DOI:10.16016/j.1000-5404.1982.04.003

体表合并重度呼吸道烧伤早期补液的实验研究

第一附属医院烧伤中心

姜坤元 黎鳌 杨宗城 陈发明 周宗海 尤忠义
吴振忠 王天乙 练伟坤 肖利民 秦孝建 李进年
魏钜菊 李明友 李绍琴[Δ] 刘倩予[Δ] 刘莉

补液仍是当前烧伤早期复苏的一项重要措施。有关体表烧伤早期补液问题的报导甚多，但对于体表合并呼吸道烧伤的早期补液研究未见报导。对这类病人的早期补液问题，一般均以体表烧伤面积计算的补液公式作指导，并强调限制输液量，以防加重肺水肿。多年来，这个原则一直指导着临床实践。前年，我们在进行重度呼吸道蒸气烧伤实验研究时，发现未输液的重度呼吸道蒸气烧伤的狗，肺水肿也十分严重，而且单纯重度呼吸道蒸气烧伤的血液动力方面的改变，并不亚于30%体表烧伤。因此联想到现行按体表烧伤面积计算补液公式预计的补液量，是否适用于体表合并重度呼吸道烧伤早期复苏需要？量是多还是少？质如何？本文旨在对这些问题进行探讨。

实验方法

实验动物为四川杂种犬，雄性，体重9.8～15.2公斤。实验前驯养7～10天。测体重、身长和血相，查体正常者方选用。实验前一天清醒状态下躯干背侧脱毛。实验在戊基巴比妥钠（25～30毫克/公斤体重）静脉麻醉下进行。置右心导管和导尿管备用。致伤犬用0.05%司可林2.5～3.0毫升静脉注射控制呼吸，经气管插管通入110℃灼热蒸气，总通气量500毫升，压力0.42公斤，通气3秒，致伤；并随即在躯干背侧以3%凝固汽油燃烧20秒造成深Ⅱ～Ⅲ度烧伤。实验动物伤前禁食12小时；伤后半小时开始静脉输液。伤前和伤后2、8、24小时分别采集血、尿标本进行生化和晶体渗透压等测定。实验分组和伤后24小时输液量见表1。Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ组又称输液组。

表1 实验分组和伤后24小时输液量

组别	犬数	血浆*	林格氏平衡溶液*	等渗盐水*	5%葡萄糖溶液 ml/kg体重
Ⅰ对照组（基础水份）	7	–	–	–	40
Ⅱ4ml组（Parkland公式）	7	–	4.0	–	–
Ⅲ1.5ml组（本院修改公式）	7	–	–	1.5	40
Ⅳ胶体组（本院公式）	7	0.5	–	1.0	40

* 为每公斤体重每1%烧伤面积ml数。

** 24小时补液总量的一半，在第一个八小时输入。

Δ 本院检验科

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

实 验 结 果 分 析

一、血浆和尿钾、钠、氯：钾、钠系用 EEL-100 型火焰光度计测定。氯的测定采用硝酸汞滴定法。28只犬伤前平均值；血浆钾为3.46±0.6mEq/L；血浆钠为144.5±3.8mEq/L；血浆氯为117±5.3mEq/L；尿钾为33.4±15.3mEq/L；尿钠为116.7±37.3mEq/L；尿氯为118.9±41.2mEq/L。

伤后血浆钾和血浆钠：不论对照组或各输液组变化较小，均在伤前值范围内（图1①②）。各输液组与对照组比较在各时值均无显著差别。

血浆氯：对照组伤后 8 和 24 小时下降低于伤前值范围，各输液组维持在伤前值范围内（图1③），与各输液组比较有显著或非常显著的差别（$P<0.05\sim0.002$）。

因24小时的总尿量收集不够完全。故尿电解质是以mEq/L数值作比较。

尿钾：伤后 8 和24小时各输液组尿钾浓度有升高趋势（图2①）。但其中仅伤后 8 小时

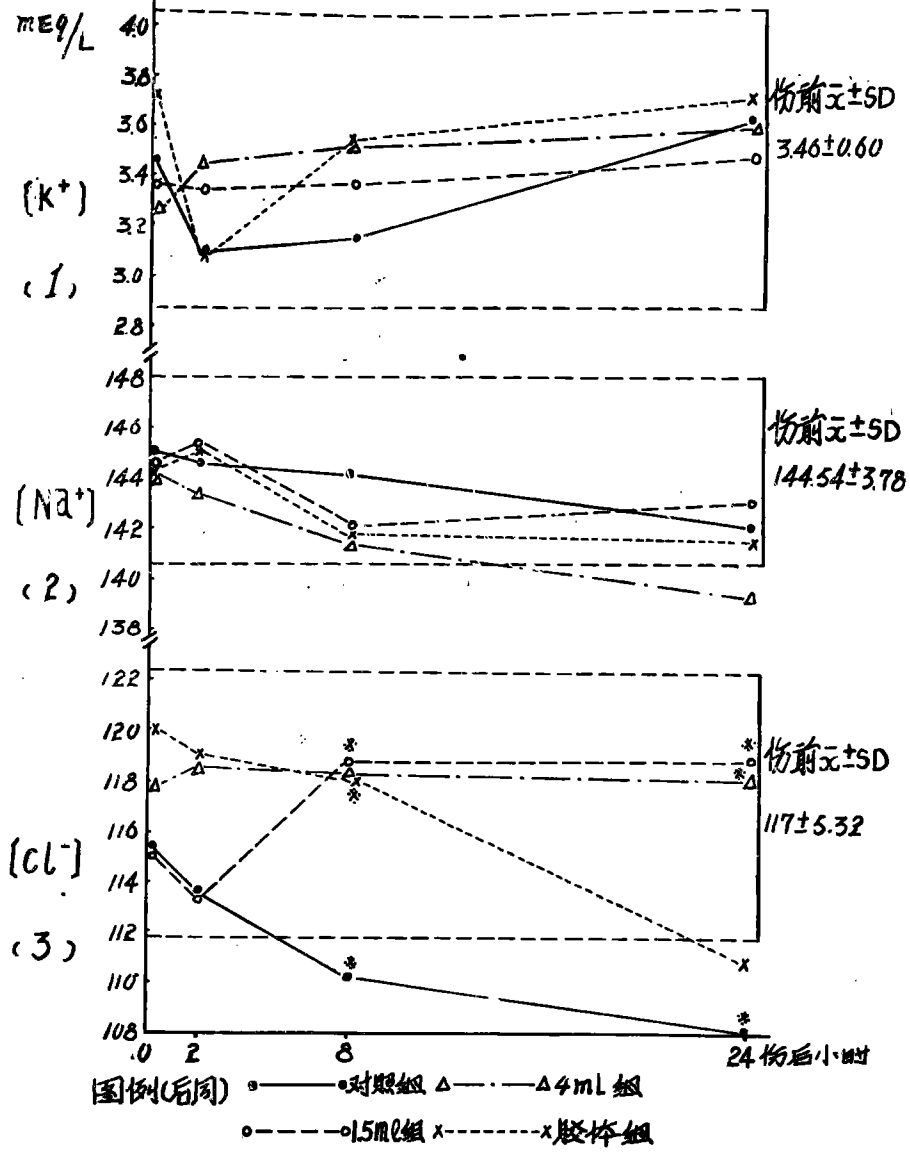


图1　早期血浆（K^+）、（Na^+）、（Cl^-）的改变

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

胶体组与对照组比较有显著差别。

尿钠和尿氯：伤后24小时尿钠和尿氯浓度多数呈下降趋势（图2②③），但各输液组与对照组比较无显著差别。

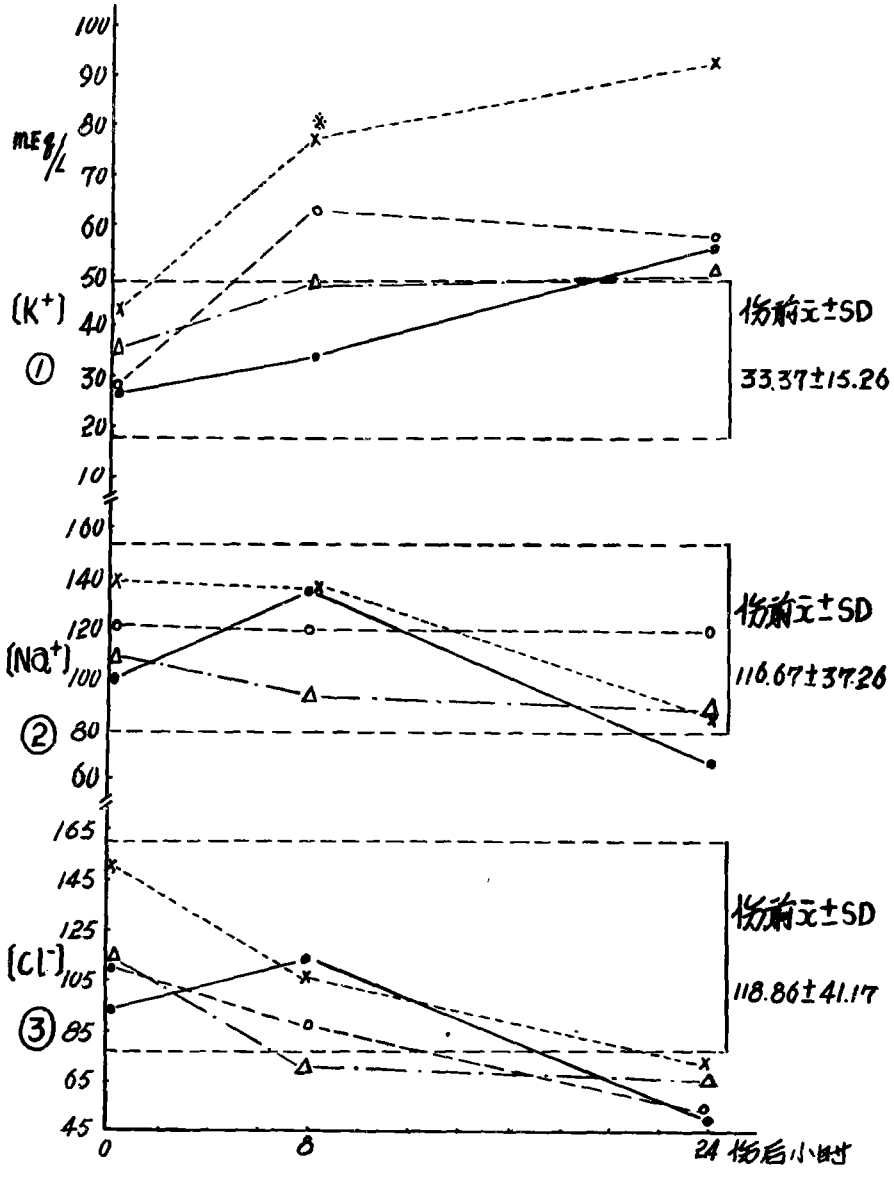


图2 早期尿（K^+）、（Na^+）、（Cl^-）的改变

二、血和尿尿素氮及肌酐的改变：

血和尿尿素氮的测定采用邻苯二甲醛比色法。肌酐的测定采用碱性苦味酸法。

血尿素氮：伤后各组BUN均有增加趋势（图3①）。伤后24小时对照组和胶体组显著高于伤前水平，1.5毫升组和4毫升组在伤前值范围。其中4毫升组与对照组比较有显著差别（$P<0.01$）。

尿尿素氮：伤后各组均有增高趋势（图3②），但仍在伤前值范围。

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

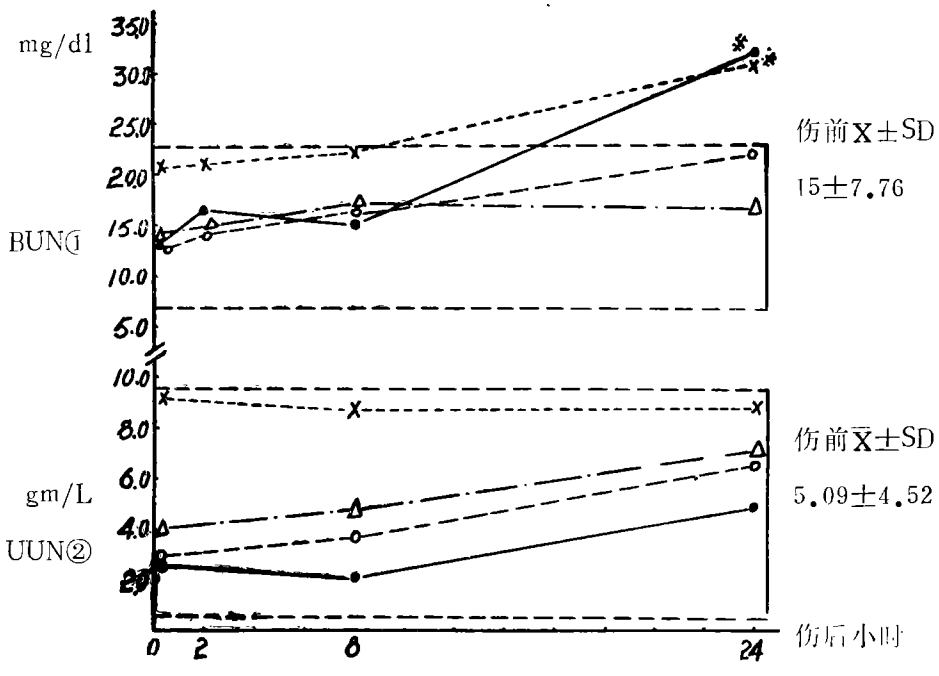


图 3　烧伤早期血、尿尿素氮的改变

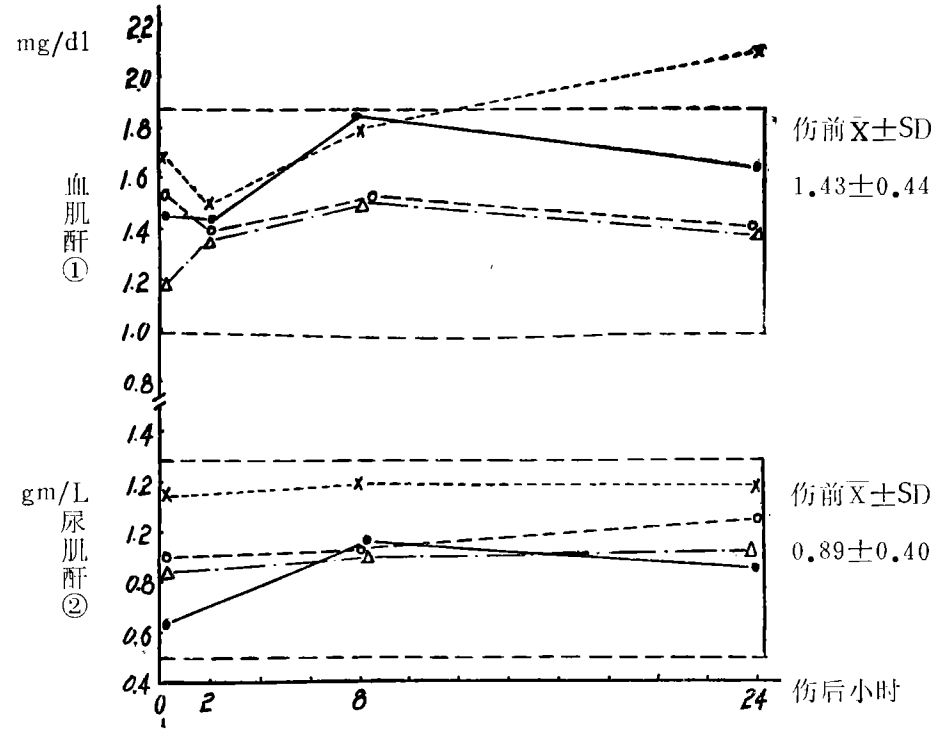


图 4　早期血、尿肌酐的改变

血和尿肌酐：伤后 8 小时，各组血肌酐与各自伤前值比较，均有不同程度的增高，但均在伤前值范围；伤后24小时除胶体组略高于伤前平均值外，其它各组也均在伤前值范围内，

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

各时值与伤前值比较无显著差异，各组之间比较也无显著差异（图4①）。伤后各组尿肌酐有增高趋势，但均在伤前值范围（图4②）。

三、血糖：采用邻甲苯胺法测定。对照组伤后2小时和胶体组2、8小时的血糖略高于伤前水平。伤后24小时各组均恢复至伤前值范围（图5）。

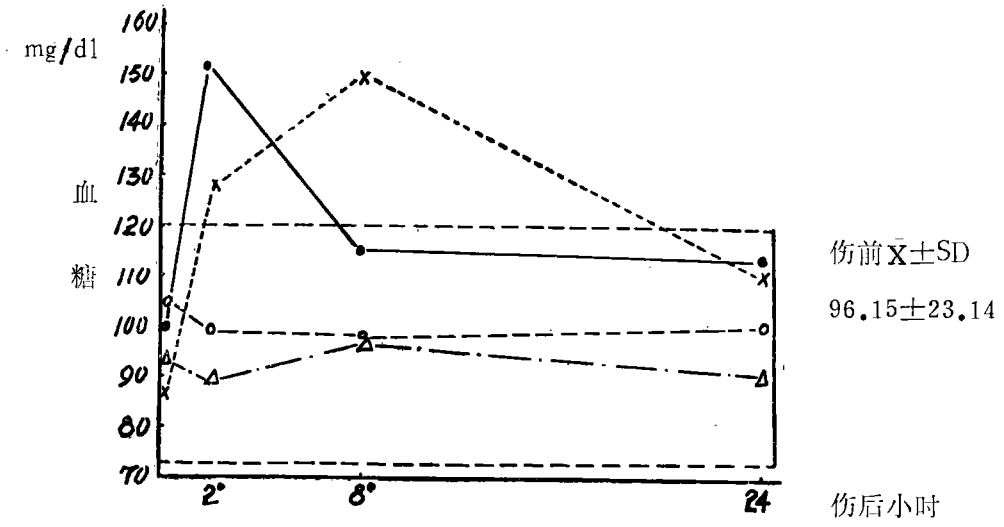


图5　烧伤早期血糖的改变

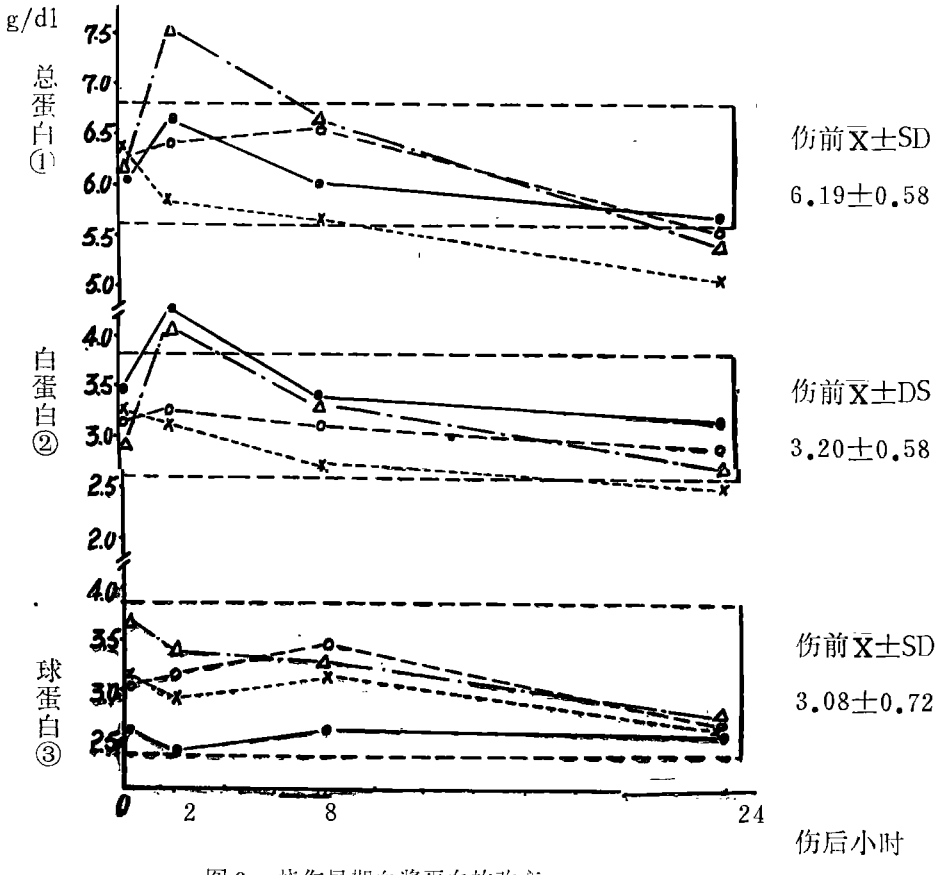


图6　烧伤早期血浆蛋白的改变

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

四、血浆蛋白：采用双缩脲测定法。伤后各组血浆球蛋白波动甚小，均在伤前值范围，但总的趋势是伤后24小时偏低。血浆总蛋白和白蛋白量，除胶体组外，伤后早期2或8小时有不同程度的增高，这可能与血浓缩有关。伤后24小时各组均下降接近或低于伤前值最低范围（图6）。结合血细胞压积（图7）和血浆量情况（图8）来看，伤后24小时血浓缩，血浆量也未恢复正常。因此，总蛋白量的降低不是由于血稀积所致，而主要是由于白蛋白从已改变通透性的血管漏出。值得注意的是，胶体组的总蛋白量不仅不比其它组高，反而低。

五、血清、尿晶体渗透压：系采用冰点渗透压计（FM-3型上海一医制）测定。28只犬血清晶体渗透压伤前平均值为296.4±19.9mOsm/kgH_2O，伤后各组均有不同程度的增高趋势，但基本上在伤前值范围（图9①）。各组伤后与伤前值比较；各组之间相互比较均无显著差别。尿晶体渗透压伤前值为476.0±198.4，伤后各组均呈升高趋势（图9②），这与血清晶体渗透压有增高趋势是一致的，其可能与血浓缩有关。

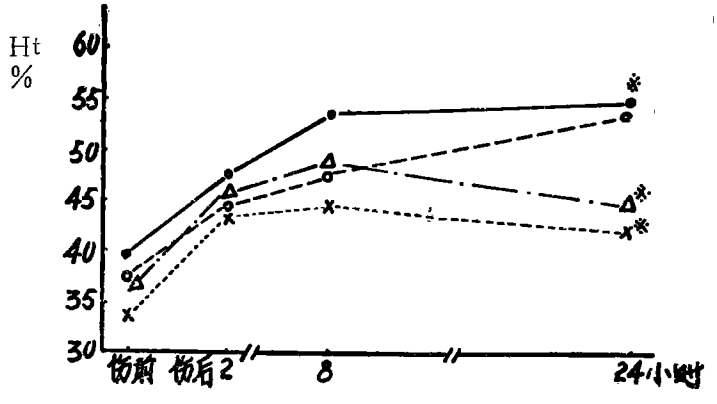


图7　血细胞压积的变化

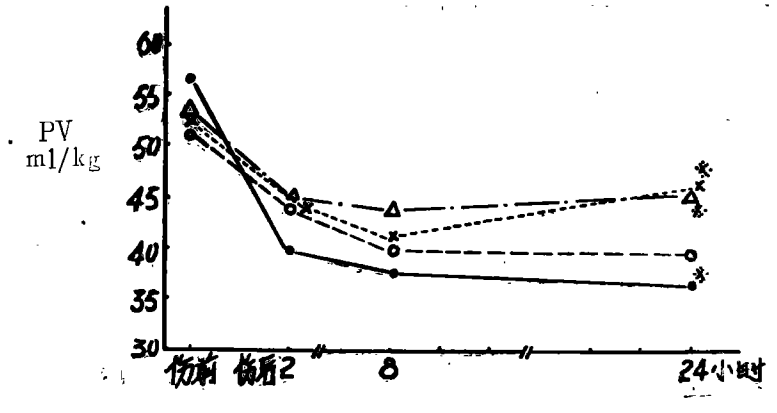


图8　血浆量的变化

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

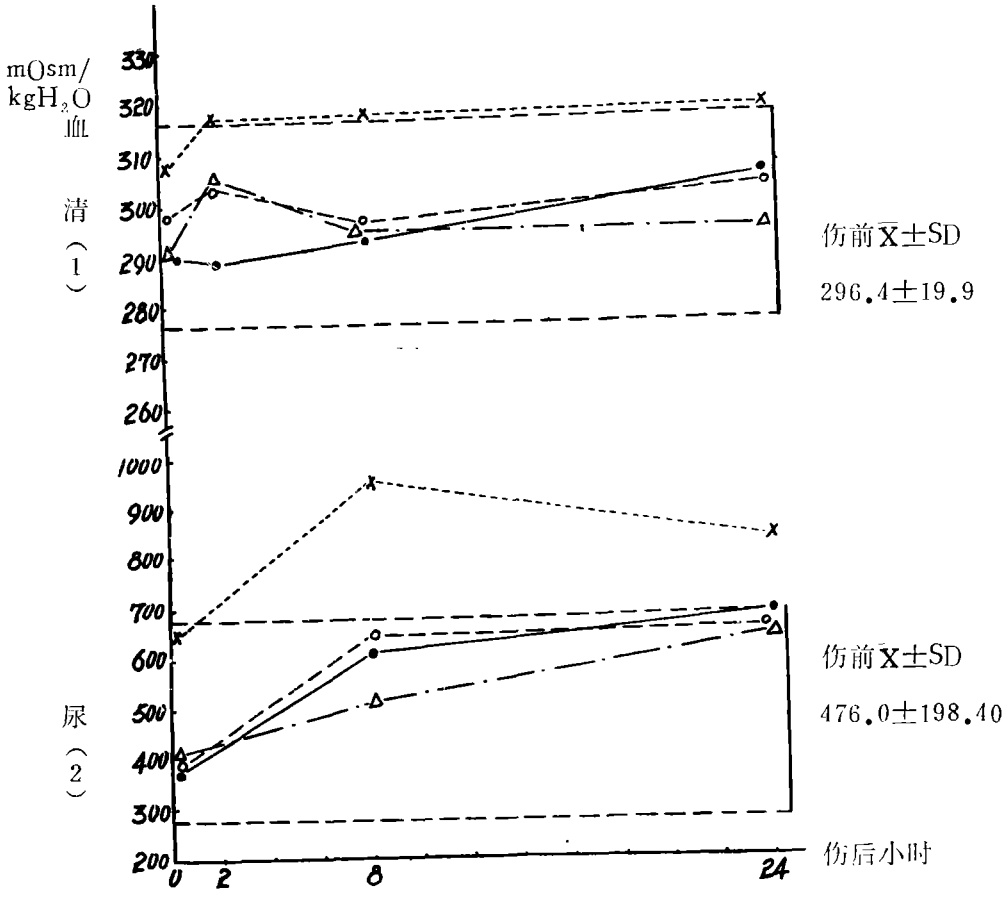


图 9　烧伤早期血尿晶体渗透压的改变

讨　　论

本实验采用的三种公式（Parkland[1]，本院修改公式和本院公式[2]），对30%体表合并重度呼吸道烧伤犬的肺水肿发生和发展与不输液者比较，无论从肺部X线改变，支气管分泌物量（纤维支气管镜检查），血气分析、肺水量测定、心功能以及病理组织学等检查均未见加重，已有专文论述[3][4][5][6][7]，本文不再赘述。至于肾功能损害问题，虽然根据现有资料，如血和尿尿素氮，血、尿肌酐，血、尿晶体渗透压等分析，未发现肾功能明显的损害，但由于观察时间较短（24小时），尚难作出结论。现就下列三个问题进行讨论：

1．血浆容量问题　从图 8 可以看出，四组动物血浆量伤后 2 小时即明显持续下降，直至伤后24小时，仍未恢复至伤前水平。以未输液的对照组最低。即便是输液量最大的 4 ml 组，也未能恢复至伤前水平。这些现象与血细胞压积的变化是基本相同的（图 7）。各组均有明显血浓缩，也以对照组最明显。但是与我们测得的血清晶体渗透压不相称，如图 9 ①所示，各组伤后晶体渗透压均无明显升高。为避免检验技术上的误差，我们按照下列公式：血清晶体渗透压 = 2 × 血清钠浓度 + $\frac{\text{血糖}}{18}$ + $\frac{\text{BUN}}{2.8}$，进行计算，结果如表 2 所示，各组各时值差异甚小，大多数在290～300mOsm/kgH₂O之间浮动，与冰点渗透压计测得结果基本

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

相同。为此，我们又进行了尿/血清晶体渗透压比值的核算。如表3所示，伤后各组比值均有不同程度的增加，也以对照组较明显。说明伤后尿液是浓缩的，与血浓缩、血浆量不足是一致的。提示，如果肾功能正常，尿/血清晶体渗透压比值的改变较血清晶体渗透压的改变，在反映血浓缩和稀释的情况方面前者要敏感些。这是由于机体的代偿能力，在一定的范围内，总是企图使血清晶体渗透压维持在正常水平，以稳定内环境。

表2　用公式计算的各组血清晶体渗透压 ($mOsm/KgH_2O$)

组别	伤前	伤后小时		
		2	8	24
对照组	300.7	303.3	300.6	301.6
4 ml 组	298.6	296.8	294.3	289.0
1.5ml 组	299.8	301.2	295.7	299.8
胶体组	300.8	305.0	300.2	300.5

表3　各组尿/血清晶体渗透压比值

组别	伤前	伤后小时		
		2	8	24
对照组	1.30(100)	—	2.08 (160.0)	2.22(170.8)
4 ml 组	1.40(100)	—	1.75 (125.0)	2.01(143.5)
1.5ml 组	1.30(100)	—	2.19 (168.5)	2.15(165.4)
胶体组	2.10(100)	—	2.99 (142.4)	2.62(124.8)

综上所述，一般补液公式所计算出的输液量，用于30%体表合并重度呼吸道蒸气烧伤狗早期复苏，伤后24小时，即便是输液量最大的4ml组，也未能使血浆量恢复至伤前水平。其原因可能有二：（1）单纯用体表烧伤面积公式计算补液量，不足以补偿同时从呼吸道及体表丧失的渗液量，说明一般公式估计的补液量用于体表合并重度呼吸道烧伤是偏低的，因此补液量不必受公式的限制；（2）由于呼吸道烧伤引起的肺水肿，使血氧分压明显降低[3]，从而使组织遭受缺血（灌流不足）和缺氧的严重损害，组织pH降低，毛细血管扩张，血液淤滞在毛细血管床内。关于上述二种设想，已有专题论及，不再讨论。

2. 电解质问题　根据本实验的尿钾、钠、氯浓度来看，总的趋势是尿 (K^+) 增多，尿 (Na^+)、(Cl^-) 降低，是符合烧伤早期规律的[8]，但是血 (K^+)、(Na^+)、(Cl^-) 除对照组 (Cl^-) 伤后24小时明显下降外，其它改变不大，特别是(Na^+)，虽然总的说来略有下降，但仍在正常范围，似乎输液与否，或输入的量或质不同，对血浆 (Na^+) 影响不大。但是考虑到四组伤后均有不同程度的血浓缩，如果以各自血细胞压积伤前值为标准，然后根据血细胞压积变化，换算出的血浆 (K^+)、(Na^+)、(Cl^-) 如表4所示。伤后2小时各 (K^+)、(Na^+)、(Cl^-) 即有明显下降，直到伤后24小时也未恢复至伤前水平。也就是说，伤后各组的血浆 (K^+)、(Na^+)、(Cl^-) 看起来无明显下降，大都维持在伤前值范围，但每升血中（血浆）所含的 (K^+)、(Na^+)、(Cl^-) 的绝对量较伤前是明显下降了的。而且以不输液组下降最多，这是符合烧伤实际的。这是因为烧伤后大量血浆样液体从血管内渗出，K^+、Na^+、Cl^-均大量丢失，如不补充，必然会出现K^+、Na^+、Cl^-的缺

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

乏。耐人寻味的是，经换算后的伤后血、尿（K^+）、（Na^+）、（Cl^-）各组均较接近。本实验模型伤情基本一致，电解质的渗出量也基本相同，但三组输入的电解质含量显然不同，以Na^+为例，4 ml组第一个24小时输入的Na^+，每公斤体重为$30\times0.128\times4=15.36$mEq/L（30为体表烧伤面积，0.128为乳酸林格氏液每ml中Na^+量，4为每公斤体重4 ml）；1.5 ml组则为$30\times0.128\times1.5=5.74$mEq/L，相差近两倍。而两组伤后血浆（$Na^+$）基本相同。这是由于伤后$Na^+$的重新分布和机体代偿所致。也可以看出机体的代偿能力是惊人的，即便是输入的Na^+量差异甚大，机体仍能调节在一比较恒定的水平。这也是为什么现行许多补液公式电解质含量差异甚大，但最后血浆电解质浓度差异不大的原因。因此从现有资料来看，对本实验所采用的补液公式中所含的电解质量偏多或偏少，尚难作出结论。此问题有待更多的研究。

表4　以各自的血细胞压积伤前值为标准换算出的血浆〔K^+〕、〔Na^+〕、〔Cl^-〕

组别	〔K^+〕				〔Na^+〕				〔Cl^-〕			
	0°	2°	8°	24°	0°	2°	8°	24°	0°	2°	8°	24°
对照组	3.5	2.2	2.0	2.2	145.3	103.1	91.1	87.6	115.4	81.1	69.6	66.4
4 ml组	3.2	2.7	2.7	2.9	144.3	114.2	108.0	114.7	117.9	94.5	94.7	97.1
1.5ml组	3.7	2.6	2.8	2.8	144.6	121.3	113.7	108.1	115.3	94.6	95.0	89.8
胶体组	3.4	2.8	2.7	2.9	144.3	120.2	115.6	120.0	120.2	98.6	99.7	93.9

3．补充胶体（血浆）问题　这也是烧伤早期补液争论较多的问题。主张早期多输血浆的理由是由于大分子血浆蛋白从毛细血管漏出较慢些，能较好地维持血容量；在重度呼吸道烧伤还可以减轻肺水肿的严重程度。不主张早期输血浆的理由，则是早期毛细血管通透性增加后，大分子的血浆蛋白与电解质以同样速度漏出，因此，不仅不存在前述的优点，而且不经济，同时当毛细血管通透性恢复，被漏至组织间的大分子蛋白，难以再回至血管内，使组织水肿回收的时间延长。从本组实验的结果来看，初步认为输入胶体没有显示其优越性。已于前述，胶体组无论对肺水肿的发生和发展，以及血浆量的恢复水平来看，没有明显优于其它4 ml及1.5ml组；值得提出的是血浆总蛋白和白蛋白量，在伤后24小时处于四组中最低水平（图6），间接说明早期输入的大分子血浆蛋白并没有停留在血管内。当然，本文并不否认在临床治疗大面积严重烧伤早期给予适当量胶体的意义。

小　　结

从本实验结果看，按三种补液公式输液与只给基础水份的对照组比较，未发现输液促进或加重重度呼吸道蒸气烧伤肺水肿的发生和发展；也未发现肾功能损害，但因观察时间短，尚难定论。按三种公式输液均未能使血浆量恢复至伤前水平，仍存在血液浓缩，说明三种输液公式估计的补液量用于体表合并重度呼吸道烧伤是偏低的，所以早期输液量不必受公式限制。

血浆电解质（K^+）、（Na^+）、（Cl^-）的绝对量下降明显，尤以对照组下降显著。按三种公式输入的电解质量不同，但血浆中电解质浓度仍维持在伤前值范围，说明机体的调节能力是惊人的。与过去观察一致[8]

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

补充胶体问题：输入胶体液对重度呼吸道烧伤肺水肿的发生和发展，以及血浆量和血浆蛋白的恢复，没有明显优于输入电解质溶液组。

主 要 参 考 文 献

（1）Artz CP et al (ed)：Burns. Chap. 12,P180, W B Sauders Co Philadelphia, Louden, Torondo,1979

（2）姜坤元等：147例严重烧伤早期补液的临床分析。第八届全国外科学术会议论文摘要，1963年9月

（3）吴振忠等：纤维支气管镜对重度呼吸道蒸气烧伤早期肺水肿和低氧血症的诊断意义。本届论文

（4）王天乙等：胸部X线结合纤维支气管镜、血气检查对提高早期诊断重度呼吸道烧伤的意义——实验研究。本届论文

（5）陈发明等：输液对重度呼吸道烧伤血液动力方面的影响，本届论文

（6）尤忠义等：输液对体表伴重度呼吸道蒸气烧伤肺水量影响的实验研究。本届论文

（7）梁延杰等：体表合并重度呼吸道蒸气烧伤补液组与对照组的肺部病理形态学研究。本届论文

（8）姜坤元等：重度呼吸道蒸气烧伤实验研究之十一：血生化和晶体渗透压分析。全国烧伤与整形学术会议论文摘要（烧伤部份），72页，1982年

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