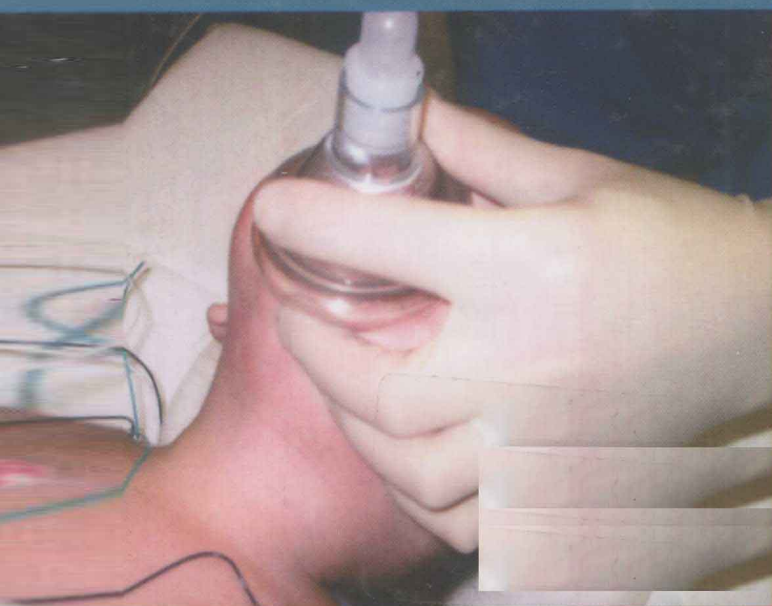


中文翻译版

实用麻醉技术丛书

实用小儿麻醉技术

A Practical Approach to Pediatric Anesthesia



主编

Robert S. Holzman

Thomas J. Mancuso

David M. Polaner

主译 陈煜



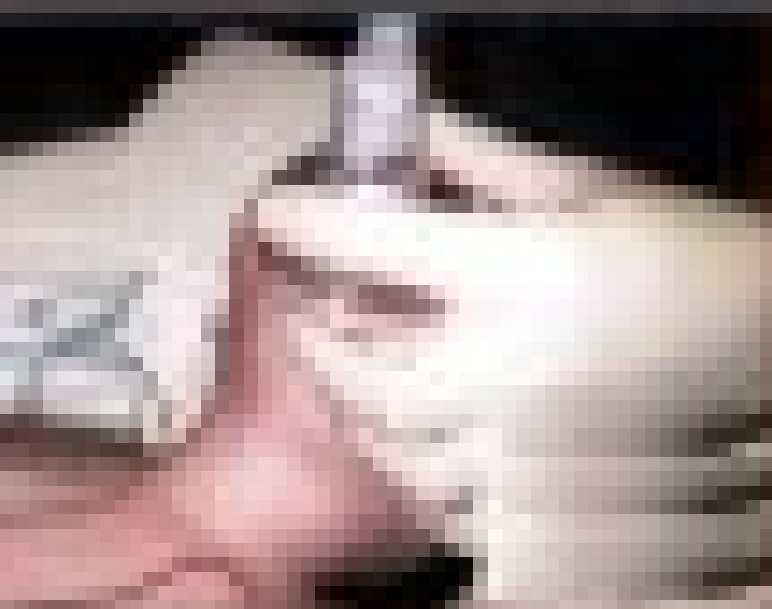
科学出版社

中国图书馆

实用麻醉技术丛书

实用小儿麻醉技术

A Practical Approach to Pediatric Anesthesia



主编

Robert S. Rosenberg

Thomas J. Wenzel

David M. Palmer

主审 陈 炯

北京人民卫生出版社

中文翻译版

实用麻醉技术丛书

实用小儿麻醉技术

A Practical Approach to Pediatric Anesthesia

Robert S. Holzman

主编 Thomas J. Mancuso

David M. Polaner

主译 陈 煜

科 学 出 版 社

北 京

图字:01-2010-0664 号

内 容 简 介

全书共分四篇 37 章。第一篇涉及小儿与成人的区别、发育药理学以及小儿麻醉的风险管理和伦理等问题;第二篇全面系统地介绍小儿麻醉的临床操作;第三篇针对临床常见的机体各器官、系统正常和异常情况的麻醉管理问题提出具体的指导;第四篇主要探讨小儿麻醉的特殊问题,包括胎儿外科手术、产房和早产儿问题、手术室外麻醉以及创伤救治等。纵观全书,作者强调在理解和熟悉小儿的生长发育、解剖学、生理学和药理学等方面特点的基础上制订麻醉计划,这也是小儿麻醉成功的基石。

本书主要介绍儿科病人的麻醉技术,着重于解决临床问题,同时结合胚胎学、解剖学、病理生理学特点和外科手术等多方面深入浅出地介绍了小儿麻醉技术的最新进展,可作为小儿麻醉医师的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

实用小儿麻醉技术 / (美)霍尔兹曼(Holzman, R. S.)等主编;陈煜主译.
—北京:科学出版社,2011.2
(实用麻醉技术丛书)
书名原文:A Practical Approach to Pediatric Anesthesia
ISBN 978-7-03-030078-2

I. 实… II. ①霍… ②陈… III. 儿科学:麻醉学 IV. R726.14

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 011843 号

责任编辑:戚东桂 / 责任校对:刘亚琦

责任印制:刘士平 / 封面设计:黄 超

本书中提到了一些药物的适应证、不良反应和剂量,它们可能需要根据实际情况进行调整。读者须仔细阅读药品包装盖内的使用说明书。

This is a translation of A Practical Approach to Pediatric Anesthesia
Copyright © 2008 by Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business. All rights reserved

Chinese translation 2011, published by arrangement with Lippincott Williams & Wilkins, USA.

This book may not be sold outside the People's Republic of China
Lippincott Williams & Wilkins/Wolters Kluwer Health 没有参加本书的翻译工作

版权所有,违者必究。未经本社许可,数字图书馆不得使用

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

http://www.sciencep.com

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011年2月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2011年2月第一次印刷 印张:40 3/4

印数:1—2 000 字数:969 000

定价:198.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

本书可以用做小儿麻醉医师的参考书,书中表述了作者作为小儿麻醉医师从临床实践中得到的经验和建议。

因为儿童是处于不断生长发育的特殊人群,所以本书将围绕这一特点展开论述。人们也许会用一些传统的药理学、生理学或其他各种亚专业的方法去诠释小儿麻醉,但往往可能偏离小儿麻醉的本质,因此,我们希望以正视听。越来越多的小儿麻醉医师已经充分认识到小儿麻醉不是简单地按成人麻醉的比例缩小的方式来实现的。事实上,小儿麻醉学是随着小儿内科、小儿外科的发展而演变的,其在生理学、药理学、解剖学以及外科手术方面的独特发展,比起从技术角度对设备、参数和人员调整外,需要小儿麻醉医师投入更多的关注和思考。发生在儿童的疾病与成人并无太大的不同,然而,在小儿麻醉中会遇到许多儿科的特殊疾病(包括年龄较大的儿童),如发育异常或畸形,对这些病例的处理会让我们觉得更具有挑战意义,而全科麻醉医师是较少能遇到的。

从最实际的角度而言,小儿麻醉的准备应从充分理解疾病的原因开始,任何人都要记住麻醉过程中要做的每一个步骤,如遇异常情况,应通知有关方面,并和他们讨论麻醉的情况,从而进一步决定理顺和解决问题以及影响麻醉方案的选择。同时,基于对胚胎学、解剖学以及外科手术的充分理解,将有助于小儿麻醉医师有条不紊地做好诱导、维持和紧急情况处理以及监测设备的准备。所有这些信息都可在本书中方便、迅速地检索到。

R. S. H.

T. J. M.

D. M. P.

目 录

第一篇 儿科病人概述

第 1 章	儿童与成人的基本区别	(3)
第 2 章	发育药理学	(16)
第 3 章	小儿麻醉常规术前评估及咨询	(44)
第 4 章	风险管理和质量改进	(56)
第 5 章	小儿麻醉的伦理与法规	(66)

第二篇 小儿麻醉临床操作

第 6 章	麻醉设备和设施	(73)
第 7 章	全身麻醉管理	(91)
第 8 章	部位麻醉	(106)
第 9 章	麻醉后恢复	(124)
第 10 章	小儿疼痛管理	(135)
第 11 章	系统化导向的小儿麻醉	(150)

第三篇 正常和异常患儿的麻醉管理

第 12 章	中枢神经系统:小儿神经外科麻醉	(157)
第 13 章	视觉系统:小儿眼科手术	(194)
第 14 章	头颈外科:专科及多学科手术	(202)
第 15 章	体腔和体壁	(257)
第 16 章	心血管系统	(274)
第 17 章	肠道发育:手术和麻醉的影响	(344)
第 18 章	前肠和胸腔	(350)
第 19 章	中肠	(375)
第 20 章	后肠	(381)
第 21 章	腹部肿瘤	(390)
第 22 章	泌尿生殖系统	(409)
第 23 章	肌肉骨骼系统和矫形外科	(421)
第 24 章	皮肤系统	(466)
第 25 章	造血系统	(479)
第 26 章	内分泌疾病	(491)
第 27 章	神经肌肉疾病	(504)
第 28 章	代谢性疾病和先天性代谢异常	(517)
第 29 章	免疫反应异常和感染	(534)

第四篇 小儿麻醉特殊情况

第 30 章	胎儿手术麻醉	(545)
第 31 章	产房问题和新生儿复苏	(554)
第 32 章	小儿心肺复苏	(564)
第 33 章	早产儿麻醉	(571)
第 34 章	微创手术	(579)
第 35 章	实体器官和骨髓移植	(587)
第 36 章	手术室外麻醉	(595)
第 37 章	创伤和伤员处理	(602)
中英文名词对照		(617)

第一篇 儿科病人概述

Approach to the Pediatric Patient

第1章 儿童与成人的基本区别

Robert S. Holzman

儿童正处于生长发育阶段,这一基本原则指导临床医师在给健康及患病儿童进行操作时必须采用正确的方法。然而小儿麻醉医师是幸运的,因为与这些生长发育相关的生物数学原理可被运用于日常的诊疗过程中,虽然并没有很多医师能够具体解释这些原理的本质。在这一章中将详细解释儿童生长发育生理、解剖和生物数学方面的特征,以便最终实现“统一”的小儿麻醉。

1638年,伽利略在其相似论中首先对这方面的生物数学本质进行了详细叙述:“在重力及生化影响下,地球生物必须与这一星球在大小及形态上相匹配,所以随着生物体的改变,如个体大小、胖瘦的改变,这一匹配过程也在不断变化中⁽¹⁾。”

这一简明扼要的阐述提出了在异速生长的基础上,按比例缩放的数学概念。小儿麻醉医师很早就已意识到计算用药剂量时要按照药理和生理需要来调整,但是,单纯以“每千克”体重来计算婴幼儿的用药剂量将大于成人。那么究竟应该给予多少并建立在什么基础之上呢?

耗氧量,作为重要的生理指标,是小儿与成人之间最基本的区别,且与体重并不呈线性相关关系。单位体重的基础产热量(是指在恒温动物中与基本耗氧量保持动态平衡所需要的量)随着体重的增加而快速下降。例如老鼠、金丝雀等小动物的单位体重基础代谢值通常比大型动物(如牛等)多20~25倍。也可以用另一种方法来比较,假定机体的冷却率与其体表面积呈正比例,根据恒温动物产热必须与散热平衡的原理,那么机体产热量也应该与体表面积呈同比例。这就是体表法则的进化逻辑论,由Rameaux及Sarrus在150年前首次阐述⁽²⁾。由于产热和散热是与游离体表面积呈比例的,而且体表面积与同源面及氧耗的平方有关,所以产热和散热是与相应动物的大小呈相关比例的。相应的计算公式见图1-1。

假设 y = 体表面积或散热量或产热量或氧耗量,假设 L = 线性大小,则:	
1. a.	$y \propto L^2$
如果用等号代替比例,则:	
1. b.	$y = kL^2$
如果体表面积(S)与线形大小(L)的平方呈比例关系,则:	
2.	$S \propto L^2$
容量或体重(M)与线性大小的立方呈比例,则:	
3. a.	$M \propto L^3$
经过转化,线性大小是体重的立方根:	
3. b.	$L \propto M^{1/3}$
体表面积(S)则与体重的 $2/3$ 次方呈比例:	
4. a.	$S \propto L^2 \propto (M^{1/3})^2 \propto M^{2/3}$
引入常数 k ,则转化比例式为等式:	
4. b.	$S = k M^{2/3}$
一般表达形式为: $y = aX^b$	

图 1-1 体表法则计算公式

当然,对此计算公式有一些附加说明。活体的体表面积并不是常量,而是随环境温度会有所改变。如动物体的蜷缩或伸展(尤其是低等动物)是随着环境温度变化的储存热量和散热的保护机制,但却会影响体表面积。幸运的是,此类体表面积的改变在麻醉状态下将降至最小。虽然体表面积与体重的 $2/3$ 次方呈比例关系(体表法则),但这一法则仅适用于体重为常量的,且几何学上相似的个体。由于个体大小不同,年轻或年老以及胖瘦不一,特别是种族间的差异,都可能在几何形态上存在差异,所以体重也并不是常量。强调成人与小儿在几何形态上是类似的观点是对本质的过分简化,事实上二者并不一样:婴儿的体型特征为腿短、头大而躯干较长,所以,如果使用常规的体表法则($<1.3\text{m}^2$)则可能低估小儿的实测体表面积。然而,这是一个相当有趣的矛盾,即动物体表面积的增大比体表法则所预测的值慢,因为大型动物通常体型矮胖(伽利略所说的重力因素影响)。所以,使用体表面积(body surface area, BSA)作为参考基数也只是一种过度简化。使用指数为 $2/3$ 运用于一般法则 kM^b 也并不完全符合,而 k 和 b 值仍需要通过以往经验数据来决定。Brody 首次通过测量饲养动物体重和基础代谢之间的关系而获得这方面的相关数据⁽³⁾,发现体重使用 $3/4$ 作为指数与基础代谢率更为匹配(图 1-2)。

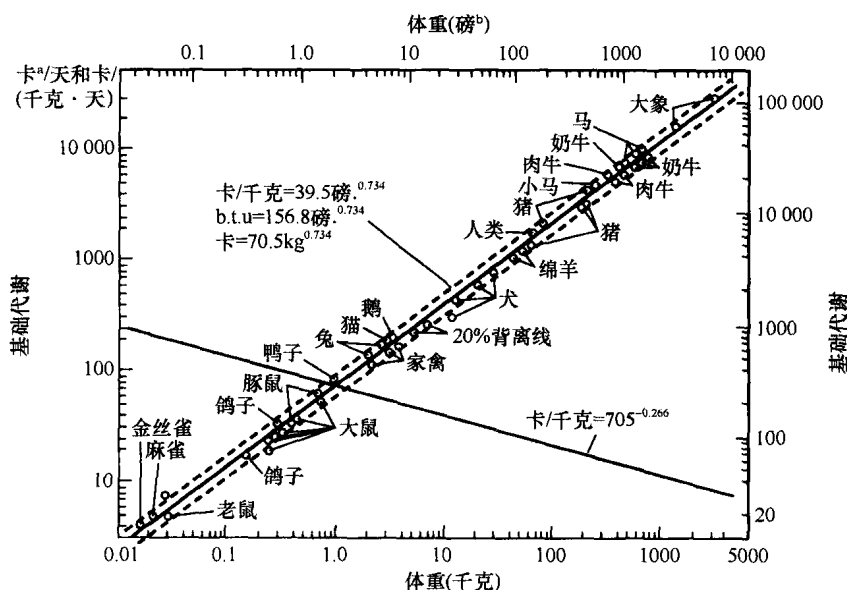


图 1-2 代谢需要量

a. 1 卡=4.1868 焦;b. 1 磅=0.454 千克

他的同事 Kleiber 也建议使用体重的 $3/4$ 次方更为适合⁽⁴⁾。其中大部分源自于 20 世纪初 D'Arcy Thompson 的生物数学预期工作⁽⁵⁾。

与此类似,以前认为细胞外液(extracellular fluid, ECF)量与 BSA 有关,由于体内存在分支管状系统,因而使用 $3/4$ 次方作为指数更加准确。从直观上,我们应该接受这样的概念,即圆柱体的体积($V = h\pi r^2$)也符合 $y = ax^b$ 的一般形式。对于药代动力学的计算是根据细胞外液进行,如计算清除率、剂量(如 ED_{50})和分布容积(volume of distribution, V_{dss}),符合生长异率模型,较使用以体表面积($2/3$ 次方模型)或以“每千克”体重计算的线性模型更为匹配⁽⁶⁾。

一、生长异率的实际应用

如果有理由相信生长异率可以应用于不同体重的人体,如何具体应用这一概念?并且如何应用这一概念进行临床病人的诊疗呢?

运用 $\text{kg}^{3/4}$ 法则的计算公式,可以计算代谢性耗氧量(VO_2 ml/min)、 CO_2 产量(V_ECO_2 ml/min)、游离水需要量(ml/h)及心排血量(dl/min)等(图 1-3)。除其他因素外,体温将直接影响耗氧量的计算,体温每增加或减少 1°C 大约可以改变耗氧量 7%。

假设以一个 70kg 成人为例,如果使用 Brody 数值作为临床常用指标来计算,则可以给临床麻醉医师提供以下信息量(表 1-1)。

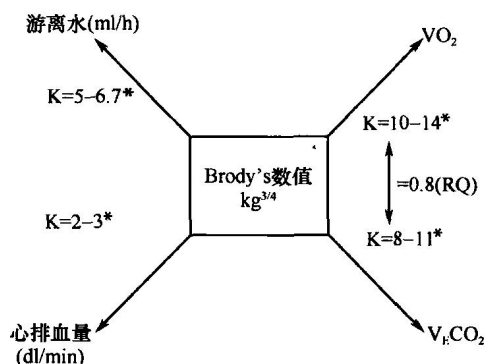


图 1-3 相关生理参数代谢率的计算

* 一般而言,按年龄计算,年龄越小常数 k 越大; VO_2 代谢性耗氧量; V_ECO_2 二氧化碳产量; RQ 呼吸商

表 1-1 70kg 成人生理指标计算

体重(kg)		70	
Brody 数值	$\text{kg}^{3/4}$	24.2	
耗氧量(ml/min)	Brody 数值 $\times 10$	242.0	3.46ml/(kg $\cdot$ min)
每分钟 CO_2 产量(ml/min)	Brody 数值 $\times 8$	193.6	2.77ml/(kg $\cdot$ min)
游离水需要量(ml/h)	Brody 数值 $\times 5$	121.0	1.73ml/(kg $\cdot$ h)
心排血量(dl/min)	Brody 数值 $\times 2$	48.4	0.69dl/(kg $\cdot$ min)

CO_2 产量速率与氧耗率的相关性以呼吸商(respiratory quotient, RQ)表示,大多数情况下为 0.8,并能帮助精确计算每分钟通气要求,可以作为每分通气量过大或过小的判断基准。

根据以下公式游离水需要量与代谢需求也是呈比例的:

(1) 每消耗 1000ml 氧气可以产生 4825 卡(cal)^①热量。

(2) 如果成人的 VO_2 等于 $10 \times \text{kg}^{3/4}$ (ml/min),则每小时产热量为:

$$\frac{10 \times \text{kg}^{3/4} \times 4825 \times 60}{1000}$$

(3) 由于每蒸发 1ml 水约需要消耗 63cal 热量,所以需要加上 540cal 的热蒸发量(总共 603cal/ml),公式应进一步改良为:

$$\text{ml/h} = \frac{10 \times \text{kg}^{3/4} \times 4825 \times 60}{1000 \times 603} \approx 5 \times \text{kg}^{3/4}$$

从而可以与基础耗氧量保持一致⁽⁷⁾。

① 1 卡(cal)=4.1868 焦(J)。

二、小儿生长异率的应用

根据体重计算,小儿与成人相比需氧量更大。根据 CO_2 产量与氧耗量的相关性呼吸商计算,小儿每千克体重需要的每分通气量也比成人更大。此外,游离水需要量与热卡需要量呈比例关系,因为在代谢状态下产生的热量消除需要水的参与,所以可以根据基础代谢需要来计算。

为了证明这些观点,采用先前所使用的生理计算方法来对一个 15kg 的儿童进行同样的验证(注意此时常数 K 已改变)(表 1-2)。

表 1-2 15kg 小儿生理指标计算

体重(kg)		15	
Brody 数值	$\text{kg}^{3/4}$	7.6	
耗氧量(ml/min)	Brody 数值 $\times 12$	91.2	6.1ml/(kg $\cdot$ min)
每分钟 CO_2 产量(ml/min)	Brody 数值 $\times 10$	76.0	5.1ml/(kg $\cdot$ min)
游离水需要量(ml/h)	Brody 数值 $\times 6.7$	51.0	3.4ml/(kg $\cdot$ h)
心排量(dl/min)	Brody 数值 $\times 3$	22.8	1.52dl/(kg $\cdot$ min)

所有的结果均显示根据小儿千克体重计算的参数明显比成人大(表 1-3)。

表 1-3 1 岁小儿使用生长异率计算实例

通过生长异率快速计算麻醉基本参数的实例:计算 1 岁、9kg 小儿(正常体温)的每分通气量、静脉输液需要量及基于 Fick 公式的心排量			
体重(kg)			9
Brody 数值 ^a	$\text{kg}^{3/4}$		5.2
耗氧量(ml/min)	Brody 数值 $\times 14$		72.2
CO_2 产量(ml/min)	耗氧量 $\times 0.8$ (RQ)		58.2
肺泡通气量(CO_2 产量/0.05)(ml/min)			1163.9
每分通气量 (ml/min)	(肺泡通气量 $\times 1.5$)		1745.9
每小时游离水 (ml/h)	Brody 数值 $\times 6.7$		34.8
心排量(dl/min)	Brody 数值 $\times 3$		15.6

a. 可以通过千克体重连续乘以 3 次再开两次平方根轻松解出。

三、生长异率在小儿生理学的实际应用

(一) 呼吸系统解剖及生理:为什么小儿的呼吸频率比成人快

因为通过体重计算的小儿每分 CO_2 产量与成人相比更大,所以小儿必须通过增加每分通气量来保持血二氧化碳量正常。如果在潮气量不变的情况下通过增加呼吸频率或增加潮气量而不改变呼吸频率的情况下均能达到这个目标,为什么在儿童时期会“选择”增加呼吸频率呢?在这种情况下能量消耗似乎不是更大吗?

新生儿肺生理中有一个有趣的悖论;伴随着年龄的增长,肺脏重量占千克体重的比例是保持恒定的(1.0%~1.4%),而生长异率计算的肺脏重量是翻倍的。对于顺应性较低的呼吸“系统”,因为气道传导和总肺泡数较少,肺实质及气道传导显得较不稳定,导致功能残气量(functional residual capacity, FRC)减少和肺塌陷。事实上它们并未塌陷!在保持自主

呼吸的情况下,婴儿的功能残气量仍能维持大约40%的肺总容量。这是胸廓向外伸展力与肺脏向内回缩力间的平衡,这一过程通过多种机制以保证FRC的稳定,包括喉和膈肌水平呼气相的提前中止(“制动”)以及膈肌和肋间肌的张力性活动。

在膈肌向内推挤的情况下,肋间肌“固定”胸壁以保持稳定——这是一个耗能的过程。为保持与成人相同的潮气量(ml/kg)和实质相同的FRC/VC(肺活量,vital capacity, VC),唯一能满足代谢性氧耗及CO₂产量需要并维持FRC的选择就是增加呼吸频率。如果“选择”增加潮气量而不是增加呼吸频率,为建立较大的肺总容量,需要增加吸气压力,这样,对肋间肌的稳定作用要求更高,最终导致消耗更多的能量。因此,婴幼儿选择的呼吸策略是增加呼吸频率而不是潮气量,因为它的能量效率更佳。在呼吸频率增加的情况下,可以保证FRC的维持,膈肌收缩的最优化及呼吸辅助肌的最少使用率,最终反而减少了能量的消耗⁽⁸⁾(图1-4)。

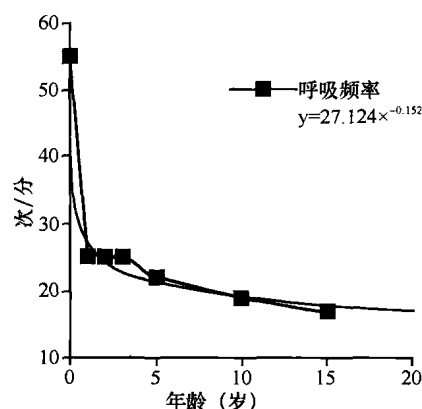


图1-4 呼吸频率与年龄

(二) 心血管系统解剖及生理

新生儿心排量(Q)是成人的2~3倍,大约为180~240ml/(kg·min)。较高的心排量是为了满足日益增长的新陈代谢需求,这一论点虽很直观但没有说服力。然而,心排量与氧摄取直接有关,以维持动静脉氧差[(a-v)DO₂]的稳定。根据Fick原理,可以用耗氧量(oxygen consumption, VO₂)来预测心排量:

$$Q(\text{dl/min}) = \frac{VO_2(\text{ml/min})}{(a-v)DO_2(\text{ml/dl})}$$

如果(a-v)DO₂保持不变(如5ml/dl),氧摄取与心排量直接呈比例关系($\sim 3 \times \text{kg}^{3/4}$, 小儿)。

新生儿及婴幼儿的心肌重量较年长儿和成人小,心室顺应性相对较差。另外,舒张末期的静息张力较高,因而心肌收缩时峰压较低⁽⁹⁾(图1-5)。基础实验及临床证据表明,心排血量的增加在出生后最初2年很大程度上呈心率依赖性^(10,11)。在此期间的心肌结构重塑,心肌顺应性特征逐渐与成人相似。

压力感受作用就像心肌活动一样,在出生后达到“成熟”。颈动脉压力感受器的敏感性随着动脉压的增加而产生自我调节,这一调节过程主要发生在怀孕的最后几个月及出生后的第1个月。出生后,压力感受器的敏感性在最初6周内逐渐增加,期间在出生后2周其改变最快^(12~14)。吸入麻醉药可以使新生儿的压力感受敏感性相对下降^(15,16),芬太尼亦然⁽¹⁷⁾。

成人和小儿的区别还体现在心肌兴奋收缩偶联的区别。心肌张力的发育特点为早期(张力性)、稳定(时相性),并且是通过肌膜Ca²⁺的内流激活的。随着心肌的成熟,细胞内Ca²⁺通过肌膜内质网摄取及释放,从而影响稳定(时相)状态,在心肌张力发育过程中有非常重要的意义⁽¹⁸⁾。利阿诺定的注入可以模拟正常新生儿心肌的活动,在成熟的心肌也能够降低其稳定的成分^(19,20)。由于力学及分子水平上的不同,婴儿心排量相对受限,所以临床麻醉医师必须对保持循环稳定做好充分的准备,如增加患儿的心率或提供外源性儿茶酚胺类药物等(图1-6)。

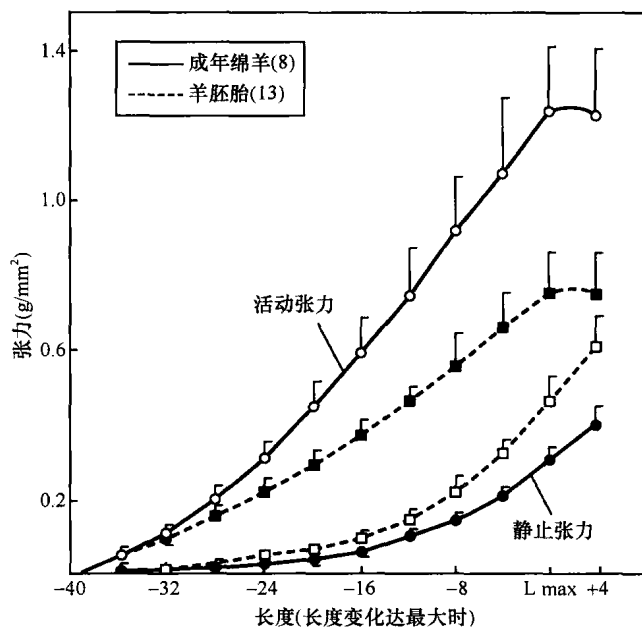


图 1-5 心室顺应性曲线(羊胚胎及成年绵羊)

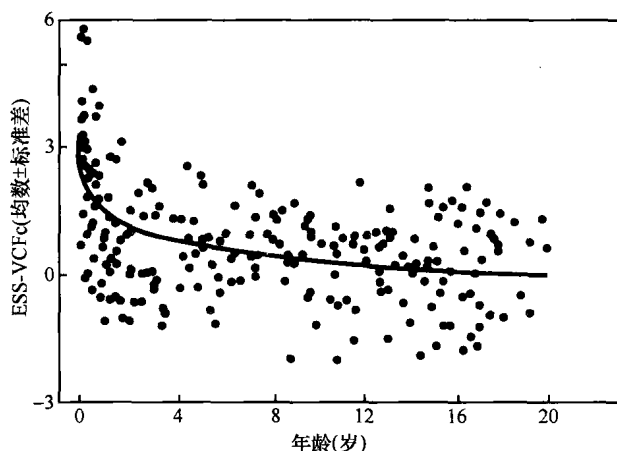


图 1-6 压力-心肌缩短关系

心肌舒张期末压(stress shortening relation, ESS)减去周径纤维长度缩短率(velocity of circumferential fiber, VCfc)表明心肌活动呈心率依赖性

(三) 肾脏系统解剖及生理

婴幼儿根据体重计算的液体需求量相对较大,因为相对于他们的体重,需要增加的能量、产热量、容量和体表面积相对更大。与这些高代谢需求相比,小儿的肾脏系统在功能及解剖上是相对不成熟的。在出生后数周至数月内,小儿的肾功能发生了很大的变化。随着年龄的增长肾小球滤过率(glomerular filtration rate, GFR)增加。早产儿(<34 周)对糖类、盐类、磷酸盐类及巴比妥类物质的重吸收明显减少。小儿的肾浓缩功能是不足的,无法达到类似年长儿和成人浓缩尿液的水平。因此,水及电解质的流失更快。小儿体液总量所

占百分比更大,特别是细胞外液占体液的比重更多,但这些因素也只能暂时及适度地保证液体量的需求。因为盐类的排泄系数较高,所以临床低钠血症的情况比较多,术中注意钠盐的摄入是很重要的。

(四) 胃肠道系统发育

关于食管的解剖及功能发育小儿与成人也有一定区别。明显不同是患儿体长越短,食管越短;事实上,小儿年龄越小,这一关系越匹配⁽²¹⁾。小儿食管远端的第三段并不像成人那样拥有足够的容积进行蠕动。一旦这种不匹配关系合并胃内压增加,如小儿哭吵或用力时,就可以发生反流。事实上,大约40%的新生儿,至少在最初的几天会发生反流⁽²²⁾,这一过程可能延续数周后逐步完善。然而,这一情况与一般意义上的胃食管反流不同,后者一般伴有发育停滞、复发性气管炎、肺炎或反应性气道疾病⁽²³⁾。小儿即使食管是正常的,因为短小,很容易在胃潴留时出现反流等异常。这些情况在正常饱食后或麻醉诱导给予面罩供氧时、小儿哭吵后吸入空气时都可能发生⁽²⁴⁾。胃肠道发育畸形,如食管闭锁伴气管食管瘘、各种肠闭锁或狭窄、肠套叠或肠道憩室、缩窄带或腹壁缺陷如腹裂、脐膨出、肠旋转不良等也可以影响正常胃肠道及食管的功能。

新生儿期肝脏生长很快,占据了腹腔很大一部分容量,与人生的各时间段相比,这一时期肝脏所占比例是最大的(图1-7)。糖异生及蛋白质合成在胎儿期的第3个月开始建立,所以之后很快在肝脏内就可以储存糖原。尽管小儿肝脏相对比较大,但储存糖原量的相对比例与成人相比仍是较少的。因此,小儿对低血糖的敏感性仍然很高,特别是那些消化不良及先天性糖代谢异常的小儿。

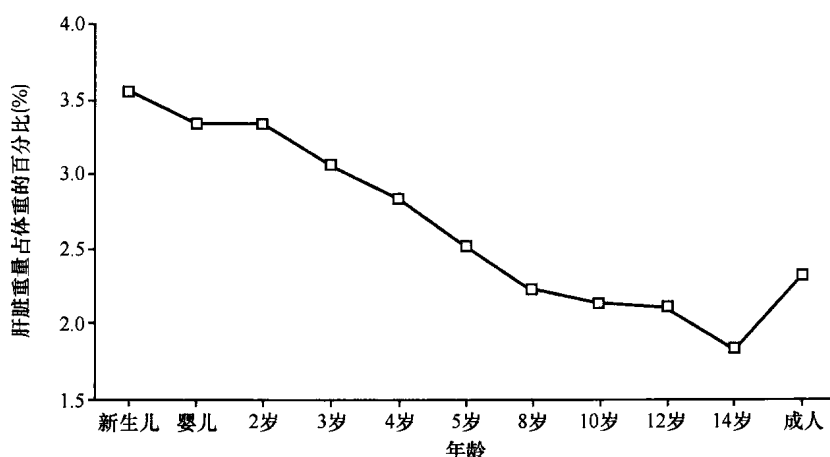


图1-7 各年龄段肝脏大小-体重比值

(五) 中枢神经系统

大脑重量在传统意义上是评价中枢神经系统(central nervous system, CNS)功能发育成熟程度的一种方法(图1-8)。从婴儿期、儿童期直至成人,大脑功能不断完善,而大脑重量的增加与体重相比则相对比较小。动物模型实验表明,如啮齿动物大脑的快速生长期发生在出生后0~6、8~12及17~23天;而6~8、12~17及23天则生长相对缓慢。在缓慢生长期的第一阶段末主要发生以下这些事件:核糖核酸(ribonucleic acid, RNA)、脱氧核糖

核酸(deoxyribonucleic acid, DNA)、蛋白质和髓磷脂的加速合成。而第二阶段的典型特征为,与这一时期前后相比在这一时期至少有3天大脑重量的增长是极少的⁽²⁵⁾。在人类中也发现了相似的情况;人类大脑生长的高峰发生在11~15岁。

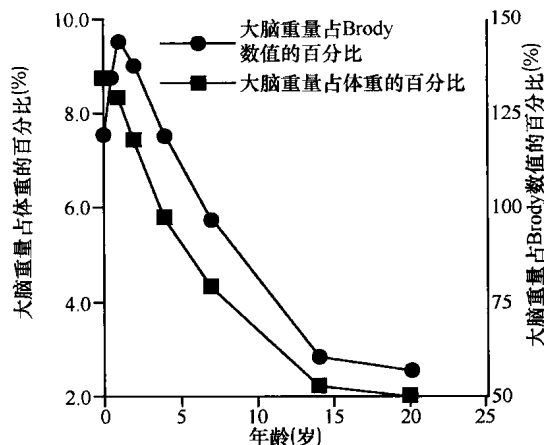


图 1-8 大脑重量与体重的关系

四、伤害性感受

出生时就存在一定的解剖及神经介质机制基础进行疼痛刺激信号的处理⁽²⁶⁾;然而,这些系统是随着胎儿期至新生儿期直至成人期不断进化的。所以,随着年龄周期的改变这些系统的功能是不不断变化和完善的。一些神经元在成人可能是只存在于一个部位,而在生长发育过程中小儿可能存在于不同的部位。神经递质也是,可能以不同形式分布,并且在新生儿期可能有各种不同作用^(27~34)。

感觉感受器在孕第7周时就已出现,最初出现在口周部,几周后可以出现在手部和足部,至20周时表皮和黏膜层都可分布感觉感受器。脊髓背角在孕13周开始发育。孕30周时神经递质进入板层,与突触互相连接,从而产生神经递质囊泡。丘脑和大脑皮质的神经投射在孕20~24周产生。孕18~20周时可以监测到I型脑电图(electroencephalogram, EEG),孕24周时脑电图显示同步波。大脑皮质对疼痛的感知就是从这一时期开始。传入疼痛的传输是表皮感受器在机械、温度或化学性刺激后,通过脊髓A型纤维及C型纤维进行的反应。皮肤感受器的神经支配较为广泛,但感觉神经元的神经支配于出生后仍在继续生长。

Rexed通过研究脊髓背角的细胞体的大小及数量密度观察到其有6个板层⁽³⁵⁾。板层II和III的胶质层(substantia gelatinosa, SG)接受C型纤维的末端。从这里,通过脊髓丘脑束建立了与板层VI的连接。直径比较粗的传入性A型纤维也进入脊髓背角。大约在出生后3周其末端向背侧移动,由板层V延伸至板层II和板层I。随后,延伸至板层III~V。所以,C型纤维和A型纤维的末端在出生后数周共同占据板层I和板层II。

在成熟的神经系统,最大刺激可以引起背角兴奋性中间神经元的立即激活,并同时引起抑制性信号的激活进行起始传入信号的调节。C型纤维最初电生理及神经化学性能是不成