

围产医学

DOI: 10.11699/cyxh20131022

超声流量仪对不同孕周新生儿潮气呼吸正常值的测定

齐利峰¹, 余加林¹, 刘晓红², 卫敏超¹

(1. 重庆医科大学附属儿童医院新生儿科、儿童发育疾病研究省部共建教育部重点实验室、儿科学重庆市重点实验室、重庆市儿童发育重大疾病诊治与预防国际科技合作基地, 重庆 400014; 2. 重庆医科大学深圳市儿童医院新生儿科, 深圳 518026)

【摘要】目的:建立正常足月儿及不同孕周早产儿潮气呼吸正常值并分析其差异。**方法:**对 55 例足月儿、30 例晚期早产儿和 25 例出生胎龄 < 34 周早产儿, 在生后 1、14 日及 28 日龄, 用超声流量仪进行潮气呼吸检测。**结果:**新生儿期各孕周潮气呼吸功能参数呈正态分布。在第 1、14 天及 28 天呼气达峰时间/呼气时间, 呼气达峰容积/呼气量, 75%、50%、25% 潮气量时呼气流速 (tidal expiratory flow at 75% remaining tidal volume, TEF75; tidal expiratory flow at 50% remaining tidal volume, TEF50; tidal expiratory flow at 25% remaining tidal volume, TEF25) 值逐渐升高, 而呼吸频率 (respiratory rate, RR) 值则逐渐下降; RR 与 TEF75、TEF25 的相关性在足月儿组为显著相关 ($r=0.469, 0.539$, 均 $P<0.01$), 在早产儿组为不相关 ($r=0.190, 0.220$, 均 $P>0.05$)。而晚期早产儿组则 RR 只与 TEF25 有相关性 ($r=0.231, P<0.05$), 而与 TEF75 无相关性 ($r=0.130, P>0.05$); 纠正胎龄 40 周时, 早产儿组潮气呼吸参数 TEF25、TEF50、TEF75、潮气量明显低于足月儿组, RR 明显高于足月儿组 (均 $P<0.05$), 晚期早产儿组同足月儿比较, 上述潮气呼吸参数差别无统计学意义 (均 $P>0.05$)。**结论:**新生儿肺功能参数随日龄逐渐改善, 在纠正胎龄 40 周时, 小于 34 周早产儿潮气呼吸参数仍不能达到足月儿组水平。而 RR 与 TEF25、TEF75 在足月儿具有相关性, 早产儿则未能体现, 新生儿潮气呼吸肺功能的测定及相关性分析有助于评估新生儿特别是早产儿的肺发育。不同孕周新生儿潮气呼吸各项指标可作为临床参考正常值。

【关键词】肺功能; 新生儿; 肺发育**【中国图书分类法分类号】**R72**【文献标志码】**A**【收稿日期】**2013-04-15

Detection of normal values of tidal breathing parameters by ultrasonic flow meter in infants at different gestational ages

QI Lifeng¹, YU Jialin¹, LIU Xiaohong², WEI Minchao¹

(1. Department of Neonatology, the Children's Hospital, Chongqing Medical University; Key Laboratory of Child Development and Disorders Cofounded by Provincial Government and Ministry of Education/Key Laboratory of Pediatrics in Chongqing; Chongqing International Science and Technology Cooperation Center for Child Development and Disorders; 2. Department of Neonatology, Shenzhen Children's Hospital of Chongqing Medical University)

【Abstract】Objective: To investigate normal values of tidal breathing parameters in infant at different gestational ages without respira-**作者介绍:** 齐利峰, Email: huan777@sina.com,

研究方向: 新生儿急救。

通信作者: 余加林, Email: yujialin486@sohu.com;

刘晓红, Email: lxh201366@163.com。

基金项目: 深圳市医疗重点学科专项建设基金资助项目 (编号: 2001B19)。

nese Journal of Neonatology, 2010(4): 212-215.

[6] Sly P D, Lanteri C J, Hayden M J. Respiratory function testing in infants and other noncooperative subjects[M]//Taussig I M, Landall L. Pediatric respiratory medicine. St. Louis: Mosby Inc, 1999, 194-205.

[7] 吴冀川, 樊寻梅, 刘玺诚, 等. 健康婴幼儿潮气流速容量曲线特点及意义[J]. 实用儿科临床杂志, 1999, 14(1): 11-12.

Wu J C, Fan X M, Liu X C, et al. The shape and significance of TFV loops in healthy infants[J]. Journal of Applied Clinical Pediatrics, 1999, 14(1): 11-12.

[8] 赵立军, 李 强. 实用肺功能临床解读手册[M]. 上海: 第二军医大学出版社, 2010: 13-20.

Zhao L J, Li Q. Practical clinical lung function interpretation manual[M]. Shanghai: the Second Military Medical University Press, 2010: 13-20.

[9] Schmalisch G, Wauer R R, Foitzik B, et al. Influence of preterm onset of inspiration on tidal breathing parameters in infants with and without CLD[J]. Respir Physiol Neurobiol, 2003, 135(1): 39-46.

[10] Hjalmarson O, Sandberg K L. Lung function at term reflects severity of bronchopulmonary dysplasia[J]. J Pediatr, 2005, 146(1): 86-90.

[11] Latzin P, Roth S, Thamrin C, et al. Lung volume, breathing pattern and ventilation inhomogeneity in preterm and term infants[J]. PLoS One, 2009, 4(2): e4635.

(责任编辑: 冉明会)

tory complications and to analyze their differences. **Methods:** Totally 25 preterm infants less than 34 gestational weeks, 30 late preterm infants and 55 healthy full term infants were studied on 1, 14, 28 d after birth. Tidal breathing parameters were measured by ultrasonic flow meter. **Results:** Values of tidal breathing parameters were normally distributed. Ratio of time to peak expiratory flow/inspiratory time, ratio of volume to peak expiratory flow/inspiratory volume, tidal expiratory flow at 75% remaining tidal volume (TEF75), tidal expiratory flow at 50% remaining tidal volume (TEF50), tidal expiratory flow at 25% remaining tidal volume (TEF25) were gradually increased on 1, 14, 28 d after birth in three groups, but respiratory rate (RR) was gradually decreased. Prominence correlation of RR and TEF75, TEF25 was found in full term infants ($r=0.469, P<0.01$; $r=0.539, P<0.01$); correlation of RR and TEF25 ($r=0.231, P<0.05$) and correlation of RR and TEF75 ($r=0.130, P>0.05$) were found in late preterm infants. There was no correlation of RR and TEF25, TEF75 in preterm infants born less than 34 gestational weeks ($r=0.190, P>0.05$; $r=0.220, P>0.05$). At a matched post menstrual age of 40 weeks, preterm group had lower TEF25, TEF75, TEF25 and tidal volume per kilogram, higher RR compared with those in full term group ($P<0.05$); there were no difference in above parameters between late preterm group and full term group ($P>0.05$). **Conclusions:** Lung function of infants in the three groups is improved with the increase of gestational days. At the corrected gestational age 40 weeks, preterm infants less than 34 weeks fail to achieve catch-up growth in tidal breath parameters. Correlation of RR and TEF75, TEF25 is found in full term infants not in preterm infants. Infant lung function tests and correlation analysis are very important ways to assess lung development, especially for preterm infant. Tidal breathing parameters in infants at different gestational ages could be used as clinical references.

【Key words】lung function; infant; lung development

肺发育阶段从胚胎早期一直持续到 3 岁左右, 国内研究者发现, 在新生儿期肺功能随日龄变异性大且早产儿与足月儿的肺功能之间有明显差异^[1]。新生儿肺功能检测 (infant lung function test, ILFT) 已经成为了解正常新生儿的肺发育及肺部疾病机制的重要方法^[2], 既往测定方法都要求受试者配合, 现用潮气呼吸流速-容量曲线 (tidal breath flow-volume loop, TBFVL) 检测反映婴幼儿肺功能, 平静呼吸下不需被检查者主动配合, 因此应用渐广泛, 但目前尚缺乏其正常值报道。本研究利用超声流量仪检测获得足月儿及不同孕周早产儿在新生儿期肺功能的潮气呼吸参数, 了解其变化规律及影响因素。

1 对象与方法

1.1 研究对象

2010 年 7 月至 2012 年 8 月在深圳市儿童医院新生儿科住院新生儿共 110 例, 均除外先天性心脏病、膈疝、咽喉部先天性畸形、肺部感染及生后 28 d 仍有氧依赖者等影响肺功能的疾病。依据孕周分组: (1) 足月儿组: 为出生胎龄 37~40 周 55 名, 平均出生胎龄 (39.22 ± 0.92) 周, 平均出生体质量 (3.21 ± 0.39) kg, 其中男 29 例, 女 26 例, 因黄疸入院者 30 名, 腹泻者 20 名, 皮肤感染 5 例。 (2) 晚期早产儿组^[3]: 为出生胎龄大于或等于 34 周而小于 37 周者 30 例; 其中男 20 例, 女 10 例, 平均出生孕周 (35.08 ± 0.85) 周, 平均出生体质量

(2.33 ± 0.33) kg, 其中小于胎龄儿入院者 11 名, 生后黄疸者 10 名, 因早产入住房者 7 名, 外科疾病者 2 名。 (3) 早产儿组: 出生胎龄小于 34 周早产儿 25 例, 其中男 16 名, 女 9 名, 平均胎龄 (31.23 ± 0.27) 周, 平均出生体质量 (1.33 ± 0.29) kg, 因早产入院者 11 名, 生后黄疸 12 名, 外科疾病者 2 名。分别于出生后 1、14 d 及 28 d 行肺功能检测。晚期早产儿组及早产儿组在纠正胎龄 40 周时行肺功能检测。

1.2 测量方法

1.2.1 测定仪器 采用德国 GANSHORN 公司生产的 PowerCubic 超声流量仪进行肺功能检测, 超声流量仪工作原理: 应用 2 个呈相反方向放置 50 kHz 的超声换能器相反方向放置, 与介质流动方向成 40°, 测量超声通过流动介质的时间。流动介质的量可以根据超声通过所需时间和温度进行计算。每天测定前用 100 ml 容量器进行容量定标。

1.2.2 测试方法 肺功能测试依据美国胸科学会与欧洲呼吸学会制定的婴幼儿肺功能测试指南, 测试前清理婴儿鼻咽部可能存在的分泌物, 保证上呼吸道通畅。待患儿安静入睡后进行测试, 置婴儿于仰卧位, 头保持中立, 颈部无任何支撑物, 面罩置于新生儿口鼻腔上, 并用无名指和小指轻轻托起下颌, 予一定的压力以确保无漏气, 对潮气呼吸肺功能测量, 数据采集后进一步经体温、气压和水蒸气饱和度校正结果, 重复检测 3 次。在测量时随时密切注意监测患儿的心率及血氧饱和度。

1.2.3 主要参数 呼吸频率 (respiratory rate, RR), 每分通气量, 潮气量 (tidal volume, TV), 呼气达峰时间/呼气时间 (ratio of time to peak expiratory volume/inspiratory time, T_{pef}/T_e), 呼

气达峰容积/呼气量(ratio of volume to peak expiratory volume/ expiratory volume, V_{pef}/V_e), 75%、50%、25%潮气量时呼气流速(tidal expiratory flow at 75% remaining tidal volume, TEF75; tidal expiratory flow at 50% remaining tidal volume, TEF50; tidal expiratory flow at 25% remaining tidal volume, TEF25)。

1.3 统计学处理

运用 SPSS 16.0 软件进行数据处理。TV 以每千克体质量来校正。数据呈正态分布, 采用均数 $\pm$ 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示。组间比较根据方差是否齐性, 采用单因素方差分析或 Welch 检验。以 $P \leq 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结 果

新生儿各项肺功能参数处于正态分布, 在相同日龄下, 肺

功能各参数在组间比较都有统计学差异 ($P < 0.05$)。在第 1、14 天及第 28 天 T_{pef}/T_e 、 V_{pef}/V_e 、TEF75、TEF50、TEF25 值逐渐升高, 而 RR 值则逐渐下降, 见表 1。

3 组新生儿肺功能正常值的相关性: RR 与 TEF75、TEF25 的相关性在足月儿组为显著相关 ($P < 0.01$), 在早产儿组为不相关 ($P > 0.05$)。而晚期早产儿组则 RR 只与 TEF25 有相关性 ($P < 0.05$), 而与 TEF75 无相关性 ($P > 0.05$)。见图 1、图 2。

纠正胎龄 40 周时, 3 组新生儿肺功能正常值比较: 早产儿组潮气呼吸参数 TEF25、TEF50、TEF75、TV 明显低于足月儿组, RR 明显高于足月儿组, 差异具有统计学意义 (均 $P < 0.05$), 晚期早产儿组同足月儿比较, 上述潮气呼吸参数差别无统计学意义 (均 $P > 0.05$)。见表 2。

表 1 3 组新生儿生后 1、14 d 及 28 d 潮气呼吸参数 ($\bar{x} \pm s$)

Tab.1 Tidal breathing parameters in three groups on 1, 14 and 28 d after birth ($\bar{x} \pm s$)

参数	日龄 (d)	足月儿 ($n=55$)	晚期早产儿 ($n=30$)	早产儿 ($n=25$)	F 值	P 值
RR	1 [▲]	54.28 $\pm$ 12.64	62.38 $\pm$ 13.84 ^a	69.09 $\pm$ 8.88 ^a	13.411	<0.001
	14 [▲]	53.71 $\pm$ 8.59	57.03 $\pm$ 10.84	59.69 $\pm$ 8.51 ^a	3.869	0.024
	28	48.50 $\pm$ 5.76	50.43 $\pm$ 8.71	52.45 $\pm$ 8.64	2.574	0.081
TEF75	1 [▲]	60.55 $\pm$ 21.28	42.80 $\pm$ 14.48 ^a	40.67 $\pm$ 15.02 ^a	14.421	<0.001
	14 [▲]	68.68 $\pm$ 21.02	58.00 $\pm$ 19.86	48.04 $\pm$ 12.16 ^a	9.744	<0.001
	28 [▲]	70.88 $\pm$ 20.85	66.30 $\pm$ 16.20	54.99 $\pm$ 19.16 ^{ab}	5.823	0.004
TEF50	1 [▲]	58.70 $\pm$ 20.14	42.84 $\pm$ 12.17 ^a	30.18 $\pm$ 7.28 ^{ab}	29.246	<0.001
	14 [▲]	66.95 $\pm$ 23.33	57.62 $\pm$ 18.18	44.65 $\pm$ 13.74 ^{ab}	10.696	<0.001
	28 [▲]	69.81 $\pm$ 20.21	62.35 $\pm$ 17.13	51.22 $\pm$ 16.03 ^{ab}	8.735	<0.001
TEF25	1 [▲]	45.30 $\pm$ 16.09	34.46 $\pm$ 14.07 ^a	27.30 $\pm$ 11.83 ^a	14.283	<0.001
	14 [▲]	51.28 $\pm$ 17.66	42.94 $\pm$ 13.70 ^a	37.66 $\pm$ 11.98 ^a	7.384	0.001
	28 [▲]	53.87 $\pm$ 16.85	51.22 $\pm$ 12.52	37.53 $\pm$ 10.16 ^{ab}	11.297	<0.001
T_{pef}/T_e	1 [▲]	30.17 $\pm$ 8.19	34.87 $\pm$ 7.77	25.35 $\pm$ 5.86 ^{ab}	10.704	<0.001
	14 [▲]	32.61 $\pm$ 8.04	32.94 $\pm$ 8.83	24.84 $\pm$ 5.18 ^{ab}	10.056	<0.001
	28 [▲]	33.48 $\pm$ 8.04	37.37 $\pm$ 8.96	29.02 $\pm$ 5.67 ^{ab}	7.715	0.001
V_{pef}/V_e	1 [▲]	32.68 $\pm$ 6.97	35.49 $\pm$ 9.79	25.26 $\pm$ 8.54 ^{ab}	11.379	<0.001
	14 [▲]	34.97 $\pm$ 5.88	35.49 $\pm$ 6.94	27.45 $\pm$ 8.89 ^{ab}	11.947	<0.001
	28 [▲]	35.65 $\pm$ 6.48	38.74 $\pm$ 7.78	28.37 $\pm$ 6.76 ^{ab}	16.097	<0.001

注: 37~40 周为足月儿 55 名, 34~36⁺ 周为晚期早产儿 30 名, <34 周早产儿 25 名。a, 与足月儿组相比 $P < 0.05$, b, 与晚期早产儿组相比 $P < 0.05$; ▲, 各参数在相同日龄有组间差异 $P < 0.05$

表 2 纠正胎龄 40 周时 3 组新生儿潮气呼吸参数比较 ($\bar{x} \pm s$)

Tab.2 Comparison of tidal breathing parameters among three groups when mean corrected gestational age reaching 40 weeks ($\bar{x} \pm s$)

参数	足月儿 ($n=55$ 名)	晚期早产儿 ($n=30$ 名)	早产儿 ($n=25$ 名)	F 值	P 值
RR	50.00 $\pm$ 6.83	57.01 $\pm$ 15.75	54.53 $\pm$ 7.90 ^a	4.931	0.011
T_{pef}/T_e	32.80 $\pm$ 10.42	35.02 $\pm$ 11.56	31.10 $\pm$ 8.16	1.019	0.364
TV/kg	8.38 $\pm$ 1.40	7.68 $\pm$ 1.00	7.40 $\pm$ 2.94 ^a	4.059	0.023
V_{pef}/V_e	35.12 $\pm$ 10.77	39.15 $\pm$ 9.62	35.53 $\pm$ 6.87 ^b	3.324	0.040
TEF75	67.97 $\pm$ 22.77	59.01 $\pm$ 19.82	51.45 $\pm$ 17.39 ^a	5.736	0.004
TEF50	64.92 $\pm$ 20.58	61.83 $\pm$ 22.43	50.41 $\pm$ 17.07 ^{ab}	4.406	0.014
TEF25	51.21 $\pm$ 15.16	47.18 $\pm$ 21.58	39.17 $\pm$ 13.10 ^a	6.496	0.003

注: a, 与足月儿组相比 $P < 0.05$; b, 与晚期早产儿组相比 $P < 0.05$

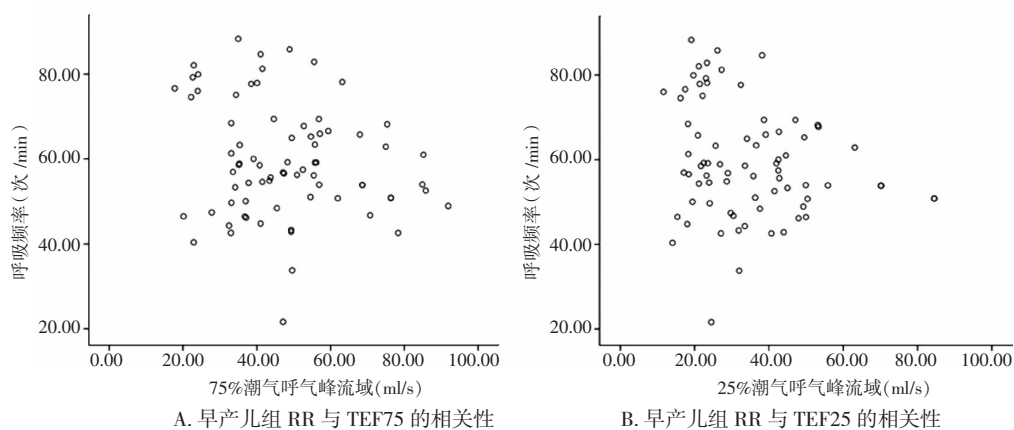


图 1 早产儿组 RR 与 TEF75、TEF25 的相关性

Fig.1 Correlation of RR and TEF75, TEF25 in preterm infant groups

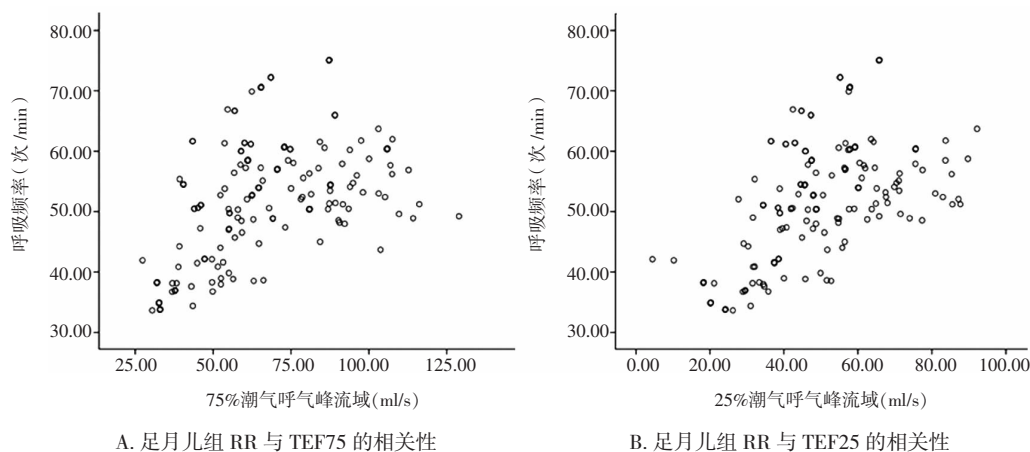


图 2 足月儿组 RR 与 TEF75、TEF25 的相关性

Fig.2 Correlation of RR and TEF75, TEF25 in full term infant groups

3 讨论

人类肺发育经过 6 个阶段:①胚芽期;②假腺管期;③小管期;④囊泡期;⑤肺泡期;⑥微血管成熟期。胚胎第 25~35 周为囊泡期,伴随终末囊泡肺泡化的进行,肺泡、肺容量不断增加。在晚期早产儿阶段(34~36⁺周)支气管数目增加,囊泡内陷折叠成肺泡,被微血管及表面活性物质包绕的气体腔室形成^[4-5],是囊泡期至肺泡期关键阶段。阻断这个过程将导致肺功能的低下及易于损伤^[6]。而对于早产儿,人们主要关注的是发生支气管肺发育不良患儿的肺部情况,往往忽略了早产本身就可以对肺发育产生影响,国外已有关于早产儿肺功能异常的报道^[7-8]。本次实验组别以 34 周为界限,区分晚期早产儿及早产儿,以发现其肺功能正常值之间的差异及与肺发育的关系。

在新生儿期采用潮气呼吸法检测,由于是平静呼吸时检测,因此流速的大小取决于气道的直径、肺组织及胸廓的弹性。通过对不同孕周新生儿肺功能正常值的观察,伴随着 RR 逐渐下降的同时, Tpef/Te、Vpef/Ve、TEF75、TEF50、TEF25 代表气道流速的指标随日龄增长而逐渐升高。相同日龄下第 1 天,晚期早产儿 TEF75、TEF50、TEF25 正常值同足月儿相比有明显的差异,但差异在第 28 天基本消失。进一步在纠正胎龄 40 周时,3 组新生儿潮气呼吸参数比较显示:早产儿组 TEF75、TEF50、TEF25 正常值仍低于足月儿组,而晚期早产儿组则与足月儿组差别基本消失,其气道流速指标在纠正 40 周时达到足月儿水平。而小于 34 周早产儿肺发育在囊泡期及肺泡期受影响时间长,肺泡形成少且肺泡扩张不足,气道周围牵拉力小形成小气道陷闭,所以在纠正胎龄时气道流速仍低于足月儿。国内陈

朝红等^[9]研究发现, 无论是否给予过机械通气治疗, 在纠正胎龄 40 周时, 早产儿气道发育比足月儿慢。而 Friedrich 等^[10]对 50 名无肺部疾病的小早产儿的 2 年随访研究发现: 同足月儿相比, 早产儿生后即使用力肺活量正常, 肺功能仍表现出呼吸流速下降, 进一步提示早产儿气道远期发育迟缓。早产儿及晚期早产儿都处于肺发育囊泡期, 虽有生后的发育追赶, 但肺泡化进程和气道发育程度不同, 因此 TEF75、TEF50、TEF25 等气道流速正常值有明显不同。

本次研究中, 分别将不同孕周新生儿 TEF75 及 TEF25 与 RR 关联性分析, 足月儿组的相关性明显, 而早产儿组则无相关性, 晚期早产儿组 RR 仅与 TEF25 有相关性(图 1、图 2)。TEF75、TEF25 分别是潮气呼吸中高肺容量及低肺容量流速指标, 而 TEF25 与小气道关系密切^[11]。足月儿随着 RR 的增加, 呼气驱动增强, 大气道流速增强; 肺泡的扩张及肺组织牵拉增强使小气道在呼气时陷闭减轻, TEF75 及 TEF25 值明显增加。小于 34 周早产儿由于肺弹性组织的不足及肺泡化不全导致气道的开放性下降; 同时呼吸肌肉发育差, 其气流的驱动力弱, 气流形式发生变化, 所以 RR 变化时呼气流速变化不确定。同时 Colin^[12]在研究肺功能检测的生理学机制中也提出: 在肺容量与气道的传导性之间联系的是非顺应性的胸壁, 新生儿的胸壁弹性高易导致跨肺压的降低, 在呼气时肺容量降低而气道闭合, 导致流速下降。早产儿胸壁弹性更高, 气道流速在呼气时下降更为明显。Olinsky 等^[13]运用气道阻断评估赫伯反射时, 发现早产儿在赫伯反射有更明显的活跃性, 其目的在于阻止肺的完全排空及在呼气末保持肺容量, 其气道流速的变化与肺容量密切相关。因此早产儿气道流速指标相比足月儿受更多因素的影响而有明显的变异, 但是否这种差异随早产儿的发育会消失有待进一步随访研究。

本实验应用潮气呼吸法在平静呼吸时获得肺功能各项参数值, 同体描计法及快速胸腔挤压法相比, 其数值的灵敏度可能较差, 同时是单中心研究, 检查的数据有局限性。但通过分析新生儿正常生理状态下的呼吸参数, 对比孕周不同新生儿肺功能参数及其相关性的差异, 有助于评估新生儿特别是早产儿的肺成熟度, 从而加深对新生儿临床肺部疾病

的理解^[14]。

参 考 文 献

- [1] 刘玺诚, 江载芳, 袁晓霞, 等. 新生儿的肺功能测定[J]. 中华医学杂志, 1995, 75(8): 489-493.
- [2] Liu X C, Jiang Z F, Yuan X X, et al. Pulmonary function detection in newborn infants[J]. Chinese Medical Journal, 1995, 75(8): 489-493.
- [3] Stick S. The contribution of airway development to paediatric and adult lung disease[J]. Thorax, 2000, 55(7): 587-594.
- [4] Raju T N, Higgins R D, Stark A R, et al. Optimizing care and outcome for late-preterm (near-term) infants: a summary of the workshop sponsored by the National Institute of Child Health and Human Development[J]. Pediatrics, 2006, 118(3): 1207-1214.
- [5] Kotecha S. Lung growth: implications for the newborn infants[J]. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed, 2000, 82(1): 69-74.
- [6] Joshi S, Kotecha S. Lung growth and development[J]. Early Hum Dev, 2007, 83(12): 789-794.
- [7] Maritz G S, Morley C J, Harding R. Early developmental origins of impaired lung structure and function[J]. Early Hum Dev, 2005, 81(9): 763-771.
- [8] Hjalmarson O, Sandberg K. Abnormal lung function in healthy preterm infants[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2002, 165(1): 83-87.
- [9] Friedrich L, Stein R T, Pitrez P M, et al. Reduced lung function in healthy preterm infants in the first months of life[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2006, 173(4): 442-447.
- [10] 陈朝红, 张敏, 王文明, 等. 校正胎龄 40 周时早产儿潮气呼吸肺功能研究[J]. 中国新生儿科杂志, 2012, 27(3): 165-168.
- [11] Chen Z H, Zhang M, Wang W M, et al. Pulmonary function study in premature infants at 40 weeks corrected gestational age[J]. Chinese Journal of Neonatology, 2012, 27(3): 165-168.
- [12] Friedrich L, Pitrez P M, Stein R T, et al. Growth rate of lung function in healthy preterm infants[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2007, 176(12): 1269-1273.
- [13] 朱蕾, 刘又宁, 于润江. 临床肺功能[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2004: 62-69.
- [14] Zhu L, Liu Y N, Yu R J. Clinical lung function[M]. Beijing: People's Health Publishing House, 2004: 62-69.
- [15] Colin A A. Infant pulmonary testing—techniques physiological perspectives and clinical applications[J]. Paediatr Respir Rev, 2004, 5(sA): 73-76.
- [16] Olinsky A, Bran M H, Bryan A C. Influence of lung inflation on respiratory control in neonates[J]. J Appl Physiol, 1974, 36(4): 426-429.
- [17] Filbrun A G, Popova A P, Linn M J, et al. Longitudinal measures of lung function in infants with bronchopulmonary dysplasia[J]. Pediatr Pulmonol, 2011, 46(4): 369-375.

(责任编辑: 冉明会)