

呼吸暂停和预给氧

每周麻醉教程辅导 297

2013年11月4日

Dr. Andrew Biffen

Dr. Richard Hughes

英国托贝医院

联系方式: abiffen@nhs.net



问题

在继续下面辅导之前，试着回答下面的问题。这些问题可以在文章的末尾处找到解答。

多项选择题：判断每个选项的对与错。

1. 以下选项可以减少功能残气量的是

- A. 肥胖
- B. 高龄
- C. 妊娠
- D. 全麻
- E. 仰卧位

2. 肺泡内氧分压的直接影响因素是

- A. 海拔
- B. 吸入氧浓度
- C. 喉镜检查
- D. 体重
- E. 过度通气

单项选择题：选择一个最佳答案

3. 下列哪项是预给氧的最佳方法

- A. 使用哈德森面罩以流量为 10 L/min 的氧气给氧 5 分钟
- B. 使用紧密的面罩以纯氧进行超过一分钟 8 次的肺活量呼吸
- C. 使用紧密的面罩以纯氧进行超过一分钟 12 次的潮气量呼吸
- D. 患者自行扣面罩以纯氧进行三分钟的潮气量呼吸
- E. 使用非重复呼吸面罩以流量为 15L/min 的氧气给氧 7 分钟

引言

预给氧的目的在于增加机体氧储备，延长呼吸暂停期间氧去饱和的时间，经常用于麻醉诱导期，尤其是在快速诱导气管插管前。预给氧也可以被认为是去氮给氧--即肺内的氮气被吸入的高浓度氧气所取代。氧去饱和度的速率受到氧储备和氧消耗之间平衡的影响。氧气储存于机体的肺、血液和组织中。预给氧时，肺内的氧储备增加最多。更具体而言，是功能残气量中的氧浓度增加最多。肺氧储备是在肺泡内氧浓度（我们通过测量呼出气氧浓度来估计 - F_eO_2 ）和功能残气量的乘积。通气血流比失调，尤其是分流是影响血氧含量的另外一个因素，它可能受到功能残气量和闭合气量之间关系的影响。氧耗受到机体代谢率的影响。某些临床情况下氧去饱和时间会缩短，如肥胖，败血症，妊娠及儿科人群。

功能残气量

功能残气量是指正常呼气后肺内残留的气量。它反映了胸壁向外扩张和肺向内萎陷之间的平衡。下面的肺容积测定图描绘了功能残气量和其他肺容积参数。健康成人的功能残气量约30 ml/kg，一个70公斤的成人总计2100ml。但是，许多需手术的患者存在功能残气量的减少,进而将减少肺内氧储备。导致这个的原因有肥胖、妊娠、麻醉（使用或不使用肌肉松弛剂）和肺部疾病。然而预给氧仍然比呼吸空气有好处。

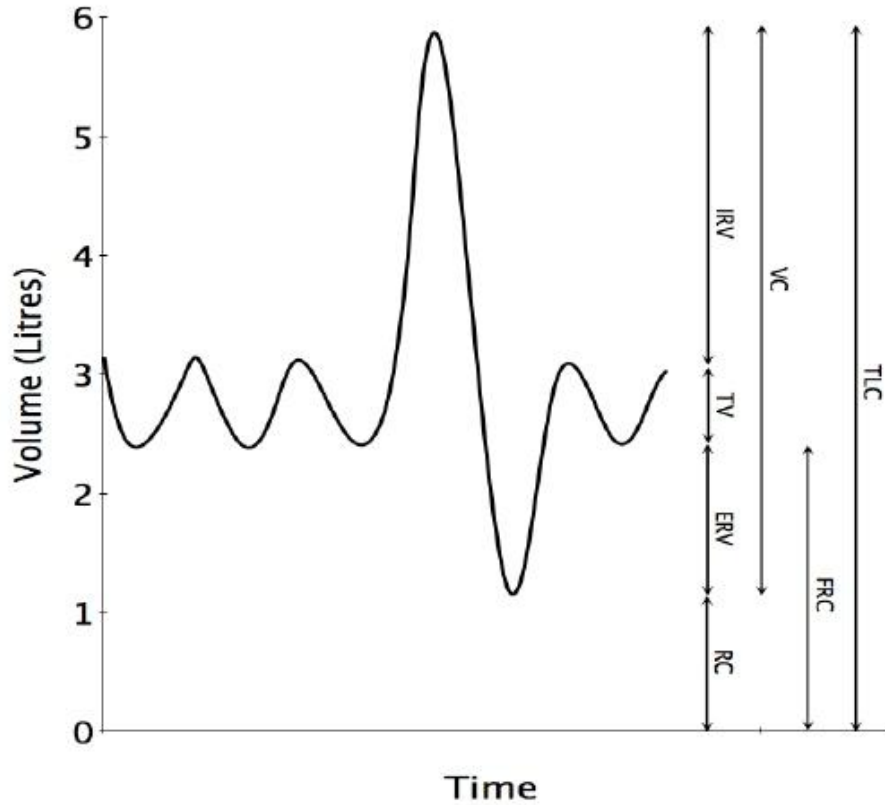


图1 肺容积和肺容量图解。 IRV = 补吸气量 TV =潮气量, ERV = 补呼气量, RC = 残气量, VC =肺活量, FRC =功能残气量, TLC = 肺总量

计算氧气储备

可以通过计算氧输送和氧耗来证明预给氧的作用

肺泡气公式用于计算 PAO₂:

$$PAO_2 = PiO_2 - [PACO_2/R]$$

当吸入空气时 (21% O₂)

$$PAO_2 = 0.21 \times (101.3 - 6.7) - 5.3/0.8 = 13.2 \text{ kPa}$$

相当于 2100ml 的功能残气量中 13%为氧气 (273ml)、75%氮气、7%水蒸气和 5%的二氧化碳, 为了计算方便, 平静时的氧耗被认为是 3.5 ml/kg/min. 仍然以 70 公斤的成人为例, 每分钟大约需消耗 250ml 的氧气。因此, 功能残气量提供的氧储备相当于 70 秒的氧耗量。并非所有的氧气都可以从肺泡中被摄取;一旦 PAO₂ 低于 6kpa 时, 肺泡氧和血红蛋白之间就几乎没有浓度梯度来维持交换了。因此肺内氧储备可用于交换的氧气大约只有 150ml。

预给氧是延长氧耗竭和去饱和时间的一个非常有效的办法。

当吸入 100%纯氧

$$PAO_2 = (101.3 - 6.7) - [5.3/0.8] = 88 \text{ kPa}^*$$

相当于接近 88%的功能残气量为氧气 (1800ml)，这可以等同于七分钟的氧耗量。是吸入室内空气时的十倍。

这证明了去氮给氧大大增加了有效的氧储备。

*注 - 这是理论上的数字,实现完全的预给氧往往是不可能的, 只要 $ETO_2 > 85\%$ 。就可以使肺部的氧气达到 1500ml 以上。

分流

和功能残气量的减少一样, 通气血流比值失调也会导致氧储备的减少。闭合容量是指小气道关闭时肺内的容量。如果功能残气量下降并低于闭合容量, 潮式呼吸时气道将会闭合, 导致肺泡只有灌注而没有通气, 这就是分流, 它不会因为给纯氧而得到改善。

呼吸暂停

呼吸暂停期间, 氧气继续从肺扩散入血, 氧气的摄取远远超过从血液返回肺泡的二氧化碳的量 (由于人体广泛的缓冲系统可以吸收大量的二氧化碳)。此净亏损量导致的肺内负压的产生。

如果上呼吸道是开放的, 气体将被不断地通过气管吸入到肺中来平衡压力差。

如果上呼吸道内是纯氧, 压力差可以维持很长一段时间 (理论模型预测可以超过半小时)。这种现象 (它可被称为氧梯度) 可显著延长去饱和时间。应当指出的是在此过程中, 二氧化碳未从肺内呼出, 所以肺内的二氧化碳分压会逐步上升。如果上呼吸道的氧分压很低 (例如空气), 氮气将会充满肺部, 导致氧的压力差

消失并停止流动。

如果此时气道梗阻，肺内负压加剧。这不仅失去了氧梯度的优势，而且可能导致气道萎陷和肺水肿。

这就更强调了麻醉诱导期间维持气道通畅和给予纯氧的好处。

实用性

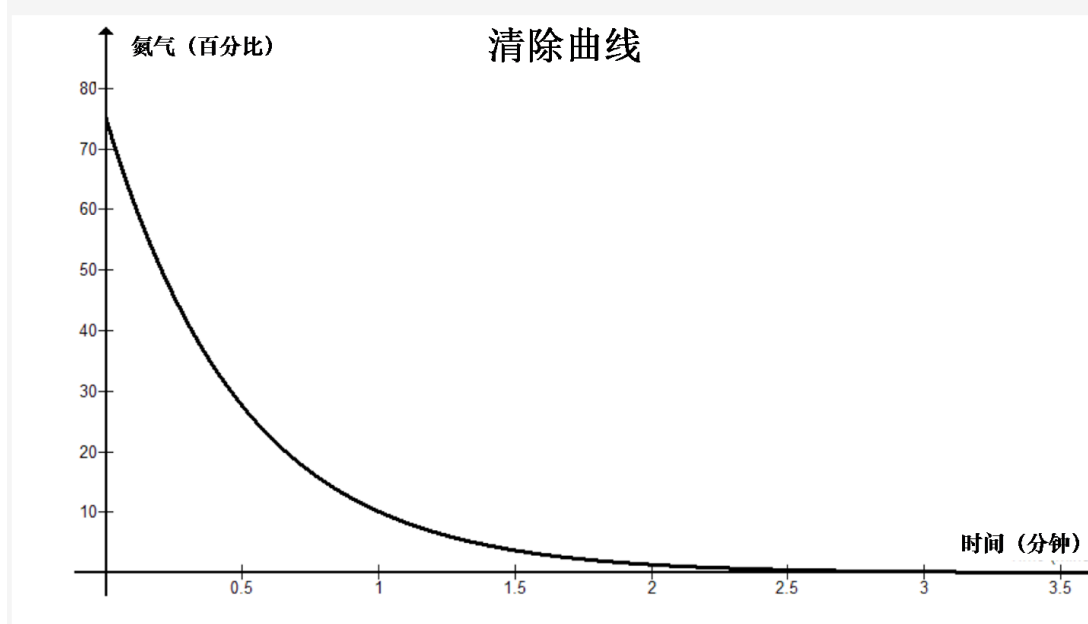
很多种方法可以实现预给氧。一个紧密适合的面罩是必须的，它可以避免漏气，所以选择合适大小的面罩非常重要。留胡须或没有牙齿的患者往往难以实现良好的密封效果，另外，对于无法避免漏气或对面具有严重恐惧症的患者，可以去掉面罩，让病人紧密的含着导管接头，同时要确保他们不通过鼻子呼吸（考虑使用鼻夹）。这种方法可以让对面罩有幽闭恐惧症的患者受益。

时间

人们对于预给氧的时间存在争议并且做了广泛的研究，可以选择 3 分钟潮式呼吸，30 秒进行 4 次肺活量呼吸或 60 秒进行 8 次肺活量呼吸。有呼气末氧监测（ ET_{O_2} ）的话，就不一定要使用这些固定的方法，通过监测仪可以发现呼气末的氧浓度随着每次呼吸逐渐升高，当 $ET_{O_2} > 85\%$ 时停止预给氧（由于 CO_2 和水蒸气的存在 100% 是不可能达到的）。实际的预给氧时间在不同患者之间存在很大差异。如果患者的功能残气量相对少的话，他实际的预给氧时间可能不需要三分钟。而在某些情况下，可能需要更长的时间。如果没有 ET_{O_2} 监测，则推荐 3 分钟的潮式呼吸或 60 秒 8 次肺活量呼吸。研究发现，30 秒四次的肺活量呼吸法劣于其他两种方法。无论使用哪种方法，预给氧之前患者尽力的呼气（降低残气量）都是有利的。分别用曲线来描述功能残气量被氧气充满及氮气清除的过程，两条都是负指数曲线。

时间常数

氮气清除曲线对应的公式 $y = a.e^{-kt}$.



指数过程的时间常数是指数值（此例中是指 FRC 中氮气的量）下降到其先前值37%的时间。四个时间常数后将完成98%的过程。时间常数涉及到容量和流量之比，例如 FRC 和肺泡分钟通气量（VA）之比。一个70kg 潮气量（7ml/kg）490ml 的患者，呼吸频率12次/分解剖死腔为140ml（2ml/kg），VA 是4200ml/min。如上所述，FRC 是2100ml。因此，得出时间常数为0.5分钟。

通过上面的计算，证明了两分钟（四个时间常数）的去氮给氧可以清除 98% 的氮气，考虑到患者间的差异，预给氧三分钟基本都可以满足要求。

呼吸系统

预给氧时应该考虑到呼吸系统的状况。如果使用循环系统，就要确保氧流量大于分钟通气量(MV)，如 70kg 的患者，为了维持回路内 100%的纯氧至少需要 6 L/min 的流量。肺活量呼吸比潮式呼吸需要更大的流量（15L/min）（因为肺活量呼吸的分钟通气量更大）。MaplesonD 呼吸系统（Bain 环路）使用高氧流量（2-3 倍的分钟通气量）是为了防止氮气和二氧化碳的重吸入。

其他考虑

肥胖

如上所述，氧储备和氧消耗的平衡决定病人的去饱和率。因肥胖患者功能残气量降低及代谢率增高，他们的去饱和率明显高于非肥胖患者，加之面罩通气和插管困难，预给氧对于肥胖患者最大限度地提高 PaO₂ 起关键作用，进一步调整的措施是让这样的病人坐起来，与仰卧位相比，坐位通过增加功能残气量使问题得到改善，25 度头高脚低可以显著降低肥胖患者的去饱和率。

妊娠

预给氧在妊娠患者的麻醉管理中发挥了重要的作用。增大的子宫引起的膈肌抬高和功能残气量降低，其中闭合容量可能也会下降。不断增长的胎儿和胎盘使得机体代谢需求增加，因此，去饱和发生更迅速。此外，气道管理在产科病人经常被称作比一般手术人群困难。建立气道的时间延长时预给氧更安全。不同于肥胖患者的是，25 度头高脚低位还没有被证明可以减少妊娠患者的去饱和率。

脓毒血症

危重症和脓毒血症患者的去饱和时间可以大大缩短。原因在于脓毒血症患者的需氧量和心输出量都增加，同时组织氧摄取减少。通气血流比失调进一步加速饱和度降低。即使给予 100% 的纯氧，这类患者的氧饱和度也很难达到 100%，然而，插管前（呼吸暂停前）对患者进行高质量的去氮给氧仍将有助于延缓血氧饱和度急剧下降。

儿科患者

儿童不太可能容忍预给氧过程。然而，儿童比成人新陈代谢率更高，饱和度下降更快，因此更应该仔细的预给氧。向他们解释清楚，许多孩子还是回配合的，尤其是对高风险患儿更应如此。

注意事项

给予 100 %氧气的-一个不利影响是肺不张。这是因为通气不良的肺泡吸收氧气后导致肺泡萎陷。不过，这个问题可以很容易地通过使用肺复张方法补救，所以适当的预吸氧不应被视为禁忌。一旦安全气道已建立，氧浓度可以降低到适合该病人的水平。极少数情况下，如对于接受博莱霉素治疗和肺血管对氧浓度变化非常敏感的患者，其风险收益平衡可能不利于使用100 %的纯氧。后者是一种特殊情况，可能需要避免使用高浓度的氧气，专家建议应该考虑到这点。博莱霉素与肺炎相关，此类患者给予高氧浓度可能会加重肺炎。但短时间给予纯氧进行预给氧，而后降低氧浓度被认为是安全的，具体细节本文不再详述。

总结

预给氧是：

- 安全的
- 简单的
- 便宜的
- 有效的
- 耐受良好的

当呼吸暂停发生时，正确实施预给氧会推后饱和度开始下降的时间

呼吸暂停时，保持气道开放并持续使用100%纯氧可以进一步延长饱和度下降的时间。

问题的答案

多选题

1 ACDE

肥胖，妊娠、全身麻醉以及由直立位变仰卧位均降低功能残气量。尽管随着年龄的增长，潮式呼吸时闭合容量可能受损，但高龄本身并不降低功能残气量。

2 ABE

肺泡气体方程可以用来回答这个问题。高海拔时大气压力降低，必将导致氧分压下降。过度通气降低 $PACO_2$ 。尽管体重增加/肥胖减少FRC，但这并不影响 PAO_2 。

单选题

3 B

提供的选项中，只有使用紧密合适的面罩以100%纯氧进行超过一分钟8次的肺活量呼吸应作为预吸氧的方法。虽然给予100%纯氧进行3分钟的潮式呼吸可以使患者充分预给氧，但让患者自己扶着面罩明显会有泄气的风险。

参考文献和拓展阅读

Tanoubi I, Drolet P, Donati F. Optimizing pre-oxygenation in adults. *Can J Anesth* (2009) 56:449–466

Hardman JG, Wills JS, Aitkenhead AR. Factors determining the onset and course of hypoxaemia during apnoea: an investigation using physiological modelling. *Anesth Analg* 2000; 90: 619–24

Wills J, Sirian R. Physiology of apnoea and the benefits of pre-oxygenation. *Continuing Education in Anaesthesia, Critical Care & Pain* (2009) Volume 9 Number 4: 105 -108

翻译：福建医科大学附属第一医院
林群