DOI:10.16016/j.1000-5404.1980.04.002

6. Rao. D. D. Hypernatremic: A Cause of death in Burn patients, Burns. 4: 277, 1978

7. ch Fox. chairman's infroduction Burn, Injuries, P153, edit L. Kolslowski 1979 stuttgart. New York

重度呼吸道蒸气烧伤动物（狗）模型的制作

附属一院烧伤研究室　朱佩芳　黎　鳌　姜坤元　练卫坤　陈发明　吴振中　王天乙　尤忠义　李进年　肖利民

呼吸道烧伤无论平时和战时均较常见，死亡率极高①②③，特别是重度呼吸道烧伤，已成为当前烧伤主要死亡原因之一④⑤，治疗上十分棘手。

为了摸清重度呼吸道烧伤的发展规律，探索其治疗方法，提高烧伤治愈率，需要一可重复制作，伤情基本一致的大动物模型，以便系统观察、对比研究。我们经过反复摸索获得了一较为标准的重度呼吸道蒸汽烧伤动物（狗）模型。经35条动物实验，包括气管内温度的测定，纤维支气管镜和病理组织学检查，证明伤情稳定，可以重复制作。制作方法较简单，用一般家用高压锅改装即成。兹介绍其制作方法并略加讨论如下：

一、仪器设备

蒸汽发生器用24cm家用高压锅改装，原锅盖有两个孔，一为安全阀，另一孔上加一压力表；另外，再开一孔作为蒸汽出口，口上安装阀门和圆盘指示表一个。表上的指针固定在一定位置上，以控制蒸汽流量。蒸汽流出口接一根直径1cm长110cm的橡皮管，远端用夹子夹紧。锅内加水约5升，用调压电炉加热至高于所需温度（110℃）10℃左右，备用。

气管插管　采用38#橡皮气管导管，用前浸泡于1:1000新洁尔灭溶液内30分钟灭菌。

人工呼吸机　采用国产手提式轻便空气麻醉机。

自动平衡记录仪　四川仪表四厂出品。备有记录笔两支，一支接高温（0－1500℃）热电偶（镍铬-镍铝），记录蒸汽温度；一支接铁--康铜电偶（测温范围为0—100℃）。电偶经导管插入气管内（超出内口约0.5cm）测气管内温度。记录纸走速为1200mm/h。

二、实验动物

采用本地健康杂种雄狗35只。平均体重为12.6kg(9.6—16.2kg)。致伤前在实验室喂养1周左右。各项伤前值合格者，备作致伤用。

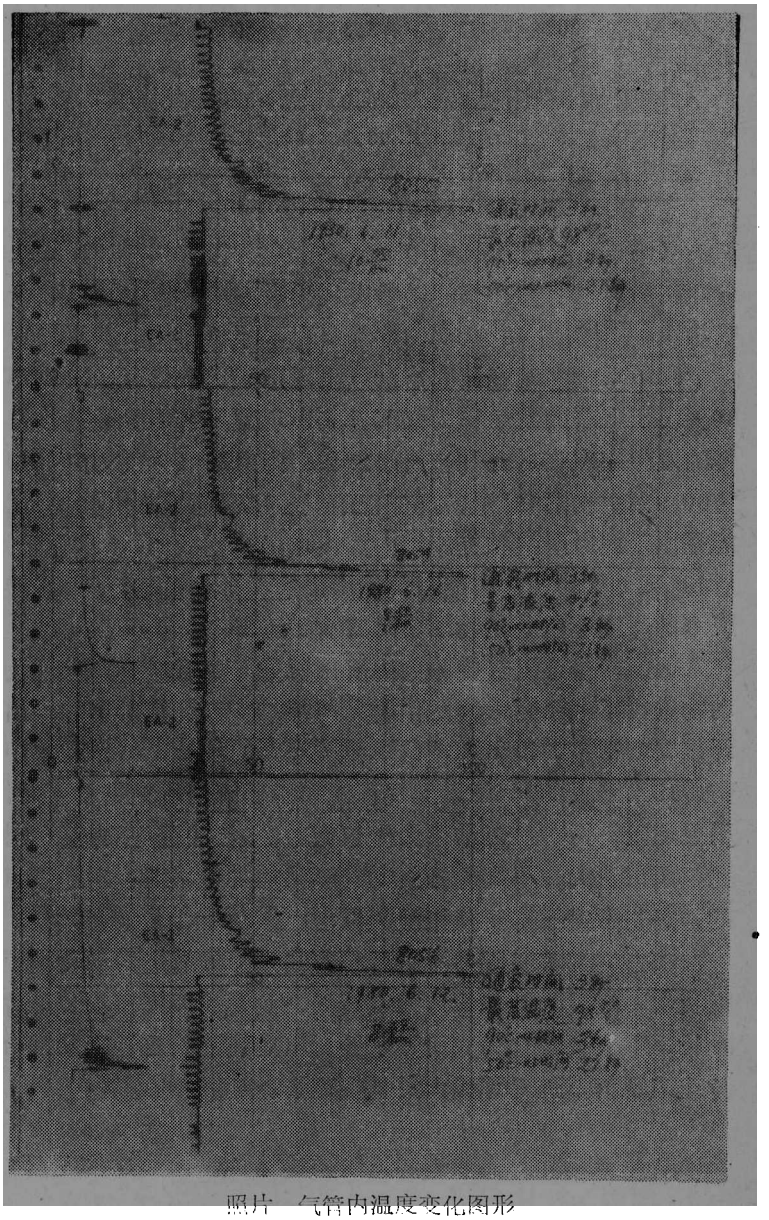
?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

三、致伤经过

1．1%戊巴比妥钠（25～30mg/kg）静脉麻醉，狗仰卧固定于解剖台上。经口插入气管导管，至环状软骨下约2cm。为防止导管脱出，用棉绳将其固定于牙垫上。然后将铁-康铜电偶经导管插到气管内定点位置，连续记录气管内温度。

2．静脉缓慢注入0.05%司可林，直至自主呼吸完全停止（一般用量为3～5c.c左右）并立即接上空气麻醉机行人工呼吸。每分钟12次。

3．压力锅内温度达120℃时，即放开橡皮管远端的夹子，充分予热橡皮管，并用镍铬-镍铝热电偶测量橡皮管出口蒸汽温度，不低于100℃时方可致伤。待锅内温度降至110℃时，移除人工呼吸器，将橡皮管出气口迅速与气管导管连接，放开夹子灌气3秒钟（秒表记录），关闭夹子，移除橡皮管，重新将人工呼吸器与气管导管连接，继续作人工呼吸至自主呼吸恢复。



照片　气管内温度变化图形

四、模型特点

1．气管内温度　全部实验动物都准确地记录了气管内温度。最高温度平均为98.4±0.5℃；90℃以上持续时间为3秒；持续50℃以上时间为21±2.2秒。记录的气管内温度的图形，均十分相似（照片）。

2．临床表现　30只单纯呼吸道烧伤动物（5只体表+呼吸道烧伤动物未计入内）均在伤后不同时间出现了各种呼吸道体征。如：呼吸加快、鼻流分泌物、鼻翼扇动、咳嗽和

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

呼吸困难等。为便于对伤情作统一分析，仅选两个较为可靠的指标（呼吸次数、罗音）作为观察病程的发展情况（表1）。30只动物中，除2只为2°和6°活杀动物外，均出现了呼吸

表 1 呼吸道烧伤动物伤后呼吸道阳性体征检出情况

伤后时间	呼吸加快				干性罗音			湿性罗音		
（小时）	检查数	阳性数	%	值(次/分)	检查数	阳性数	%	检查数	阳性数	%
伤前	30	0	0.0	20±7	30	0	0.0	30	0	0.0
2	30	13	43.3	41±20	30	16	53.3	30	13	43.3
6	23	19	82.6	64±39	23	14	60.9	20	15	65.2
12	5	4	80.0	75±37	5	1	20.0	5	4	80.0
24	15	14	93.3	64±27	15	6	40.0	15	6	40.0
48	5	5	100.0	57±15	5	4	80.0	5	4	80.0

加快（比正常呼吸次数增加一倍以上）。伤后48°以内，最快的可达194次/分，平均为75.8次/分。伤后2°已有43.3%的动物出现呼吸加快，平均为41次/分；伤后6°有80%以上的动物有呼吸加快；至伤后48°全部动物都出现了呼吸加快，其平均呼吸次数均高于伤后2°。

30只动物在观察期间有20只出现了干、湿罗音，发生率为66.7%。湿罗音的发生率为80%。干罗音的发生率为70%。未出现湿罗音的少数动物，大多为伤后2°和6°活杀者。湿罗音的发生率在伤后24°内，以12°和6°为最高（分别为80%和65.2%），干罗音以伤后6°最高为60.9%。伤后48°干、湿罗音的发生率又有增加（80%）。伤后6°和12°湿罗音发生率高可能是由于此时肺泡和支气管内渗出增多；伤后24°，水肿回收故湿罗音发生率有所下降；伤后48°又可见回升，可能与炎性渗出有关。伤后48°干罗音增多，可能与感染加重致支气管粘膜水肿、痉挛被分泌物部份阻塞有关。

4．纤维支气管镜和大体解剖所见　伤后2°有15只动物进行了纤维支气管镜检查，5只动物进行了活杀。大体解剖所见与纤维支气管镜所见的检出率十分接近（表2）。对病解和纤维支气管镜的检出率进行了相关程度的统计，结果是由中等度相关到完全相关。表3对烧伤后15只动物的24°纤维支气管镜和病理解剖所见进行了对比。结果可见，24°的变化较2°已明显加重，两种检查结果大体相似。经相关程度的统计分析，证实为高度至完全相关。因此，可以认为，早期的纤维支气管镜检查在早期诊断呼吸道烧伤的程度和深度上是有意义的，它也证实了本实验模型的损伤已累及Ⅱ、Ⅲ级支气管，为严重度呼吸道烧伤。

5．胸部X线所见　伤后2°有20只呼吸道烧伤动物拍了X光片，全部动物都有充血水肿样变化，表现为肺组织透光度减低，血管纹理糊模或可见片状模糊影。伤后24°共检查了15只动物，其主要变化为充血、水肿、出血、实变，这种实变都合并有严重感染和肺萎陷，X线照片上表现为双侧对称性大片状实变影。

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

表 2 呼吸道烧伤动物伤后2°纤维支气管镜、病理大体阳性所见检出率

阳性所见	纤维支气管镜			病理大体		
	检查例数	阳性数	阳性%	检查例数	阳性数	阳性%
气管：						
粘膜充血水肿	15	15	100.0	5	5	100.0
粘膜出血	15	11	73.3	5	3	60.0
粘膜苍白	15	13	86.7	5	0	0.0
粘膜脱落	15	0	0.0	5	1	20.0
Ⅰ级支气管：						
粘膜充血水肿	15	15	100.0	5	5	100.0
粘膜出血	15	3	20.0	5	1	20.0
粘膜苍白	15	5	33.3	5	0	0.0
粘膜脱落	15	0	0.0	5	0	0.0
Ⅱ级支气管：						
粘膜充血水肿	15	15	100.0	5	5	100.0
粘膜出血	15	0	0.0	5	0	0.0
粘膜苍白	15	0	0.0	5	0	0.0
粘膜脱落	15	0	0.0	5	0	0.0
Ⅲ级支气管：						
粘膜充血水肿	15	15	100.0	5	4	80.0
粘膜出血	15	0	0.0	5	0	0.0
粘膜苍白	15	0	0.0	5	0	0.0
粘膜脱落	15	0	0.0	5	0	0.0

五、讨　论

1．文献上有关呼吸道烧伤的对比研究多采用蒸汽致伤，这是因为在动物上模拟这类损伤比较简便些。但以往一些呼吸道蒸汽烧伤模型的主要缺点是所致伤情不大一致，气管内温差较大，重复性不够理想。例如，Moritz[5]所致的狗蒸汽呼吸道烧伤，温差最大为12℃，以致烧伤深度和轻重不一；中原数也等[7]用蒸汽致绵羊呼吸道烧伤时，记录了隆突处的温度，动物间的最大温度差为15℃。

本文所介绍的重度蒸汽呼吸道烧伤模型，不仅致伤时气管内最高温度的温差较小，平均仅±0.5℃(最大2℃)，而且持续50℃以上时间也较恒定（21″±2.2″），记录的图形十分相似，因此所致之烧伤深度及范围，经纤维支气管镜和病理解剖的反复检查，所见比较一致，临床表现也大多相似。说明此模型是比较标准化的，经得起重复的，尤适于对比研究。

2．除了模型的可重复性和标准化以外，模型的伤情是否适合研究的目的和要求，同样非常重要。已如前述，设计本模型的目的是研究重度呼吸道烧伤。因为它的诊断治疗困难、死亡率极高。伤情的分类是按照我们1974年通过181例呼吸道烧伤分析[8]，依损伤的部位分

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

表 3　呼吸道烧伤动物伤后 24 小时纤维支气管镜、病理大体阳性所见检出率

阳性所见	纤维支气管镜			病理大体		
	检查例数	阳性数	阳性 %	检查例数	阳性数	阳性 %
气　管：						
粘膜充血水肿	14	14	100.0	15	15	100.0
粘膜出血	14	13	92.8	15	14	93.3
粘膜苍白	14	10	71.4	15	0	0.0
粘膜脱落	14	14	100.0	15	15	100.0
Ⅰ级支气管：						
粘膜充血水肿	14	13	92.9	15	15	100.0
粘膜出血	14	8	57.1	15	13	86.6
粘膜苍白	14	4	28.6	15	0	0.0
粘膜脱落	14	8	57.1	15	0	0.0
Ⅱ级支气管：						
粘膜充血水肿	14	14	100.0	15	15	100.0
粘膜出血	14	2	14.3	15	13	20.0
粘膜苍白	14	0	0.0	15	0	0.0
粘膜脱落	14	0	0.0	15	0	0.0
Ⅲ级支气管：						
粘膜充血水肿	14	14	100.0	15	7	46.6
粘膜出血	14	0	0.0	15	1	6.7
粘膜苍白	14	0	0.0	15	0	0.0
粘膜脱落	14	0	0.0	15	0	0.0

为轻、中、重三度呼吸道烧伤。轻度限于喉头以上；中度累及隆突以上；隆突以下者为重度。重度的特点是肺部较早地出现干、湿罗音，甚至肺水肿。本模型的临床表现（表1）和胸部X线表现完全符合重度呼吸道烧伤。但是，所谓隆突以下范围过广，特别是肺实质损伤过多，动物可能于短期内死亡，达不到观察的目的。本模型经过35条狗的反复纤维支气管镜和病理解剖检查，证明损伤范围大都止于二、三级支气管（表2），而且，实验中计划在伤后24°和48°活杀的15只动物，无1例在限期以外死亡。因此，达到了既是重度呼吸道烧伤，又有可能进行观察、对比，以至治疗的目的。

3．在制作实验性体表烧伤时，只要较好地控制致伤的温度、时间和范围，一般不难达到所需要的标准模型。但在制作呼吸道蒸汽烧伤模型时，除时间较易控制外，由于呼吸因素的参与，温度很不易控制；至于损伤范围，由于不能直接控制，更不易掌握。除调整致伤时间、温度外，进入气管内致伤蒸汽的流速和压力，对控制致伤范围十分重要。兹就致伤时应注意的几个问题略加讨论如下：

（1）必须控制自主呼吸　制作模型之初，我们是未行控制呼吸的。尽管动物处于麻醉下灌气，但由于高温对气管的刺激，狗呼吸很不均匀，有快有慢，有的屏气时间很长，甚至在10秒钟灌气期间内，只呼吸了一次。由于呼吸次数的差异，伤情轻重就很不一致。为了消除上述呼吸的因素，文献上有介绍用铁肺控制呼吸的方法，但设施繁杂笨重。我们经过反复

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

推敲后，改用司可林阻抑呼吸后，进行人工控制呼吸。实践证明效果是好的。

（2）人工呼吸的次数必须均匀　当停止呼吸，灌气3秒钟后，即进行人工控制呼吸。人工呼吸的速度关系到气管内50℃以上温度的时间长短，这对致伤范围与深浅也很重要。开始我们没有注意此问题，人工呼吸速度快，气管内温度下降慢，50℃以上持续时间长。后来我们控制呼吸均匀地每分钟12次，即20″左右时间，人工呼吸4次，则伤情趋于稳定。人工呼吸速度快，温度反而下降慢，这可能是由于热蒸汽在气管内未能充分与外界空气交换有关。

（3）气管内热电偶位置必须适当　实验初期，我们是将热电偶直接放入气管内，故有时电偶尖端（电偶最敏感部份）与气管粘膜紧贴，甚至嵌入粘膜中，以致灌气后，气管内温度上升快慢不一，有时干脆不升，影响伤情，经用铜丝包绕尖端后，每次实验记录均良好。

（4）灌入蒸汽的温度应恒定　开始我们虽注意了高压锅内温度（110℃）的恒定，但没有注意蒸汽流出橡皮管的予热和夹子的位置问题。由于橡皮管长110cm，冷空气死腔较大，如果不进行予热，或予热后夹子夹在近蒸汽锅端，则当蒸汽通过时，蒸汽温度下降。注意了这些问题后，我们将高压锅内温度加热至120℃，致伤前放气予热橡皮管，并用高温热电偶测量橡皮管出口温度不低于100℃，锅内温度降至110℃时，将橡皮管出口处夹住，然后将橡皮管与气管导管连接，放松夹子灌入蒸汽致伤。这样进入气管的蒸汽温度可恒定在100℃以上。

（5）灌入蒸汽的流量也应较恒定　由于我们缺乏蒸汽流量表，故未能测量灌入蒸汽的流量。为了克服此困难，我们采用三定：定蒸汽压力（110℃，0.425kg/cm²）；定蒸汽流出口阀门（固定圆盘指示表上指针）；定蒸汽流出口橡皮管直径（1cm）。流量就可以保持恒定。由于进入的温度也是恒定的，可变因素减少，这样只要调整时间，伤情就易于控制。

4．本模型的制作方法虽较简单，制作的模型也较标准化，但仍存在缺点有待改进。主要缺点有：①操作时，需要人手多，至少4人，且协同动作要好，否则容易产生时间误差。②为了避免动物头面部烧伤和防止灌气时声门闭合影响灌气，故我们采用的是插入气管导管灌入蒸汽的方法，这样在导管出口处的温度最高，烧伤最深，可达软骨，其他部位则较浅，深度不够均匀。此外，由于喉头水肿不严重，无阻塞性呼吸困难，可能影响临床表现和血气分析。③本文制作的模型，目前只有一种伤情，而不是多种伤情。已如前述，我们认为如果从灌入蒸汽温度和流量三者进行调整，估计是可以改变伤情的。究竟如何，有待进一步实践。

六、小　结

本文分析报告了狗的呼吸道蒸汽烧伤模型的制作和经验体会。从35条狗的临床表现、纤维支气管镜、病理解剖、X线检查等表明，本实验条件可致成狗的标准化重度呼吸道烧伤。实验方法稳定性较好，重复性较强，实验条件和设备简便，本模型可供呼吸道烧伤实验研究之用。

参考文献

1．Fry WH, et al: Ann. Otol. Rhin. laryn. 86(5):667, 1977

2．Brown JM, et al: Burns 1:32, 1977

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

3．周宝坤等：全军烧伤防治科研协作会资料选编133页，1979．3月
4．Agee RN, et al; J. Trauma 16:218, 1976
5．Hunt JL, et al; J. Trauma 15:641, 1975
6．Moritz AR, et al; Amer. J. Pathol. 21:311, 1945
7．中原数也等：呼吸と循环 27:55, 1979
8．第七军医大学第一附属医院烧伤病室：全军烧伤防治科研协作会议 资料选编233页，1974年8月。

重度呼吸道蒸气烧伤实验研究之一

实验方法和临床观察

练伟坤 黎 鳌 朱佩芳 姜坤元 吴振忠
附属一院烧伤研究室
王天乙 尤忠义 陈发明 肖利民 李进年

呼吸道烧伤平战时均较为常见，死亡率高。根据我院烧伤科分析的一组1,505例烧伤中[1]，有呼吸道烧伤者181例，占12%，死亡78例，死亡率为43.3%。而且中、重度呼吸道烧伤及有肺部并发症者，死亡率更高；12例重度呼吸道烧伤皆死亡；43例中度呼吸道烧伤死亡30例（66.7%）；伴肺部并发症者72例，死亡61例(86.1%)[2]，其中并发肺水肿者48例，47例死亡。国外文献中，有关此问题的报导也较多，死亡率大都在40～80%[3]左右，远远高于没有呼吸道烧伤的同面积的体表烧伤。许多中、重度呼吸道烧伤是导致烧伤休克期不能平稳渡过和发生多系统内脏并发症的重要原因[4]。故呼吸道烧伤已成为当前烧伤治疗中突出而又困难的课题之一。

呼吸道烧伤，特别是重度呼吸道烧伤的发病机理尚不清楚，早期诊断和治疗方面也存着许多问题有待解决。因此我们进行了一批重度呼吸道蒸气烧伤的动物实验研究，目的是探索重度呼吸道烧伤后，有关早期诊断、病理变化、某些心肺参数、生化、细菌等方面的变化或转归，为临床及实验性治疗提供考虑。

本文除介绍动物实验方法外，并对临床观察结果进行分析，略加讨论如下：

一、实 验 方 法

1．实验分组与观察项目：实验采用重庆地区健康雄性杂种狗47只，体重在9.5～16.2公斤之间，平均12.6公斤。实验共分两大组；

（1）连续观察组：又分正常对照组，单呼组，单体组和复合组（表1）。连续观察24°。

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