส่วนปลายของใยประสาทรับความรู้สึกที่มีโครงสร้างเฉพาะ..... 208
ดีโพลาไรเซชันของตัวรับความรู้สึกเกิดจากการเปิดประตูไอออนโดยตรงหรือผ่านการกระตุ้นตัวรับที่เยื่อหุ้มเซลล์..... 209

■ การรับรส 211
การถ่ายโอนสัญญาณของการรับรสเป็นระบบที่มีวิถีการสื่อสัญญาณที่หลากหลาย..... 211
วิถีประสาทของการรับรสไปสิ้นสุดในระดับเปลือกสมองรับรสปฐมภูมิและทุติยภูมิ..... 213

■ ความรู้สึกสัมผัสในช่องปาก 216
การถ่ายโอนสัญญาณของความรู้สึกสัมผัสภายในช่องปากเกิดจากการกระตุ้นปลายประสาทรับความรู้สึกทั้งที่ผิวและในส่วนลึก..... 216
ตัวรับความรู้สึกเชิงกลของเยื่อเมือกสามารถแบ่งเป็นกลุ่มที่ปรับตัวช้าและปรับตัวเร็ว..... 218
ข้อมูลเกี่ยวกับความรู้สึกเชิงกลภายในช่องปากถูกส่งไปยังไทรเจมินัลนิวเคลียร์คอมเพล็กซ์..... 219

■ ความรู้สึกจากฟัน 223
การรับความรู้สึกในเอ็นยึดปริทันต์มีความสำคัญต่อการรับรู้ตำแหน่งของฟัน..... 223
เนื้อเยื่อในร่วมกับเนื้อฟันมีกลไกรับรู้การเปลี่ยนแปลงของผิวฟัน..... 231

■ การรับรู้อุณหภูมิภายในช่องปาก 237
ตัวรับอุณหภูมิในช่องปากมีความหนาแน่นค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับส่วนอื่นๆ ของร่างกาย..... 237
กลไกการถ่ายโอนสัญญาณของการรับอุณหภูมิเกี่ยวข้องกับตัวรับในตระกูล TRP..... 238

■ การรับรู้อากัปกริยาของขากรรไกร 241
มัสเซิลสปินเดิลในกล้ามเนื้อหุบขากรรไกรมีจำนวนมากแต่พบน้อยในกล้ามเนื้ออ้าขากรรไกร... 241
กอลจิเท็นดอนออร์แกนมีบทบาทในการบอกขนาดของแรงหดตัวของกล้ามเนื้อแต่ไม่ค่อยพบในกล้ามเนื้อขากรรไกร..... 248
ตัวรับความรู้สึกเชิงกลในข้อต่อขากรรไกรพบในบริเวณแคปซูลและเอ็นยึดแต่ไม่พบในบริเวณที่รองรับแรง..... 248

■ ระบบประสาทสั่งการของระบบบดเคี้ยว 251
การเคี้ยวอาหารสันนิษฐานว่าเป็นพัฒนาการมาจากการดูดนมของทารก..... 251
นิวเคลียสยนต์ของเส้นประสาทสมองคู่ที่ 5 7 และ 12 มีบทบาทสำคัญในการควบคุมการเคี้ยวอาหาร..... 252
สมองควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อผ่านพีรามิดัลและเอกซ์ทราพีรามิดัลแทรคท์..... 254

สารบัญ

หน้า

ตัวรับความรู้สึกคือส่วนปลายของใยประสาทรับความรู้สึกที่มีโครงสร้างเฉพาะ 208
ดีโพลาไรเซชันของตัวรับความรู้สึกเกิดจากการเปิดประตูไอออนโดยตรงหรือผ่านการกระตุ้นตัวรับที่เยื่อหุ้มเซลล์ 209

■ การรับรส 211
การถ่ายโอนสัญญาณของการรับรสเป็นระบบที่มีวิถีการสื่อสัญญาณที่หลากหลาย 211
วิถีประสาทของการรับรสไปสิ้นสุดในระดับเปลือกสมองรับรสปฐมภูมิและทุติยภูมิ 213

■ ความรู้สึกสัมผัสในช่องปาก 216
การถ่ายโอนสัญญาณของความรู้สึกสัมผัสภายในช่องปากเกิดจากการกระตุ้นปลายประสาทรับความรู้สึกทั้งที่ผิวและในส่วนลึก 216
ตัวรับความรู้สึกเชิงกลของเยื่อเมือกสามารถแบ่งเป็นกลุ่มที่ปรับตัวช้าและปรับตัวเร็ว 218
ข้อมูลเกี่ยวกับความรู้สึกเชิงกลภายในช่องปากถูกส่งไปยังไทรเจมินัลนิวเคลียร์คอมเพล็กซ์ 219

■ ความรู้สึกจากฟัน 223
การรับความรู้สึกในเอ็นยึดปริทันต์มีความสำคัญต่อการรับรู้ตำแหน่งของฟัน 223
เนื้อเยื่อในร่วมกับเนื้อฟันมีกลไกรับรู้การเปลี่ยนแปลงของผิวฟัน 231

■ การรับรู้อุณหภูมิภายในช่องปาก 237
ตัวรับอุณหภูมิในช่องปากมีความหนาแน่นค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับส่วนอื่นๆ ของร่างกาย 237
กลไกการถ่ายโอนสัญญาณของการรับอุณหภูมิเกี่ยวข้องกับตัวรับในตระกูล TRP 238

■ การรับรู้อากัปกริยาของขากรรไกร 241
มัสเซิลสปินเดิลในกล้ามเนื้อหุบขากรรไกรมีจำนวนมากแต่พบน้อยในกล้ามเนื้ออ้าขากรรไกร 241
กอลจิเท็นดอนออร์แกนมีบทบาทในการบอกขนาดของแรงหดตัวของกล้ามเนื้อแต่ไม่ค่อยพบในกล้ามเนื้อขากรรไกร 248
ตัวรับความรู้สึกเชิงกลในข้อต่อขากรรไกรพบในบริเวณแคปซูลและเอ็นยึดแต่ไม่พบในบริเวณที่รองรับแรง 248

■ ระบบประสาทสั่งการของระบบบดเคี้ยว 251
การเคี้ยวอาหารสันนิษฐานว่าเป็นพัฒนาการมาจากการดูดนมของทารก 251
นิวเคลียสยนต์ของเส้นประสาทสมองคู่ที่ 5 7 และ 12 มีบทบาทสำคัญในการควบคุมการเคี้ยวอาหาร 252
สมองควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อผ่านพีรามิดัลและเอกซ์ทราพีรามิดัลแทรคท์ 254

สารบัญ

หน้า

การกระตุ้นหลายบริเวณของเปลือกสมองสั่งการหรือภายในช่องปากสามารถกระตุ้นให้สัตว์เริ่มเคี้ยวได้ 255

การเคี้ยวที่สมบูรณ์ต้องอาศัยการทำงานร่วมกันระหว่างระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทส่วนปลาย 256

เซ็นทรัลแพทเทอร์นเจเนอเรเตอร์ควบคุมจังหวะและลำดับของการทำงานของกล้ามเนื้อขากรรไกร กล้ามเนื้อลิ้น และกล้ามเนื้อใบหน้าที่เกี่ยวข้องขณะเคี้ยวอาหาร 257

เซ็นทรัลแพทเทอร์นเจเนอเรเตอร์สามารถปรับแต่งการทำงานของเซลล์ประสาทยนต์ของกล้ามเนื้อขากรรไกร 258

ขนาด ความเหนียว ความแข็งของอาหาร สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการเคี้ยวอาหารได้ 261

รีเฟล็กซ์เป็นวงจรประสาทอย่างง่ายที่ช่วยสนับสนุนการทำหน้าที่และปกป้องเนื้อเยื่อในช่องปาก 262

- บทสรุป 270
- เอกสารอ้างอิง 271

บทที่ 5 ผลของการเคี้ยวอาหารต่อสุขภาพ (Effect of Mastication on Health)

- บทนำ 287
- ผลต่อช่องปากและโภชนาการ 287

การมีฟันเคี้ยวอาหารช่วยให้มนุษย์เลือกรับประทานอาหารที่หลากหลายขึ้นและอาจส่งผลต่อภาวะโภชนาการ 287

การเคี้ยวอาหารอาจมีบทบาทสำคัญต่อสุขภาพที่ดีของอวัยวะปริทันต์ 288

การเคี้ยวอาหารกระตุ้นให้มีการหลั่งน้ำลายเพิ่มขึ้น ช่วยให้ช่องปากทำหน้าที่ได้ดีขึ้น 290

การเคี้ยวอาหารกระตุ้นกระดูกขากรรไกรและข้อต่อขากรรไกรให้มีความแข็งแรงมากขึ้น 291

- ผลต่อการทำงานของสมอง 292

การเคี้ยวอาหารส่งผลให้มีการทำงานของเซลล์สมองดีขึ้นโดยเฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องกับความจำและการเรียนรู้ 292

- ผลต่อระบบอื่นๆ ของร่างกาย 296

การเคี้ยวอาหารช่วยทำให้การทำงานของระบบทางเดินอาหารและทางเดินหายใจเป็นไปอย่างปกติ 296

การเคี้ยวอาหารช่วยเร่งการเผาผลาญไขมันในร่างกาย 299

สารบัญ

หน้า

การเคี้ยวอาหารสามารถระงับความเจ็บปวดทั้งในมนุษย์และสัตว์ทดลอง..... 301
การเคี้ยวอาหารช่วยลดผลกระทบจากความเครียดต่อการทำงานของสมอง..... 301

■ ผลของการเคี้ยวอาหารให้ช้าลง 304
การเคี้ยวอาหารช้าลงช่วยปกป้องระบบบดเคี้ยวและมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น..... 304

■ บทสรุป 306

■ เอกสารอ้างอิง 306

ภาคผนวก 315

ดัชนี 331