สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 คำจำกัดความและข้อดีของ low flow anesthesia

(Definition and advantage of low flow anesthesia) 1

1. คำจำกัดความของ low flow anesthesia 2
2. ข้อดีของการใช้ low flow anesthesia 10
   - 2.1. ลดปริมาณ anesthetic gas และยา volatile anesthetic ที่ใช้ในการดมยาสลบ 10
   - 2.2. ลดค่าใช้จ่าย 11
   - 2.3. ลดมลภาวะสิ่งแวดล้อม 13
   - 2.4. เพิ่มอุณหภูมิและความชื้นของลมหายใจเข้าของผู้ป่วย 16

บทที่ 2 วงจรวางยาสลบสำหรับ low flow anesthesia และอุปกรณ์ดูดซับก๊าซ carbon dioxide

(Anesthetic circuit for low flow anesthesia and carbon dioxide absorber) 24

1. วงจรวางยาสลบสำหรับ low flow anesthesia 24
   - 1.1. แบ่งประเภทตามลักษณะโครงสร้าง 24
   - 1.2. แบ่งประเภทตามลักษณะการทำงาน 30
   - 1.3. ความสัมพันธ์ของการทำงานของวงจรชนิดต่างๆ ตามโครงสร้างและลักษณะการทำงาน 31
2. สารดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ 34
   - 2.1. Soda lime 35
   - 2.2. Baralyme 35
   - 2.3. New generation CO_2 absorbent 36

สารบัญ

หน้า

บทที่ 3 เภสัชจลนศาสตร์ของยาสลบชนิดสูดดม

(Pharmacokinetics of inhalation anesthetic) 43

1. ยาสลบชนิดสูดดม 43

1.1. ก๊าซทางการแพทย์และยาสลบชนิดที่เป็นก๊าซ 43

1.1.1. ออกซิเจน 43

1.1.2. ไนตรัสออกไซด์ 48

1.1.2.1. Concentration effect 50

1.1.2.2. Augmented inflow effect 52

1.1.2.3. Second gas effect 53

1.2. ยาสลบชนิดที่เป็นไอระเหย 55

2. ขั้นตอนต่างๆ ของการนำยา inhalation anesthetic เข้าร่างกาย 58

2.1. ขั้นตอนการนำยา inhalation anesthetic เข้าไปในปอด 58

2.2. ขั้นตอนการดูดซึมของยา inhalation anesthetic จากปอดเข้ากระแสเลือดผ่านผนังของถุงลม 61

2.3. ขั้นตอนการนำยา inhalation anesthetic ไปสู่ส่วนต่างๆ ของร่างกายทางกระแสเลือด 65

2.4. ขั้นตอนยา inhalation anesthetic ซึมผ่านจากหลอดเลือดเข้าสู่อวัยวะต่างๆ 67

3. Minimum alveolar concentration (MAC) 67

4. ทฤษฎีการออกฤทธิ์ของ inhalation anesthetic 70

5. ขบวนการ metabolism 70

6. การฟื้นจากยาดมสลบ 71

7. Diffusion hypoxia 71

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 4 เภสัชวิทยาทางคลินิกของยาสลบชนิดที่เป็นก๊าซและยาสลบชนิดที่เป็นไอระเหยที่ใช้ทางวิสัญญี	
(Clinical pharmacology of anesthetic gas and volatile anesthetic)	79
1. คุณสมบัติในอุดมคติของยาสลบชนิดที่เป็นไอระเหย	79
1.1. คุณสมบัติทางกายภาพ	79
1.2. คุณสมบัติทางเภสัชจลนศาสตร์	82
1.3. คุณสมบัติทางเภสัชพลศาสตร์	86
2. คุณสมบัติของ inhalation anesthetic ที่ใช้ในปัจจุบัน	87
2.1. คุณสมบัติร่วมของยา inhalation anesthetic ทุกตัว	87
2.2. คุณสมบัติเฉพาะของยา inhalation anesthetic แต่ละตัว	88
2.2.1. N_2O	88
2.2.2. Halothane	95
2.2.3. Isoflurane	97
2.2.4. Sevoflurane	101
2.2.5. Desflurane	105
บทที่ 5 เครื่องมือและอุปกรณ์การเฝ้าระวังในการทำ low flow anesthesia	
(Equipment and monitoring requirements in low flow anesthesia)	121
1. เครื่องดมยาสลบ	121
1.1. ระบบควบคุมการไหลของก๊าซ	121
1.2. Vaporizer	124
1.3. ระบบวงจรวางยาสลบ	125
1.4. ระบบ anesthetic gas reservoir	125

สารบัญ

	หน้า
2. อุปกรณ์เฝ้าระวัง	128
2.1. Respiratory monitor	128
2.2. Pulse oximeter	129
2.3. Capnography	129
2.4. Anesthetic gas monitor	131
2.5. การทำงานของเครื่องสำหรับวัดความเข้มข้นของ CO_2 และยา inhalation anesthetic	135
2.5.1. Mainstream	135
2.5.2. Sidestream	137
3. Fresh gas deficiency	139
3.1. ดูตำแหน่งลูกลอยของ flowmeter	139
3.2. กรณีผู้ป่วยหายใจเอง	140
3.3. กรณีช่วยหายใจผู้ป่วยโดยการบีบ reservoir bag ด้วยมือ	140
3.4. กรณีใช้เครื่องช่วยหายใจ	140
บทที่ 6 หลักการของการดมยาสลบด้วยยาสลบชนิดสูดดม (Principle of Inhalation Anesthesia)	146
1. ระดับความลึกของการสลบ	146
1.1. ระยะที่ 1 stage of amnesia and analgesia	146
1.2. ระยะที่ 2 stage of excitement	146
1.3. ระยะที่ 3 stage of surgical anesthesia	147
1.4. ระยะที่ 4 stage of anesthetic overdose	148

สารบัญ

	หน้า
2. ขั้นตอนของการดมยาสลบโดยใช้ยาสลบชนิดสูดดม	150
2.1. ระยะนำสลบ	150
2.2. ระยะควบคุมการสลบ	151
2.3. ระยะฟื้นจากการสลบ	151
3. การกำหนดเป้าหมายของการควบคุมความลึกของการสลบ	152
3.1. MAC	152
3.2. MAC-BAR	152
3.3. Additive effect of volatile anesthetic	152
3.4. Additive effect of narcotic	153
3.5. Additive effect of N_2O, narcotic and volatile anesthetic	153
3.6. Volatile anesthetic in balanced anesthesia	153
4. วิธีการบริหารยาดมสลบชนิดสูดดมในการทำ low flow anesthesia	154
4.1. ระยะนำสลบ และการทำ wash-in	154
4.2. ระยะควบคุมการสลบ	162
4.3. ระยะฟื้นจากการสลบ และการทำ wash-out	165
5. เทคนิคการดมยาสลบด้วยยาสลบชนิดสูดดมโดยการใส่ laryngeal mask airway (LMA)	167
6. เทคนิคในการดมยาสลบในผู้ป่วยอ้วน	170
ดัชนี	183

สารบัญรูป

หน้า

1. รูปที่ 1.1 เครื่องดมยาสลบ Boyle anesthetic machine 3
2. รูปที่ 1.2 A) Vaporizer รุ่น Fluotec 2 และ B) แสดงความเข้มข้นของ halothane ที่จ่ายจากเครื่อง Fluotec 2 4
3. รูปที่ 1.3 A) Vaporizer รุ่น Tec 6 และ Tec 7 และ B) แสดงความเข้มข้นของ desflurane ที่จ่ายออกมาจากเครื่อง Tec 6 6
4. รูปที่ 1.4 เครื่องดมยาสลบ MAQUET FLOW-i 7
5. รูปที่ 1.5 เครื่อง anesthetic gas monitor 8
6. รูปที่ 1.6 เครื่องจ่ายน้ำยา volatile anesthetic 9
7. รูปที่ 1.7 กราฟแท่งเปรียบเทียบการใช้ O_2, N_2O และ isoflurane เมื่อใช้ FGF ที่ 4.4 L/min และ 0.5 L/min 11
8. รูปที่ 1.8 กราฟแท่งเปรียบเทียบความเข้มข้นของ N_2O ในห้องผ่าตัด เมื่อใช้ FGF ที่ 2.5, 1.0, 0.5 และ 0.2 L/min 14
9. รูปที่ 1.9 ปฏิกิริยาของ N_2O กับ ozone ในชั้นบรรยากาศโลก 15
10. รูปที่ 1.10 กราฟเส้นเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของลมหายใจเข้า เมื่อใช้ FGF ที่ระดับต่างๆ 17
11. รูปที่ 1.11 กราฟเส้นเปรียบเทียบปริมาณความชื้นในลมหายใจเข้าเมื่อใช้ FGF ที่ระดับต่างๆ 18
12. รูปที่ 2.1 อุปกรณ์วางยาสลบ Schimmelbusch mask 24
13. รูปที่ 2.2 วิธีการต่างๆ ในการบังคับให้ลมหายใจออกถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศภายนอก 25
14. รูปที่ 2.3 วงจรหายใจ Mapleson A, B, C, D, E, และ F 26
15. รูปที่ 2.4 อุปกรณ์ self-inflating resuscitaion bag 27

สารบัญรูป

หน้า

16. **รูปที่ 2.5** อุปกรณ์ To-and-fro system ประกอบด้วย bidirectional flows 28
17. **รูปที่ 2.6** วงจรวางยาสลบ circle absorption system 29
18. **รูปที่ 2.7** กราฟเส้นแสดงสัดส่วนของ rebreathing เมื่อใช้ FGF ที่ระดับต่างๆ 31
19. **รูปที่ 2.8** กราฟเส้นแสดง total gas uptake ของผู้ป่วย และการปรับลด FGF ของเทคนิคการทำ low flow anesthesia แบบต่างๆ 34
20. **รูปที่ 2.9** Amsorb Plus ที่ใช้ในภาควิชาวิสัญญีวิทยา 37
21. **รูปที่ 2.10** Litholyme ที่ใช้ในภาควิชาวิสัญญีวิทยา 37
22. **รูปที่ 3.1** กราฟจุดแสดงการเปลี่ยนแปลงของ F_IO_2 เมื่อให้ FGF ที่มี oxygen 50% คงที่ 45
23. **รูปที่ 3.2** กราฟจุดแสดงการเปลี่ยนแปลงของ % O_2 เมื่อให้ FGF ระดับต่างๆ 46
24. **รูปที่ 3.3** กราฟเส้นแสดงผลของ O_2 consumption ของร่างกาย ที่เพิ่มขึ้นต่อค่าความเข้มข้นของ O_2 ในลมหายใจเข้า 47
25. **รูปที่ 3.4** กราฟเส้นแสดงการ uptake ของ O_2 และ N_2O 48
26. **รูปที่ 3.5** ปรากฏการณ์ concentration effect 51
27. **รูปที่ 3.6** ปรากฏการณ์ augmented inflow effect 53
28. **รูปที่ 3.7** ปรากฏการณ์ second gas effect 54
29. **รูปที่ 3.8** กราฟเส้นเปรียบเทียบ concentration effect และsecond gas effect 55
30. **รูปที่ 3.9** Mapleson’s hydraulic model 56
31. **รูปที่ 3.10** กราฟเส้น anesthetic uptake 57
32. **รูปที่ 3.11** กราฟเส้นแสดงผลของ alveolar ventilation ต่อ F_A/F_I ของยา inhalation anesthetic แต่ละตัว 62

สารบัญรูป

หน้า

33. **รูปที่ 3.12** กราฟเส้นแสดงผลของ blood/gas partition coefficient ($\lambda_{B/G}$) ต่อ F_A/F_I ของยา inhalation anesthetic แต่ละตัว 63
34. **รูปที่ 3.13** กราฟเส้นแสดงผลของ cardiac output ต่อ F_A/F_I ของยา inhalation anesthetic แต่ละตัว 66
35. **รูปที่ 3.14** Meyer-Overton Rule 68
36. **รูปที่ 3.15** กราฟเส้นแสดงภาวะ diffusion hypoxia 72
37. **รูปที่ 4.1** ความดันไอ (vapor pressure) ของน้ำที่อุณหภูมิต่างๆกัน 81
38. **รูปที่ 4.2** ความดันไอ (vapor pressure) ที่อุณหภูมิต่างๆ ของ desflurane, isoflurane, halothane, enflurane และ sevoflurane 82
39. **รูปที่ 4.3** กราฟเส้นแสดง context sensitive 80% decrement time 84
40. **รูปที่ 4.4** กราฟเส้นแสดง context sensitive 90% decrement time 85
41. **รูปที่ 4.5** กราฟเส้น iso-MAC chart for isoflurane 99
42. **รูปที่ 4.6** กราฟเส้น iso-MAC chart for sevoflurane 103
43. **รูปที่ 4.7** กราฟเส้น iso-MAC chart for desflurane 106
44. **รูปที่ 4.8** กราฟเส้นแสดงร้อยละของผู้ป่วยที่สามารถกลืนน้ำได้ หลังจากที่สามารถลืมตาได้เมื่อถูกปลุกด้วยเสียงที่เวลาต่างๆ 109
45. **รูปที่ 5.1** Flowmeter สำหรับการทำ low flow anesthesia 122
46. **รูปที่ 5.2** ปุ่มปรับ flowmeter ที่ควบคุมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ 123
47. **รูปที่ 5.3** หน้าจอ flowmeter ที่เครื่องดมยาสลบ 123
48. **รูปที่ 5.4** Vaporizer ชนิด Tec 6 สำหรับ desflurane และ Tec 7 สำหรับ sevoflurane 124
49. **รูปที่ 5.5** เครื่องช่วยหายใจที่ใช้ bellow ชนิดเคลื่อนที่ขึ้นบน 126

สารบัญรูป

หน้า

50. **รูปที่ 5.6** เครื่องช่วยหายใจที่ใช้ bellow ชนิดเคลื่อนที่ลงล่าง 127
51. **รูปที่ 5.7** อุปกรณ์ manual reservoir bag ของเครื่องดมยาสลบที่มีระบบ fresh gas decoupling valve 127
52. **รูปที่ 5.8** หน้าจอ respiratory monitor ที่เครื่องดมยาสลบ 129
53. **รูปที่ 5.9** เครื่อง monitor ที่แสดง oxygen saturation และ capnograph 130
54. **รูปที่ 5.10** เครื่อง anesthetic gas monitor 131
55. **รูปที่ 5.11** หน้าจอของเครื่อง anesthetic gas monitor 132
56. **รูปที่ 5.12** หน้าจอ anesthetic gas monitor แสดงตัวเลขค่า MAC ที่ปรับตามอายุของผู้ป่วย 133
57. **รูปที่ 5.13** เครื่อง anesthetic gas monitor ที่รวมอยู่กับส่วน monitor ของเครื่องดมยาสลบ ร่วมกับ respiratory monitor 134
58. **รูปที่ 5.14** เครื่อง mainstream anesthetic gas monitor 135
59. **รูปที่ 5.15** ตำแหน่ง sensor ของเครื่อง mainstream 136
60. **รูปที่ 5.16** ตำแหน่งปลายสายของ sensor ของเครื่อง mainstream 136
61. **รูปที่ 5.17** เครื่อง sidestream anesthetic gas monitor 137
62. **รูปที่ 5.18** ตำแหน่งของสาย sidestream สำหรับดูดก๊าซเข้าเครื่อง anesthetic gas monitor 138
63. **รูปที่ 5.19** สายนำก๊าซ sidestream ที่วิเคราะห์แล้วส่งกลับคืน 138
64. **รูปที่ 5.20** ตำแหน่งลูกลอยของ flowmeter 139
65. **รูปที่ 5.21** อุปกรณ์ manual reservoir bag ที่ทำงาน A) ปกติ และ B) ผิดปกติ 140
66. **รูปที่ 5.22** Bellow ของเครื่องช่วยหายใจที่เป็นชนิด ascending bellow เช่น เครื่อง Ohmeda กรณีที่เกิด fresh gas deficiency 141

สารบัญรูป

หน้า

67. **รูปที่ 5.23** Bellow ของเครื่องช่วยหายใจที่เป็นชนิด descending bellow เช่นเครื่อง Drager Sulla 800 กรณีที่เกิด fresh gas deficiency 142
68. **รูปที่ 6.1** Guedel's stages of anesthesia 149
69. **รูปที่ 6.2** กราฟเส้นแสดงค่าเวลาเป็นวินาที และค่าความเข้มข้นของ desflurane ในลมหายใจเข้า ที่ความเข้มข้นของ desflurane ในลมหายใจออกของผู้ป่วย ที่ 1%, 2%, 3%, 4%, 5% และ 6% 159
70. **รูปที่ 6.3** กราฟเส้นการเปลี่ยนแปลงของชีพจรของผู้ป่วย ที่ความเข้มข้นของ desflurane ในลมหายใจออกของผู้ป่วย (F_AD) ที่ 1%, 2%, 3%, 4%, 5% และ 6% 161
71. **รูปที่ 6.4** กราฟเส้นการเปลี่ยนแปลงของความดันเลือดของผู้ป่วยทั้ง systolic และ diastolic ที่ความเข้มข้นของ desflurane ในลมหายใจออกของผู้ป่วย ที่ 1%, 2%, 3%, 4%, 5% และ 6% 162
72. **รูปที่ 6.5** รูป A กราฟเส้นแสดงค่า F_D/F_A ของยาดมสลบต่างๆ เมื่อใช้ high flow ที่ 3 L/min เป็นเวลา 30 นาทีและเมื่อเปลี่ยนเป็น low flow ที่ 1 L/min อีก 30 นาที 164

สารบัญตาราง

		หน้า
1.	**ตารางที่ 1.1** อัตราไหลของ FGF ที่ 6 ระดับ	10
2.	**ตารางที่ 2.1** การทำงานของวงจรดมยาสลบต่างๆ ตามอัตราไหลของ FGF	31
3.	**ตารางที่ 3.1** ความเข้มข้นของก๊าซตัวใหม่ในถังบรรจุที่แต่ละ time constant	59
4.	**ตารางที่ 3.2** ปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของ F_AGas/ F_IGas	60
5.	**ตารางที่ 3.3** เปรียบเทียบคุณสมบัติของยา inhalation anesthetic ต่างๆ	64
6.	**ตารางที่ 4.1** จุดเดือด และแรงดันไอ ของยา volatile anesthetic ต่างๆ	81
7.	**ตารางที่ 6.1** เวลาที่ต้องใช้โดยประมาณเป็นนาที และค่าความเข้มข้นของ desflurane ในลมหายใจเข้า เมื่อต้องการความเข้มข้นของ desflurane ในลมหายใจออกของผู้ป่วย ที่ 1%, 2%, 3%, 4%, 5% และ 6%	160