DOI:10.16016/j.1000-5404.1982.04.002

体表合并重度呼吸道烧伤输液问题的探讨

——实 验 研 究

第一附属医院烧伤中心

杨宗城 黎 鳌 姜坤元 陈发明

尤忠义 吴振忠 练伟坤 王天乙

李进年 刘 莉 肖利民 秦孝建

严重烧伤病人休克期渡过不平稳的重要原因之一是往往合并有重度呼吸道烧伤。这是由于严重烧伤早期，血容量减少，组织灌流已经不足，如果再加上重度呼吸道烧伤并发肺水肿引起的低氧血症，则更加重组织器官的缺血、缺氧性损害，从而导致休克处理困难或甚至难以逆转的局面。因此长期以来，许多国内、外教科书，包括我们自己在内[1]，对这类病人早期补液所采取的策略是："宁少勿多"、"要干、不要湿"[2][3]，尽可能地限制补液量和降低每小时尿量。这是基于减少输液即可减少肺血管渗出，推迟肺水肿的发生和发展或减轻其程度的设想。特别是近年来，一般认为大量输液是导致发生成人呼吸窘迫综合征（ARDS）的重要原因，更增加了对这类病人早期输液顾虑。

前年，我们在总结重度呼吸道蒸气烧伤一般规律探索的实验研究时，发现这批未输液的狗，伤后2小时（实验设计伤后最早检查时间）均出现了不同程度的肺水肿；结合我们对近十年来收治的大面积烧伤病人早期补液的分析[4]，也发现烧伤早期肺水肿的发生与发展，与早期补液量并无恒定关系；使我们联想到，应用现行一般输液公式补液，究竟对合并有重度呼吸道烧伤的肺水肿发生与发展，有多大影响？是否需要限制输液量？从而设计了以下动物实验。

实 验 方 法

1．9.8～15.2公斤重雄性杂种狗28只，于苯巴比妥钠静脉麻醉下进行实验。经气管内插管灌注蒸气，致成重度呼吸道蒸气烧伤[5]；然后在狗背用凝固汽油燃烧20秒，致成30％Ⅲ度烧伤。

2．按伤后第一个24小时静脉输液量和质的不同分为4组，每组7只狗（表1）。组Ⅰ为对照组，组Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ为治疗组。各组动物均于伤前禁食12小时；伤后半小时开始输液。

3．各组动物均进行了规定项目的检查（表2）。

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表1　　实验动物分组

组别	狗数	第一个24小时补液量△ 血浆 (ml/kg/BSA)	电解质液 (ml/kg/BSA)	基础水份 (ml/kg)
Ⅰ（对照组）	7	0	0	40
Ⅱ（Parkland公式）	7	0	4*	0
Ⅲ（我院修改公式）	7	0	1.5*	40
Ⅳ（我院公式）	7	0.5	1.0**	40

* 乳酸林格氏平衡液　　** 5%葡萄糖盐水溶液　　△ 半量在第一个8小时均匀输入

表2　　检查的项目、方法和时间

检查项目		检查时间 伤前	伤后2°	伤后8°	伤后24°
呼吸次数（R）	直接检测	✓	✓	✓	✓
股动脉压（FAP）	直接穿刺	✓	✓	✓	✓
CVP、PAP、PAWP	右心导管（经颈V）、四导生理记录仪(ST-4型)描绘	✓	✓	✓	✓
血浆量（PV）	T-1824染料稀释法	✓	✓	✓	✓
CI	阻抗微分法	✓	✓	✓	✓
PaO_2、$PaCO_2$、pH、BEb	股动脉血	✓	✓	✓	✓
PvO_2、$PvCO_2$	肺V血，经右心导管	✓	✓	✓	✓
X线胸片*	正侧位	✓	-	✓	✓
血浆蛋白	股V血，双缩脲法	✓	✓	✓	✓
肺水量	右肺，称重法△	-	-	-	✓#
肺组织病理检查（取固定部位）	光镜、电镜	-	-	-	✓#
肺组织菌量检查（取固定部位）		-	-	-	✓#
纤维支气管镜检查		-	✓	✓	✓

注：* 伤后2小时只进行了部份动物检查，故略去

△ 称重法：称湿重后，90℃烘烤48小时，再称干重　肺水量(%) = $\frac{湿重-干重}{湿重} \times 100$

\# 伤后24小时放血活杀，立即取样检查

实验结果分析

1. 各组动物伤后呼吸次数（R）均明显增快（图Ⅰ），较伤前有显著差别（$P<0.01\sim0.05$）。

2. 28只狗中6只在实验期内死亡。组Ⅰ、Ⅳ各2只；组Ⅲ、Ⅱ各1只。各组之间24小时死亡率无统计学上显著差异。

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

3. 伤后24小时血浆量（PV）、心脏指数（CI）、中心静脉压（CVP）以对照组最低。说明未经输液的动物有效循环量较治疗组显著为低（$P>0.05$）。即便是输液治疗的Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ组动物的PV和CI也均未能恢复到伤前水平。从伤后24小时的股动脉压（FAP）来看，也未能恢复到伤前水平（图2、①、②、⑤、⑥），提示按体表面积计算第一个24小时补液量，在体表合并重度呼吸道烧伤的狗，似尚不足以补偿其丧失量。虽然组Ⅱ的CVP伤后24小时略有增高，但仍在正常值范围。各组的肺动脉压（PAP）和肺动脉楔入压（PAWP）伤后改变的图型相似（图2③、④），无明显肺动脉高压。PAWP伤后8小时以后有所增高，但基本在正常值范围内。此轻度PAWP增高的原因尚难肯定，可能与肺水肿或肺血管收缩有关。

4. 伤后的血气变化，如图3所示，4组基本相同。即氧分压（PaO_2）、CO_2分压（$PaCO_2$）及剩余碱（BEb）下降；肺泡动脉氧差（A-aDO_2）和动静脉血氧差（CaO_2-CvO_2）上升；动脉血pH伤后早期明显上升，虽伤后24小时有所下降，除组Ⅳ外，仍略高于伤前水平，结合伤后动物呼吸增快，提示Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ组动物，在整个实验过程中，均表现有不同程度的呼吸性碱中毒和代谢性酸中毒。组Ⅳ的狗，即输入有胶体的一组，伤后早期也表现有呼吸性碱中毒和代谢性酸中毒，但在伤后8小时pH下降，至伤后24小时已明显低于伤前值，同时$PaCO_2$已上升，提示已出现代谢性酸中毒和呼吸性酸中毒。也说明输入胶体未能使肺功能恶化的速度减慢，相反有所加速。

5. 伤后24小时右肺含水量，组Ⅰ为81.26±1.21%；组Ⅱ为81.5±1.36%；组Ⅲ为81.88±0.36%，组Ⅳ为82.02±1.56%，与本实验室测定的正常狗右肺含水量78.53±1.066%[1]，均有明显增加（$P<0.05\sim0.001$），以组Ⅳ最高，但各组之间无统计学差异。值得注意的是：输液量最多的第二组，伤后24小时右肺含水量与对照组者几乎相同，比输胶体的Ⅳ组还略低一些，尽管统计学上无差异。

6. 伤后X线胸片检查，纤维支气管镜检查支气管腔内分泌物充盈情况，以及伤后24小时病理检查（表3、4、5）情况，各组基本相同，无显著差异。

表3　　狗伤后X线胸片（正侧位）发现

伤后小时	组别	动物数*	主要发现		
			肺水肿	肺不张	肺部感染
8	Ⅰ	1	2	0	0
	Ⅱ	6	4	0	0
	Ⅲ	6	3	1	0
	Ⅳ	6	3	0	0
24	Ⅰ	5	3	0	3
	Ⅱ	6	5	1	5
	Ⅲ	7△	7	3	7
	Ⅳ	6△	4	0	5

注：* 以实际摄片动物数计数（有的狗，虽摄片，但因照片质量差未列入分析）

△ Ⅲ、Ⅳ组狗，摄片后死亡。

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表4　　纤维支气管镜检查支气管腔内分泌物充溢情况

伤后（小时）	组别	检查动物数	充溢情况*			
			0 级	Ⅰ 级	Ⅱ 级	Ⅲ 级
2	Ⅰ	7	3	3	1	0
	Ⅱ	7	4	3	0	0
	Ⅲ	7	1	4	2	0
	Ⅳ	7	4	2	1	0
8	Ⅰ	7	0	4	3	0
	Ⅱ	7	1	2	2	2
	Ⅲ	7	2	1	3	1
	Ⅳ	7	1	3	2	1
24	Ⅰ	5	1	0	2	2
	Ⅱ	6	0	2	3	2
	Ⅲ	6	0	2	3	1
	Ⅳ	5	1	1	1	3

* 充溢程度：0级　腔内无分泌物；Ⅰ级　腔内有少量分泌物；Ⅱ级　近$\frac{1}{2}$腔内充满分泌物；Ⅲ级　整个腔内几乎充满分泌物

表5　　狗伤后24小时（活杀）主要病理改变*

组别	动物数	肺泡水肿（发生数）	血管周围水肿套（发生数）	透明膜（发生数）
Ⅰ	7	5	7	1
Ⅱ	7	6	6	3
Ⅲ	7	7	7	3
Ⅳ	7	4	5	0

* 统计学处理：各组之间无显著差异

讨　　论

呼吸道烧伤后，由于热力的直接损伤以及某些血管活性物质的作用，肺毛细血管通透性增高，严重者很快即并发肺水肿。本实验各组狗伤后24小时活杀后肺的含水量均显著高于正常狗，病理检查皆曾发现有不同程度的肺间质和肺泡水肿，部份狗且有透明膜形成。功能检查亦曾发现多数狗伤后24小时有较重的低氧血症（PaO_2＜60mmHg）、低碳酸血症（$PaCO_2$＜35mmHg），表明存在有以肺水肿为主要病理改变的呼吸功能障碍。由于本实验动物同时有30/Ⅲ的体表烧伤，心血管功能也明显减弱，血浆容量减少，心输出量下降，股动脉压下降，表现出休克症象。显然对此类伤情的狗，补液治疗是必须的，但补液是否增重肺水肿？本实验结果表明，四组动物的24小时死亡率、肺功能、肺含水量、胸部摄片检查、支气管腔内分泌物充溢情况以及肺部主要病理检查，均基本相同，各项观察指标均无明显统计学差异。说

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

明30%三度体表烧伤合并重度呼吸道蒸气烧伤的狗，按一般现行烧伤补液公式估计第一个24小时的补液量（即便是估计量偏大的Parkland公式），都未增重呼吸道烧伤后的肺水肿，也未使其呼吸功能障碍更行恶化。可能与血管内液体渗出毛细血管的量有关。Starling 公式：$Qf = kf[(Pmv - Ppmv) - \delta(\pi mv - \pi Pmv)]$中，Qf为渗出量；kf为水的传导系数；Pmv和Ppmv为肺微血管和间质静水压；δ是反射系数 reflection coeffient，表明物质与水比较渗出毛细血管膜的能力，蛋白质的δ接近1，而小分子物质的δ为0；πmv和πPmv为微血管和间质内胶体渗透压。当呼吸道烧伤肺毛细血管通透性增高后，蛋白质的反射系数δ已接近0，则血浆与间质内的胶体渗透压（即$\pi mv - \pi Pmv = 0$）不再有作用了。即令δ不等于0，尚有部份蛋白质不渗出，血浆内胶体渗透压仍较高，但因淋巴回流液中蛋白含量也偏低，从而使间质内胶体渗透压相应提高，故$\pi mv - \pi Pmv$的作用不大。也就是说，呼吸道烧伤肺毛细血管通透性增加后，决定肺渗出量的主要因素是毛细血管的静水压（Pmv），任何足以使Pmv增高的因素，皆可增重肺水肿。本实验动物均系30/Ⅲ体表合并重度呼吸道蒸气烧伤，伤后由于毛细血管通透性的改变，不但从体表烧伤而且从呼吸道烧伤均有较大量的体液丧失。虽经补液，即使是伤后第一个24小时补液量为4 ml/公斤体重/%烧伤面积的组Ⅱ狗，血浆容量也未能恢复至伤前水平。说明按体表烧伤面积计算补液量，对体表合并重度呼吸道烧伤来说，未能达到恢复血浆容量的目的。一方面由于按体表烧伤面积计算的补液量本身就是一低标准的；另方面则可能由于呼吸道烧伤后肺水肿所致之严重低氧血症，使原已处于低灌流状态下的组织器官，再加上缺氧，局部组织pH下降，毛细血管进一步扩张，使部份体液淤滞在全身毛细血管床和组织间隙中。由于血容量不足，从而不致于使心脏负荷过重，导致肺动脉高压。又本实验各组动物的中心静脉压、肺动脉压、肺动脉楔状压皆无明显异常增高，间接地反映出肺毛细血管内静水压无显著增高（$Pmv = R(Ppa - PLa) + PLa$，R为静脉阻力，Ppa为肺动脉压，PLa为左心房压）。这可能是本实验动物补液后未使肺水肿加重的主要原因。其次创伤后肺淋巴回流可增高8—10倍，在淋巴回流障碍不严重时，也会有部分代偿作用。

本实验结果提示我们，临床上在处理此类体表合并呼吸道烧伤病人，如果按现行一般公式（特别估计量偏少的公式）估计第一个24小时输液量时，则没有必要再予限制。早期补液只应该根据病人的实际需要，结合临床输液指标，予以增减，争取平稳渡过休克期为原则。还需指出，从理论上讲，体表合并重度呼吸道烧伤，其体液渗出不仅发生在体表烧伤部位，同时也发生在肺部。以往我们的实验曾指出，单纯重度呼吸道蒸气烧伤狗的血液动力方面的改变（包括PV、CI、BP、LVW、PVR及SVR等），与单纯30% Ⅲ度体表烧伤狗相似，亦表明重度呼吸道烧伤后，体液的丧失和血流动力方面的改变较显著。因此适当增加补液量，应是合理的，如果补液量只按一般公式（根据体表烧伤面积估计）计算，已是偏低。但由于临床所见的呼吸道烧伤，轻重不一，尚无一适合的计算方法，目前仍应以一般公式估计量为基础，结合输液指标进行为妥。

还需特别指出的是，严重烧伤伴重度呼吸道烧伤者，大多并发严重休克和肺水肿，以往临床上，对这类病人，往往过多地归咎于输液量过多或限制不严。其实此类病人即使不输液，也会并发肺水肿，当然漫无限制地补液，超过心脏负荷，肯定会加重肺水肿，这是不足取的。但是若限制输液量，使有效循环血量不能及时恢复，导致组织灌流量长期不足，则不但不利于纠正休克，并发各系统的缺氧性损害，而且也会加重肺组织的损害，促使肺水肿的发生与发展，进一步恶化低氧血症，反过来加剧休克，形成恶性循环，也是不足取的。对此

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

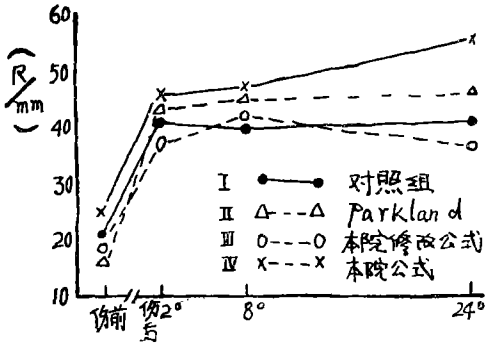


图1 呼吸改变

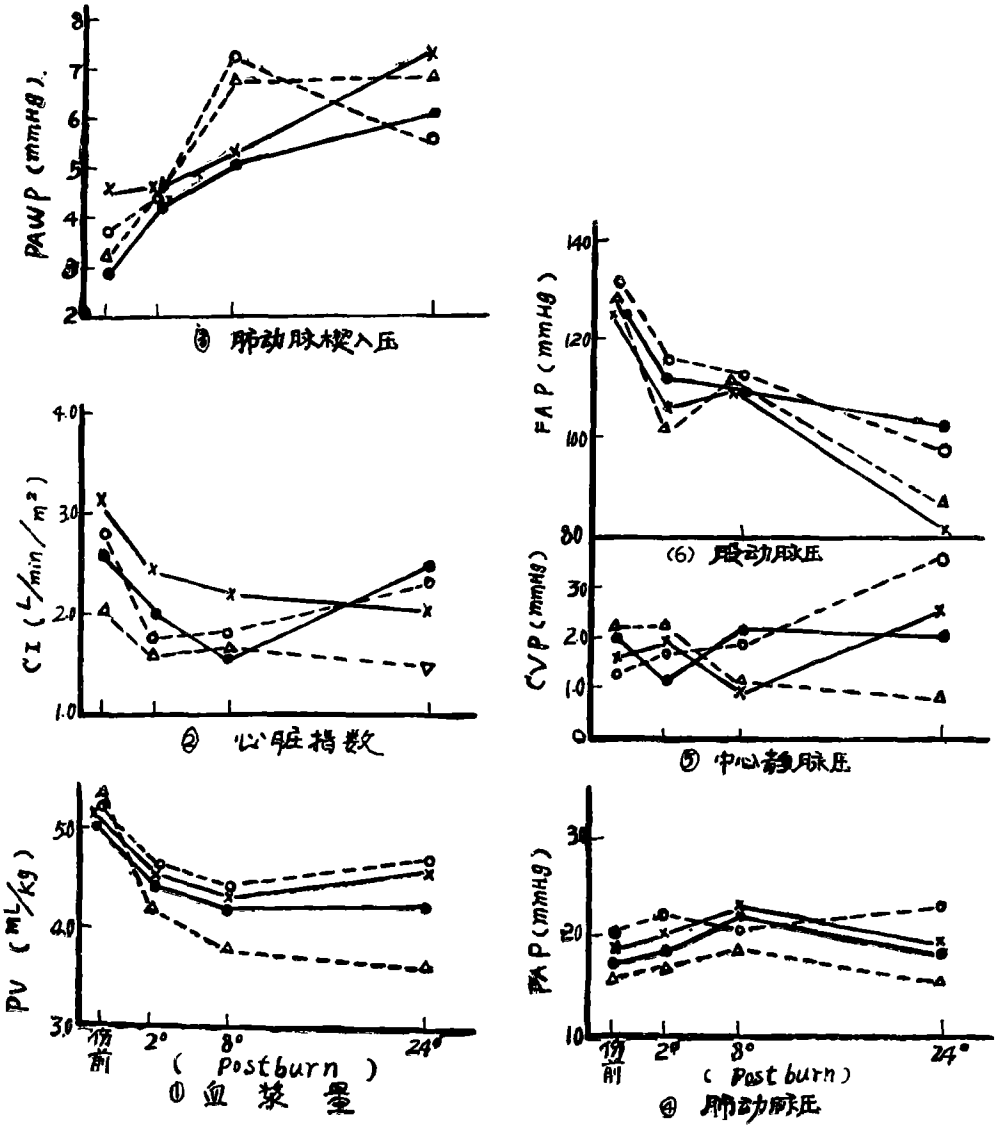


图2 血动力方面的变化

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

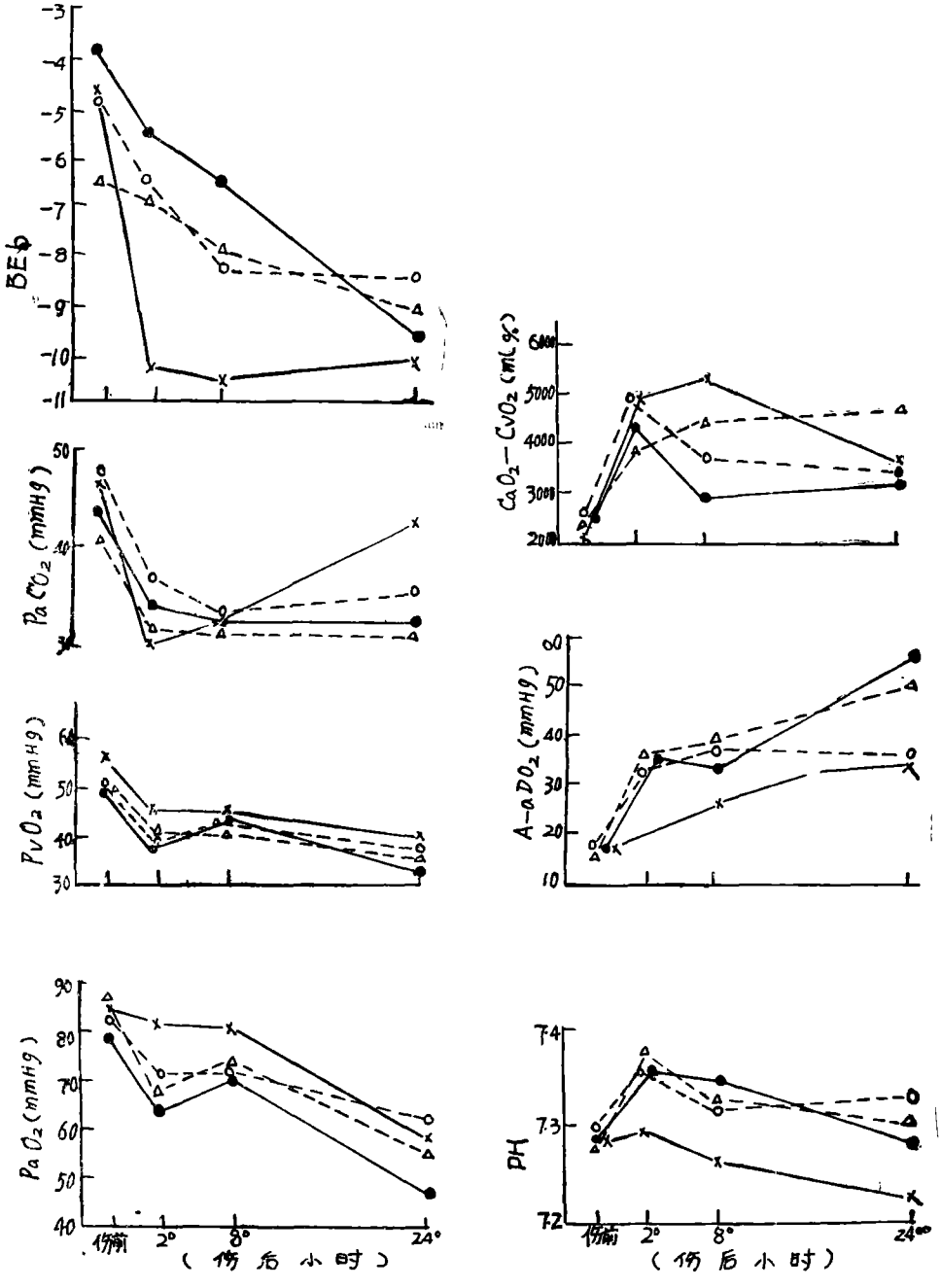


图 3　伤后血气变化

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

类病人，总应以抗休克为主要指标进行补液，只是在休克情况已被控制，病情比较平稳时，再根据输液指标，适当地考虑限制入量，才是合理的。此外，改善通气和低氧血症情况也非常重要。

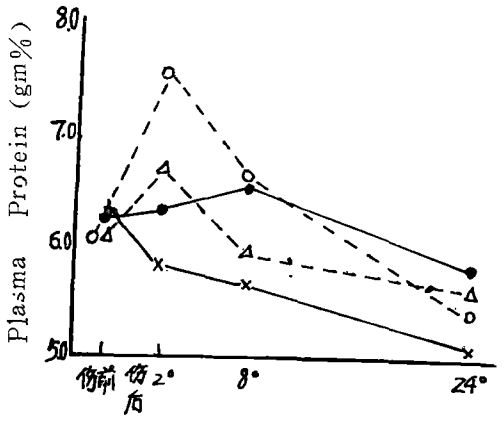


图4 血浆蛋白变化

关于早期补充胶体是否对防止呼吸道烧伤后肺水肿有益的问题，原来也有争论，因不涉及本文范围将不予详细讨论。但本实验组Ⅳ狗曾同时补充电解质液、血浆与水份。结果表明其心肺功能并不优于单纯补充电解质液的组Ⅱ（总量偏多）狗和组Ⅲ（总量与组Ⅳ相同）狗；肺水量和肺部病变也不轻于组Ⅱ与组Ⅲ；而且伤后24小时的血浆蛋白量也不比其他组为高。说明严重烧伤后，毛细血管通透性增加，蛋白质的反射系数 reflection coefficint 接近0，早期输入的血浆蛋白并未能在血管内存留，大部分渗漏至组织间隙中，因而在改善血液动力方面并不优于电解质液，也无防治肺水肿的作用。是否如此，尚待进一步研究。

小　　结

本文通过28只30%Ⅲ度烧伤合并重度呼吸道蒸气烧伤狗的实验，发现按Parkland公式或我院公式及其修改公式补液的狗，伤后24小时的肺功能变化、肺含水量及肺水肿等病理变化，各治疗组间或与各对照组间皆无明显差异，表明按常用补液公式（即或输液量大的Parkland公式）进行补液，并不会增重呼吸道烧伤并发的肺水肿。这可能是根据本实验各组狗伤后24小时的血浆容量、心输出量均未回复至伤前值，CVP、PAP、PAWP值均无明显增高，表明补液量尚嫌不足，没有超过心脏负荷，没有引起肺高压和导致肺毛细血管静水压增高，从而未使渗出量增多。提示临床上对此类烧伤合并呼吸道烧伤病人的补液，总以纠正休克为主要目的，不宜主观限制输液量。

参 考 文 献

（1）第二军医大学烧伤防治研究协作组主编：烧伤治疗学，第二十章 PP 185，人民卫生出版社 1977

（2）Artz CP et al: Burns. Chapter 12, P.187 W B Saunders Co Philadelphia,London Toranto, 1979

（3）Domali L et al:Treatment of Burns. P.16 Piccin Med Books Padua, 1976

（4）杨宗城等：大面积烧伤早期补液治疗一本届论文

（5）朱佩芳等：重度呼吸道蒸气烧伤（狗）模型的制作 中国烧伤学术会议（上海地区）论文摘要

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net