

## 围手术期液体动力学的研究进展

杜园园(综述) 于布为(审校)

【关键词】 液体治疗; 血浆容量扩张; 液体动力学; 数学模型; 围手术期

围手术期应用液体治疗以纠正绝对或相对循环容量的不足,但在选择何种液体、如何把握输液量和输液速度等问题上,至今仍处在不断摸索和改进过程中。20 世纪 90 年代,瑞典的药理学家 Stahle 等<sup>[1]</sup>提出液体动力学模型,将药代动力学的分析方法用于液体输注对血浆容量扩张(PVE)的动力学效应及液体在体内的分布与代谢方面,为液体动力学理论提供了新的研究基础。现就围手术期液体动力学研究综述如下。

### 1 液体动力模型的建立与应用

#### 1.1 液体输注引起 PVE 的静态模型:

液体在体内主要分布在细胞内液及细胞外液,细胞外液动态变化受到渗透压等多因素的影响<sup>[2]</sup>,Starling 定律为其中最著名的定律。根据生理间隙容积和各种液体的分布特点<sup>[3]</sup>,输液后血浆的扩充量可用公式预测:  $PVE = IV \times (PV/V_D)$ ,其中  $IV$  为静脉液体输入量,  $PV$  为血浆容量,  $V_D$  为液体分布容积。用上述静态模型研究液体在体内的血浆扩充效应和分配时存在很大缺陷,即其液体分布是假定在一个固定的液体间隙中。而事实上,除血管本身具有顺应性外,液体进入机体后也不是一成不变地局限于血管内,而是通过各种神经体液调节机制随时在血管内外、组织间隙、细胞内外进行流动转移,并将多余水分生成尿液排出体外。因此,用静态方法分析液体治疗的效果是不完全的,液体的这种流动性也为研究带来了困难。

#### 1.2 利用物质质量守恒定律动态分析公式:

目前尚缺乏动态、直接、精确的测定人体血容量的方法。不少学者倾向以血红蛋白(Hb)的稀释度来反映血浆容量。基金项目:上海市自然科学基金资助项目(03ZR14046)

作者单位:200025 上海交通大学医学院附属瑞金医院麻醉科

通讯作者:于布为,教授,博士生导师, Email: yubuwwei@yahoo.com.cn

作者简介:杜园园(1984-),女(汉族),上海市人,硕士研究生。

量的变化,因为根据物质质量守恒定律,输液前后 Hb 的量并没有发生变化,且 Hb 浓度作为容量稀释的指标具有稳定、不扩散至血管外的特点,简单可靠、重复性好<sup>[4]</sup>。假定输入液体均匀分布于血管床血浆容量的扩充量、尿量和血管外液体增量之和等于输入液体总量,即可利用 Hb 的稀释度动态分析输入液体的血浆扩张效应、液体滞留率等参数。以下为常用计算公式:

$$BV_i = BV_0 \times Hb_0 / Hb_i$$

$$FR = (BV_i - BV_0) / IV \times 100\%$$

$$\text{中央容量稀释度} = (Hb_0 - Hb_i) / Hb_i / (1 - HCT_0)$$

$$E_{VV} = IV - (BV_i - BV_0) - UV$$

式中,  $BV_i$ : 输液后各点的血容量;  $BV_0$ : 基础血容量,可通过染料法或同位素法测定;  $Hb_0$ : 基础 Hb 浓度;  $Hb_i$ : 输液后各点的 Hb 浓度;  $FR$ : 液体滞留率;  $HCT_0$ : 基础血细胞比容;  $E_{VV}$ : 血管外扩张;  $UV$ : 尿量。

1.3 液体动力模型: Stahle 等<sup>[1]</sup>于 1997 年提出了液体动力学的一级和二级数学模型,模型指液体间隙的容量模型,以类似药代动力学方法来研究静脉输液后血浆容量的扩张效应; PVE 相当于药代动力学里的药物浓度,利用其动态变化探索静脉输液后扩容的峰效应、清除速率等。但它和传统药代动力学模型的不同之处在于后者是随溶剂进入体液,有一定结合部位,所以其分布容量是相对固定的,其目标容量也是相对固定的。

液体在体内的分布不同于药物,液体输注是可膨胀的,它的分布空间是可变的。机体内的不同组织对于液体具有不同的顺应性,按功能可将其划分为两部分,一部分具有扩张性,液体进入后使其容量增加;另一部分则是非扩张的,其顺应性较差,液体可以分布于该区域,但只是同其中的水分子发生等量交换,并不引起容量的增加。液体动力模型研究主要指体内可扩张的液体间隙。一室模型和二室模型适用于等张液体(图 1)。

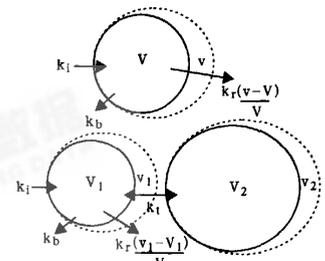


图 1 液体动力一室模型(上)和二室模型(下)

一室模型基于以下假设:①输液过程中,液体以恒定速度  $k_1$  进入一个可扩张的体液间隙,容量为  $v$ 。②此间隙有一个目标靶容量  $V$ ,即在无输液负荷下的容量。输液时,机体通过肾脏、内分泌调节等各种代偿机制,极力使其得到维持;  $V$  又可在病理状态下有效血容量需快速达到的数值。如有效血容量低于或高于靶容量,机体需通过各种机制调节维持靶容量。③  $v$  中液体的清除通过两种机制实现;  $k_b$  是液体的基本清除速度,包括呼吸和基本尿量;  $k_r$  则是与扩容相关的液体清除速率常数,与  $v$  偏离  $V$  的程度成正比。根据以上假设,单位时间内容量  $v$  的变化 ( $dv/dt$ ) 用微分方程表示:

$$dv/dt = k_1 - k_b - k_r(v - V) / V$$

二室模型基于以下假设:①输入液体首先以恒定速度  $k_1$  进入中央室,容量为  $v_1$ ,继而再进入另一个可扩张空间,即周边室,容量为  $v_2$ ,这是一个液体再分布的过程。②  $v_1$  中液体的清除除了通过  $k_b$  和  $k_r$  外,与  $v_2$  间也存在交换,交换速率由液体分布速率常数  $k_1$  决定,  $k_1$  与两个体液间隙各自靶容量的差值有关。③两个体液空间的靶容量分别为  $V_1$  和  $V_2$ ,机体通过调控  $k_1$  以及  $v_1$ 、 $v_2$  间的液体交换来实现靶容量的维持。根据以上假设,可得微分方程:

$$dv_1/dt = k_1 - k_b - k_r(v_1 - V_1) / V_1 - k_1[(v_1 - V_1) / V_1 - (v_2 - V_2) / V_2]$$

$$dv_2/dt = k_1[(v_1 - V_1) / V_1 - (v_2 - V_2) / V_2]$$

当输注高张液体时,渗透压的差异将引起水分在细胞内、外液间转移,为此,在 2002 年 Drobin 等<sup>[5]</sup>提出了液体的三级动力学模型,引入一个新的参数  $v_3$ ,代表一个更远的体液间隙。水分从  $v_3$  进入  $v_2$  或直接进入  $v_1$ ,速度由两侧渗透压的差值决定,转移量为  $f(t)$ 。同时,伴有相反方向的液体流动,由分布速率常数  $k_{23}$  或  $k_{13}$  控制(图 2)。如果模型建立中不能确定  $v_2$  的存在,则假设液体在  $v_1$  和  $v_3$  之间分布。代表  $v_1$  和  $v_3$  容量变化的方程为:

$$dv_1/dt = k_1 - k_b - k_r(v_1 - V_1)/V_1 + f(t) - k_{13}(V_3 - v_3)/V_3$$

$$dv_3/dt = k_{13}(V_3 - v_3)/V_3 - f(t)$$

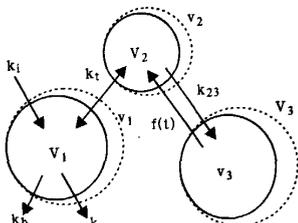


图 2 液体动力三室模型

1.4 液体动力模型的研究方法和应用:在输液过程中,“液体的浓度”通过血浆容量稀释程度  $(v - V)/V$  来量化。临床实验中通过 Hb 浓度的变化来反映血浆容量的稀释,计算方法为:

$$(v - V)/V = (Hb_0 - Hb_n)/Hb_n / (1 - HCT_0)$$

实验中,  $k_1, k_b, (v - V)/V$  都是已知的,即可得到血浆容量稀释-时间变化曲线,并采用非线性最小二乘法回归分析,将血浆稀释度作为变量代入方程式,利用 Matlab 软件重复进行拟合,使根据模型计算出的数据与实测数据之间的残差平方和最小,即可得到各参数即靶容量  $V$  或  $V_1, V_2$ , 中央室液体清除速率常数  $k_r$  以及中央、外周室之间的分布速率常数  $k_i$  的最佳估计值,从而描述和量化输注液体在体内的动力学过程,并可以比较机体对输液的不同反应。此外,还可衍生出其他一些参数:如液体的清除速度相当于  $k_r$ , 与血浆稀释度  $(v - V)/V$  的乘积,分布速度等于  $k_i \times (v - V)/V$ , 这两者在输液过程中都是不断变化的;用血浆稀释度  $(v - V)/V$  乘以靶容量  $V$  就可得到容量变化-时间曲线,乘以血浆容量就可得到血浆容量变化-时间曲线,以更

直观地反映输液后的容量变化。

液体动力模型还可用于估计输液速度与输液时间。根据液体动力学分析结果得到各参数值后,就可通过计算机模拟,计算达到和维持某一血浆稀释度时,不同液体所需输注速度和输注时间。根据 15 例健康成年男性输注醋酸林格液的液体动力学结果<sup>[6]</sup>,靶容量  $V = 6.61 L$ ,  $k_r = 148 ml/min$ ,按一室模型模拟出的达到(图 3)和维持(图 4)一定血浆稀释度所需输注速度和相应时间的图表。图 3 显示,如以 30 ml/min 的速度持续输液 30 min,血浆的稀释基本达到 10%;图 4 显示,如要继续维持同一稀释度(10%),输液速度为 30 ml/min、输液 30 min,所需维持速度为 15 ml/min。这对于优化液体治疗有一定指导意义。

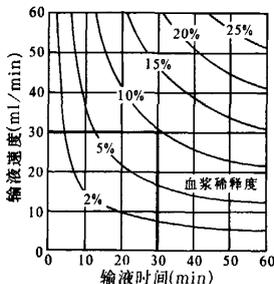


图 3 成年男性输注醋酸林格液达到一定血浆稀释度时输液速度与输液时间的关系

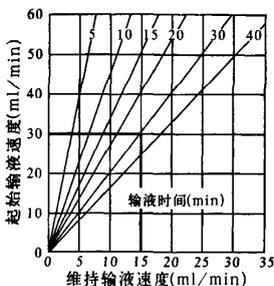


图 4 成年男性输注醋酸林格液维持一定血浆稀释度起始输液速度、输液时间与维持速度的关系

## 2 不同液体、输注速率和输注时间对液体动力学的影响

2.1 葡萄糖溶液:葡萄糖溶液进入机体后很快分布到细胞内间隙,因此不推荐用于液体治疗<sup>[7]</sup>,它在体内的分布除液体动力学机制外,还包括葡萄糖在细胞内外的转运和代谢。Sjöstrand 等<sup>[8]</sup>发现输注质量分数为 2.5%、5% 的葡萄糖溶液和林格液的最大血液稀释度相似,但

葡萄糖液的稀释作用消失较快,分布容积亦较林格液大,因为葡萄糖被细胞摄取的过程伴随液体向细胞内的转移,并随葡萄糖的代谢,细胞内外再重新达到平衡。因此,需引入三室模型分析葡萄糖溶液在体内的代谢分布;且葡萄糖溶液的液体动力学还与机体对葡萄糖的摄取代谢能力以及葡萄糖液的渗透压有关。

输注葡萄糖溶液的另一个问题是血糖动力学与液体动力学的平衡。相关研究认为,应将血糖浓度作为靶浓度,达到并维持这个靶浓度的同时通过改变总输液量来达到血浆靶稀释度,而不是改变输液速度<sup>[9]</sup>。根据血糖动力学和液体动力学的分析(图 5、图 6),理论上可通过改变输液方式达到任何想要的血糖浓度和血液稀释度<sup>[10]</sup>。

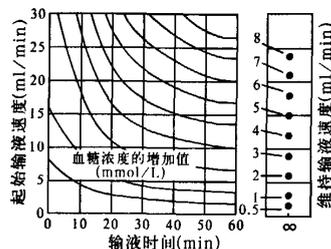


图 5 达到并维持一定血糖浓度的增加值时输液速度和输液时间的关系

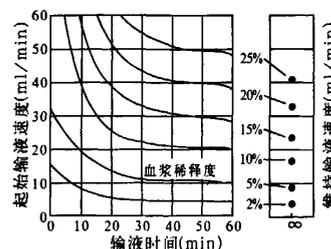


图 6 达到并维持一定血浆稀释度时输液速度和输液时间的关系

2.2 晶体液与胶体液:输注大量晶体液可造成组织水肿<sup>[7]</sup>。醋酸林格液的液体动力学研究显示:中央室靶容量  $V_1 = 3.2 L$ ,清除速率常数  $k_r = 6.8 ml/min$ ,而分布速率常数  $k_i$  则达到 115 ml/min,液体在体内的半衰期比血浆内的半衰期要长 17 倍,显示晶体液大量滞留在组织间隙的倾向<sup>[11]</sup>。而输注质量分数为 6% 的羟乙基淀粉(HES)1 000 ml 即可使循环容量增加 700~1 000 ml<sup>[7]</sup>,其液体动力学结果<sup>[12]</sup>:靶容量  $V$  只有血容量的一半,为 1.48 L,清除速率常数  $k_r$  较

高,为 56 ml/min,基础清除速度  $k_0$  则为 -3.7 ml/min,其负值说明血管外液体流至管内,显示了 HES 的扩容作用。

稽富海等<sup>[13]</sup>比较了蛛网膜下隙阻滞前后输注乳酸林格液及 6% HES 的动力学差异。显示只有在阻滞即刻输注乳酸林格液方能减少低血压的发生率,但不管是麻醉前还是麻醉即刻输注 6% HES 都可减少低血压的发生率。

**2.3 输液速率与输液时间:** Hahn 等<sup>[14]</sup>将健康女性志愿者分成 5 组,分别采用不同的速度输注醋酸钠林格液。结果显示,相同剂量(25 ml/kg)下无论速度快慢,其最大血浆容量增幅均为 550 ml,慢速输注扩容更有效。除了最快速输注组外,其余各组的靶容量  $V$  或  $V_1 + V_2$  均相似,为 4.8 L,最快速输注组则达到 9.0 L,可能是由于输注过快,体内低顺应性的组织也发生扩张的原因。这与志愿者表现出轻度手脸肿胀、唇周麻木、腹部受压感等一致。

在一项对绵羊的研究中<sup>[15]</sup>,分别以不同输注条件(快速短时或慢速长时)输注等量生理盐水(NS 组)或 7.5%高渗盐水加质量分数为 6.0%的右旋糖酐(HSD 组),分析其对液体动力学的影响。结果:NS 组中,快速短时输注时最大血浆稀释率明显低于慢速长时输注,而 HSD 组中,快速短时输注则略高于慢速长时输注。因此作者认为慢速长时间的液体输注更利于扩容的效率和稳定。

### 3 围手术期液体动力学的影响因素

**3.1 性别与年龄:** Hahn 等<sup>[6]</sup>在研究输注林格液的血液稀释作用时发现液体动力学存在着性别差异。男性林格液的清除速率常数  $k$ , 比女性高 30%,靶容量  $V$  高 60%,这与男性有着更大的体重及细胞外液量有关。这解释了为达到同样的稀释效果,男性需要更高输液速度的原因;同理,高速输液在女性可以达到更明显的血液稀释效果。但性别对维持某一血液稀释度所需输液速度无明显差异。

Li 等<sup>[16]</sup>在研究麻醉诱导期林格液液体动力学的同时,比较了 65 岁以下和 65 岁以上两组间各参数的差异,结果显示:麻醉诱导引起的血液稀释、清除率降低,在不同年龄组间差异无统计学意义。这与平时认知的“老年人的液体治疗相对宜少”相悖。

**3.2 麻醉诱导:** 在以往的研究中发现,麻醉诱导前进行预容量填充不能预防低

血压的产生<sup>[17]</sup>,Ewaldsson 等<sup>[18]</sup>分析了全麻诱导和蛛网膜下腔阻滞麻醉对液体动力过程的影响,证明了以上结论。不同麻醉组的各项参数相似:诱导后  $k$  明显下降;一室模型中  $V$  无明显变化,但二室模型中的  $V_1$  相对小,同时  $k$  降低 50%,表明麻醉诱导使  $V_1$  和  $V_2$  的顺应性关系发生变化,这两种因素的综合作用使液体倾向于在中央液体间隙积聚,达到预防低血压的目的。这说明,麻醉前扩容液体迅速向周围室转移,血容量扩张量小且维持时间短,而麻醉后大容量快速扩容使血容量扩张量大且维持时间长、清除慢。另两项有关蛛网膜下腔阻滞麻醉的研究<sup>[13,19]</sup>也得出了类似的结论。

**3.3 麻醉维持:** Brauer 等<sup>[20]</sup>在绵羊的实验中,在异氟醚吸入麻醉机械通气状态下,容量扩张过程与清醒组相似,晶体液只能维持短暂的扩容作用,但液体的分布不同:清醒组的扩容作用因为利尿作用而消失,异氟醚组则由于液体自血管内转移至组织间隙,尿量显著减少;液体动力学分析显示,异氟醚组在体内可扩张间隙较小, $k_r$  是清醒组的 2 倍(此处的  $k_r$  代表液体离开血管的速率常数)。这说明异氟醚使液体更易在组织间隙积聚。进一步动物实验证实,是异氟醚而不是机械通气抑制了机体对过量液体的利尿反应<sup>[21]</sup>,这可能与异氟醚的肾毒性和麻醉过程中血压降低、肾血管收缩、交感兴奋、抗利尿激素和儿茶酚胺水平变化等有关。且无论在正常血容量还是失血性低血容量情况下,异氟醚均抑制了毛细血管水平的血液再灌注,抑制了失血后血容量的代偿机制<sup>[22]</sup>。在人体中,Norberg 等<sup>[23]</sup>发现异氟醚麻醉导致的尿量减少,液体在组织间隙积聚轻度增加,亦可能与平均动脉压降低,血浆肾素和醛固酮水平增高有关。

与之相反结论是一项吸入与静脉麻醉比较的研究,Ewaldsson 等<sup>[24]</sup>比较了使用异氟醚或异丙酚麻醉甲状腺手术患者的液体动力学,尤其是血管外液体滞留情况。两组液体动力学参数:血液稀释率、尿量、中央室和周围室容量均相似,由蒸发、血管外液体滞留造成的水分丢失分别为异氟醚组(2.0±2.5)ml/min,异丙酚组(2.2±2.1)ml/min,差异无统计学意义。作者认为,在甲状腺手术中,无论使用异氟醚或是异丙酚维持麻醉,晶体液在血管外的滞留均很少,尿液排

泄亦很慢,液体高度倾向于留在血管中。**3.4 升压药物:** 当液体治疗不能维持理想的动脉血压时,常规使用升压药物<sup>[25]</sup>。Holte 等<sup>[12]</sup>使用液体动力学模型比较了硬膜外麻醉后输注 6% HES 或静脉注射麻黄碱对血浆容量和血流动力学变化的影响。HES 的升压机制是血液稀释、血浆容量的增加;麻黄素不引起血浆容量的变化,但可达到与 HES 相似的血流动力学效应。因此作者认为,对一些心肺疾病不宜大量输液的患者,使用缩血管药物纠正硬膜外麻醉导致的低血压可能更为合适。

Ewaldsson 等<sup>[26]</sup>研究了肾上腺素能类药物与扩容治疗的协同作用,分别给予羊多巴胺、异丙肾上腺素、苯肾上腺素 3 种肾上腺素能药物,并输注等量的生理盐水,分析其液体动力学与血流动力学的关系。液体动力学分析显示:苯肾上腺素( $\alpha$ 受体激动剂)可增加肾脏排泄,但同时引起周围组织液体积蓄;异丙肾上腺素( $\beta$ 受体激动剂)则正好相反;输液过程中,肾上腺素能药物可不同程度地增加心排血量、动脉压,PVE 与这些血流动力学结果呈线性相关。因此,肾上腺素能药物能间接改变输注 NS 的分布与清除,但比起对容量的影响,对血流动力学的影响更大。

**3.5 失血:** 低血容量状态下,机体将动员各种代偿机制对液体的分布代谢产生影响,如交感神经-肾上腺轴、肾素-血管紧张素 I-醛固酮系统<sup>[7]</sup>。使用液体动力学可解释失血和输液后体内各房室之间液体的变动;失血使液体更倾向于滞留在血管内,在补液情况下仍不能抵消由失血引起的尿量减少<sup>[27]</sup>。Drobin 等<sup>[28]</sup>将清醒健康志愿者分成正常血容量组、失血 450 ml 组和失血 900 ml 组,显示随失血程度增加,输注等量林格液所致血液稀释度增加,维持时间延长,尿量相应减少,清除速率常数  $k_r$  从正常血容量组的 107 ml/min 降至失血 450 ml 组和 900 ml 组的 44 ml/min、34 ml/min;同时,中央室靶容量  $V_1$  随失血量增多而减少,输液的峰效应高。这可能与低血容量时抗利尿激素分泌增加、肾血流减少、毛细血管静水压降低、淋巴反流减少等原因有关。

**3.6 创伤:** 创伤同失血一样,可增加液体在血管内滞留时间,减少液体清除。Svensén 等<sup>[29]</sup>用液体动力学方法评估老

年中度创伤患者(股骨颈骨折内固定术后 1 d)对体内林格液分布的影响:体内可扩张的液体间隙与对照组无显著差异,而  $k_1$  减少 50%;计算机模拟显示:创伤组在较低输注速度时较对照组表现出更显著的容量扩充效应,达到相同血液稀释度所需的速度仅为对照组的 40%。

3.7 其他:液体动力学分析除了研究各种血浆扩充剂在正常生理或围手术期特殊病理状态下的液体动力学特点外,还涉及了其他多方面的临床和实验研究,如泌尿外科内镜手术并发症——灌注液吸收对容量的影响及其在体内的分布与清除<sup>[30]</sup>;通过内毒素中毒免模型研究感染对液体动力学的影响<sup>[31]</sup>;低蛋白血症不影响生理盐水引起的 PVE 等<sup>[32]</sup>,显示了液体动力学理论较大的研究潜力。

#### 4 结语

围手术期液体治疗主要围绕以下几个问题:如输液的种类:晶体还是胶体?何种胶体?输液量:如何判断液体治疗不足或是过量?正确的补液速度如何评价?液体动力模型是近 10 年来发展起来的一门用数学方法研究液体动态变化的科学,目的是更精确地阐明不同液体、不同人群、不同病理生理状态下机体对输液的分布和清除过程及其机制,为临床合理的液体治疗提供理论基础。当然,模型本身并不完美,如模型中的参数:液体输注速率  $k_1$ 、基本清除率  $k_0$ 、液体清除常数  $k_2$ 、二室交换速率常数  $k_3$  都为恒定值,而在实际临床工作中,输液速度随实际情况而随时调整,机体清除液体的速率也非恒定值,如尿液并非匀速产生等。到目前为止,液体动力模型仍然建立在一个相对理想的状态,但它为液体治疗开辟了一条基础与临床相结合的新的研究方法,值得进一步研究、改进和应用。

#### 参考文献

- [1] Ståhle L, Nilsson A, Hahn R G. Modelling the volume of expandable body fluid spaces during iv fluid therapy[J]. Br J Anaesth, 1997, 78(2): 138-143.
- [2] Guyton A C. Textbook of medical physiology[M]. London: W B Saunders Co, 1986: 382-392.
- [3] 陈国强, 冉丕鑫. 基础病理生理学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2004: 40.
- [4] Svensén C, Hahn R G. Volume kinetics of Ringer solution, dextran 70, and hypertonic saline in male volunteers [J]. Anesthesiology, 1997, 87 (2): 204-212.
- [5] Drobin D, Hahn R G. Kinetics of isotonic and hypertonic plasma volume expanders[J]. Anaesthesiology, 2002, 96(6): 1371-1380.
- [6] Hahn R G, Svensén C. Plasma dilution and the rate of infusion of Ringer's solution[J]. Br J Anaesth, 1997, 79 (1): 64-67.
- [7] 中华医学会重症医学分会. 低血容量休克复苏指南(2007)[J]. 中国危重病急救医学, 2008, 20(3): 129-134.
- [8] Sjöstrand F, Edsberg L, Hahn R G. Volume kinetics of glucose solutions given by intravenous infusion[J]. Br J Anaesth, 2001, 87(6): 834-843.
- [9] Sjöstrand F, Hahn R G. Volume kinetics of glucose 2.5% solution during laparoscopic cholecystectomy[J]. Br J Anaesth, 2004, 92(4): 485-492.
- [10] Strandberg P, Hahn R G. Volume kinetics of glucose 2.5% solution and insulin resistance after abdominal hysterectomy[J]. Br J Anaesth, 2005, 94(1): 30-38.
- [11] Olsson J, Syensén C H, Hahn R G. The volume kinetics of acetated Ringer's solution during laparoscopic cholecystectomy [J]. Anesth Analg, 2004, 99 (6): 1854-1860.
- [12] Holte K, Foss N B, Svensén C, et al. Epidural anesthesia, hypotension, and changes in intravascular volume [J]. Anesthesiology, 2004, 100 (2): 281-286.
- [13] 稽富海, 马琦, 薛张刚, 等. 扩容对蛛网膜下隙阻滞病人低血压的预防效力[J]. 临床麻醉学杂志, 2003, 19(12): 725-727.
- [14] Hahn R G, Drobin D, Ståhle L. Volume kinetics of Ringer's solution in female volunteers [J]. Br J Anaesth, 1997, 78 (2): 144-148.
- [15] Brauer L P, Svensén C H, Hahn R G. Influence of rate and volume of infusion on the kinetics of 0.9% saline and 7.5% saline/6.0% dextran 70 in sheep[J]. Anesth Analg, 2002, 95(6): 1547-1556.
- [16] Li Y, Zhu S, Hahn R G. The kinetics of Ringer's solution in young and elderly patients during induction of general anesthesia with propofol and epidural anesthesia with ropivacaine [J]. Acta Anaesthesiol Scand, 2007, 51 (7): 880-887.
- [17] Jackson R, Reid J A, Thorburn J. Volume preloading is not essential to prevent spinal-induced hypotension at caesarean section [J]. Br J Anaesth, 1995, 75(3): 262-265.
- [18] Ewaldsson C A, Hahn R G. Volume kinetics of Ringer's solution during induction of spinal and general anaesthesia [J]. Br J Anaesth, 2001, 87(3): 406-414.
- [19] Hahn R G, Resby M. Volume kinetics of Ringer's solution and dextran 3% during induction of spinal anaesthesia for caesarean section [J]. Can J Anaesth, 1998, 45(5 Pt 1): 443-451.
- [20] Brauer K I, Svensén C, Hahn R G, et al. Volume kinetic analysis of the distribution of 0.9% saline in conscious versus isoflurane-anesthetized sheep [J]. Anesthesiology, 2002, 96(2): 442-449.
- [21] Connolly C M, Kramer G C, Hahn R G, et al. Isoflurane but not mechanical ventilation promotes extravascular fluid accumulation during crystalloid volume loading [J]. Anesthesiology, 2003, 98(3): 670-681.
- [22] Hahn R G, Brauer L, Rodhe P, et al. Isoflurane inhibits compensatory intravascular volume expansion after hemorrhage in sheep [J]. Anesth Analg, 2006, 103(2): 350-358.
- [23] Norberg A, Hahn R G, Li H, et al. Population volume kinetics predicts retention of 0.9% saline infused in awake and isoflurane-anesthetized volunteers [J]. Anesthesiology, 2007, 107(1): 24-32.
- [24] Ewaldsson C A, Hahn R G. Kinetics and extravascular retention of acetated Ringer's solution during isoflurane or propofol anesthesia for thyroid surgery [J]. Anesthesiology, 2005, 103 (3): 460-469.
- [25] 吴丽娟, 何权瀛. 血管活性药物在休克治疗中的应用[J]. 中国危重病急救医学, 2007, 19(5): 315-317.
- [26] Ewaldsson C A, Vane L A, Kramer G C, et al. Adrenergic drugs alter both the fluid kinetics and the hemodynamic responses to volume expansion in sheep [J]. J Surg Res, 2006, 131 (1): 7-14.
- [27] Norberg A, Brauer K I, Prough D S, et al. Volume turnover kinetics of fluid shifts after hemorrhage, fluid infusion, and the combination of hemorrhage and fluid infusion in sheep [J]. Anesthesiology, 2005, 102(5): 985-994.
- [28] Drobin D, Hahn R G. Volume kinetics of Ringer's solution in hypovolemic volunteers [J]. Anaesthesiology, 1999, 90(1): 81-91.

[29] Svensén C, Ponzer S, Hahn R G. Volume kinetics of Ringer solution after surgery for hip fracture [J]. Can J Anaesth, 1999, 46(2):133-141.

[30] Hahn R G, Nilsson A, Ståhle L. Distribution and elimination of the solute and water components of urological irrigating fluids [J]. Scand J Urol Nephrol, 1999, 33(1):35-41.

[31] Svensén C, Hjelmqvist H, Hahn R G. Volume kinetics of Ringer solution during endotoxemia in conscious rabbits [J]. J Endotox Res, 1997, 4(6): 425-430.

[32] Brauer K I, Prough D S, Traber L D, et al. Hypoproteinemia does not alter plasma volume expansion (PVE) in response to 0.9% saline infusion in sheep [J]. Crit Care Med, 1999, 27(1): A60. (收稿日期: 2008-03-02) (本文编辑: 李银平)

• 经验交流 •

## 急性肠梗阻 98 例治疗体会

刘雅刚 胡亚民 胡亚力

【关键词】 结肠直肠肿瘤； 肠梗阻，急性； 外科治疗

肠梗阻是老年人结、直肠癌最常见的并发症之一。总结分析本院 1997 年 1 月—2007 年 12 月 98 例结、直肠癌并梗阻患者的治疗体会，报告如下。

### 1 临床资料

1.1 一般资料：男 56 例，女 42 例；年龄 49~88 岁，中位数年龄 68 岁。出现梗阻症状至就诊时间 4 h~18 d。合并高血压 48 例，冠心病 31 例，2 型糖尿病 34 例，慢性阻塞性肺疾病 (COPD) 15 例，慢性肾功能不全 3 例，电解质紊乱 28 例。诊断依据：①病史中有无完全或不完全性肠梗阻表现；②体检是否存在腹胀、腹部肿块；③辅助检查：腹部 X 线片、超声检查、腹部 CT。

1.2 术前准备：①禁食、持续胃肠减压；②积极纠正水、电解质、酸碱平衡紊乱；③控制合并症：平稳控制血压和血糖，积极纠正缺氧、贫血等；④应用抗菌药物控制感染；⑤肠道准备。

1.3 统计学分析：采用 SPSS 13.0 统计软件包，计数资料用  $\chi^2$  检验， $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

### 2 结果

2.1 影像学辅助检查结果 (表 1)：术前诊断为结、直肠肿瘤并肠梗阻 89 例 (占 90.8%)。腹部 X 线检出梗阻的阳性率明显高于超声检查 ( $P < 0.05$ )；但与 CT 比较差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。CT 发现肿块阳性率明显高于 X 线、超声

( $P$  均  $< 0.01$ )；而腹部 X 线与超声比较差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

表 1 不同辅助检查结果比较

检查	例数	梗阻 [例 (%) ]	肿块 [例 (%) ]
X 线	98	98 (100.0)	10 (10.2)
超声	73	61 (83.6) <sup>a</sup>	14 (19.2)
CT	86	86 (100.0) <sup>c</sup>	84 (97.6) <sup>bd</sup>

注：与 X 线比较，<sup>a</sup> $P < 0.05$ ，<sup>b</sup> $P < 0.01$ ；与超声比较，<sup>c</sup> $P < 0.05$ ，<sup>d</sup> $P < 0.01$

2.2 手术术式：①右半结肠癌 35 例中，除 1 例因全身情况差放弃手术外，30 例 (85.7%) 行肿瘤一期切除 (28 例 I 期吻合、2 例 II 期吻合)，4 例无法切除行肿瘤旷置性短路吻合。②左半结肠癌和直肠癌 63 例中，除 3 例因全身情况差放弃手术外，47 例 (74.6%) 行肿瘤一期切除 (36 例 I 期吻合、11 例 II 期吻合)，7 例二期切除造瘘还纳，6 例肿瘤无法切除行姑息性减压手术。左、右结肠癌伴梗阻在肿瘤一期切除吻合的构成比方面差异无统计学意义 ( $\chi^2 = 5.188, P = 0.023$ )。

2.3 术后并发症及转归：98 例手术患者出现并发症 23 例 (23.5%)；围手术期死亡 6 例 (6.1%)。①切口感染 15 例；腹腔感染、脓肿形成 7 例；肺部感染或急性呼吸窘迫综合征 (ARDS) 9 例，死亡 2 例；心脑血管并发症 8 例。②吻合口瘘 4 例，治愈 1 例，死亡 3 例，均发生于肿瘤一期切除吻合患者。③术中死亡 1 例。

### 3 讨论

癌性梗阻为结、直肠梗阻的首要病因，由于结肠梗阻多为闭袢性梗阻，血液供应差，易发生坏死；结肠内含大量产气细菌，容易造成破裂穿孔；同时患者年龄较大，并发症、病死率较高，所以临床

治疗过程中困难大。

结、直肠癌性梗阻治疗在于及时诊断，腹部 X 线检查是诊断肠梗阻的首选方法，但有 20%~52% 不能予以确诊，而且不能进行病因诊断<sup>[1]</sup>。超声对肠梗阻的诊断较为困难。CT 能充分显示梗阻肠段及其邻近肠系膜、腹膜腔的解剖结构，对肠梗阻的病因诊断意义很大。

结、直肠癌性梗阻治疗的关键为及时手术、解除梗阻、根治性切除吻合。右半结肠癌性梗阻行一期切除吻合术已被普遍接受，而左半结肠癌性梗阻的手术方式尚有争议。一期切除吻合吻合口瘘发生率高、病死率高；但分期手术可使许多患者丧失切除机会，故目前多主张情况允许时尽量争取一期切除。Lee 等<sup>[2]</sup>将 107 例右半结肠癌并梗阻的病例与 123 例左半结肠癌并梗阻的病例比较，结果显示两组间一期切除吻合的病死率和吻合口瘘发生率均无明显差异。为保证一期术后吻合口愈合，需要重视术前改善全身基础情况、术中充分减压、保证吻合口血运良好、无张力、吻合口下端通畅、注意瘘口处理等问题。

### 参考文献

[1] Frager D, Medwid S W, Baer J W, et al. CT of small-bowel obstruction; value in establishing the diagnosis and determining the degree and cause [J]. AJR Am J Roentgenol, 1994, 162(1):37-41.

[2] Lee Y M, Law W L, Chu K W, et al. Emergency surgery for obstructing colorectal cancers; a comparison between right-sided and left-sided lesions [J]. J Am Coll Surg, 2001, 19(6):719-725.

(收稿日期: 2008-01-26) (本文编辑: 李银平)

作者单位：061001 河北省沧州市中心医院普外二科 (刘雅刚，胡亚民)；沧州市人民医院 (胡亚力)

作者简介：刘雅刚 (1968-)，男 (汉族)，河北省人，副主任医师。