允许性高碳酸血症对沙滩椅位肩关节镜手术肥胖患者的影响

王超平，周 旭，张继洛，陈 森，张真真
［河南省洛阳正骨医院（河南省骨科医院）麻醉科，河南洛阳 471002］

摘要：目的 研究允许性高碳酸血症（permissive hypercapnia，PHC）对沙滩椅位（beach chair position，BCP）肩关节镜手术肥胖患者的影响。**方法** 纳入河南省洛阳正骨医院关节外科2019年1月至2021年1月接受肩关节镜手术治疗、体质量指数≥28 kg/m^{2}患者67例，采用随机数字表法分为观察组和对照组。观察组术中维持呼气末二氧化碳分压（partial pressure of end-tidal carbon dioxide，$P_{et}CO_2$）45～50 mmHg，对照组$P_{et}CO_2$为30～35 mmHg。观察时间点分别为麻醉诱导前（T0）、改BCP后10min（T1）、控制性降压10min（T2）、变更通气策略后10min（T3）、术后改为平卧位后10 min（T4）。比较两组平均动脉压（mean arterial pressure，MAP）、脑氧饱和度（cerebral oxygen saturation，rSO_2）、低血压、谵妄、rSO_2下降事件（cerebral oxygen saturation descent event，CDE），及术后D1、D3简易精神状态检查（mini-mental state examination，MMSE）评分。**结果** 两组T1、T2、T3的MAP均低于T0，差异均有统计学意义（$P<0.05$）。两组T2的rSO_2水平降幅分别为16.84%、21.51%，较T0差异均有统计学意义（$P<0.05$）；观察组T3、T4的rSO_2水平均高于对照组，差异均有统计学意义（$P<0.05$）。观察组MMSE评分显著高于对照组，差异有统计学意义（$P<0.05$）。**结论** PHC可保证肥胖患者BCP肩关节镜手术过程中rSO_2水平稳定，降低术后谵妄等并发症发生风险。

关键词：允许性高碳酸血症；肩关节镜手术；肥胖；脑氧饱和度
中图分类号：R614 **文献标志码：**A **文章编号：**1672-9188（2023）04-0362-06
DOI：10.13683/j.wph.2023.04.011

Effect of permissive hypercapnia on obese patients undergoing shoulder arthroscopic surgery with beach chair position

WANG Chaoping, ZHOU Xu, ZHANG Jiluo, CHEN Sen, ZHANG Zhenzhen
［*Department of Anesthesiology, Luoyang Orthopedic-Traumatological Hospital of Henan Province（Henan Provincial Orthopedic Hospital）, Luoyang 471002, Henan Province, China*］

Abstract: ***Objective*** To investigate the influence of permissive hypercapnia（PHC） on obese patients undergoing shoulder arthroscopic surgery with beach chair position（BCP）. ***Methods*** Sixty-seven patients with body mass index≥28 kg/m^2 who received shoulder arthroscopic surgery in the Department of joint surgery, Luoyang orthopedic-traumatological hospital of Henan province from January 2019 to January 2021 were enrolled and randomly divided into observation group and control group by random number table method. The partial pressure of end-tidal carbon dioxide（$P_{et}CO_2$） was 45－50 mmHg in the observation group and 30－35 mmHg in the control group. The observation time points were before anesthesia induction（T0）, 10 min after BCP modification（T1）, 10 min after controlled hypotension（T2）, 10 min after ventilation strategy modification（T3）, and 10 min after supine position modification（T4）. Mean arterial pressure（MAP）, cerebral oxygen saturation（rSO_2）, hypotension, delirium, rSO_2 descent event（CDE）, and postoperative D1 and D3 mini-mental state examination（MMSE） score were compared between the two groups. ***Results*** MAP of the two groups at T1, T2 and T3 were lower than those at T0, and the differences were statistically significant（$P<0.05$）. RSO_2 levels at T2 in the two groups decreased by 16.84% and 21.51%, respectively, and there were statistically significant differences compared with T0（$P<0.05$）. RSO_2 levels at T3 and T4 in observation group were higher than those in control group, and the

收稿日期：2021-03-28；**修回日期：**2021-12-12
作者简介：王超平，主治医师，研究方向：骨科手术麻醉及针刺麻醉。

differences were statistically significant ($P<0.05$). MMSE score of observation group was significantly higher than that of control group, and the difference was statistically significant ($P<0.05$). ***Conclusion*** PHC can ensure stable rSO_2 level in obese patients during shoulder arthroscopic surgery with BCP and reduce the risk of postoperative delirium and other complications.

Key words: permissive hypercapnia; shoulder arthroscopic surgery; obesity; cerebral oxygen saturation

随着我国民众生活水平的提高，肥胖患者手术相关风险预防逐步受到越来越多的重视。Gumina 等[1]研究发现，体质量指数（body mass index，BMI）＞ 30 kg/m^2 与肩袖撕裂的严重程度紧密相关。肩关节镜是治疗肩袖损伤、肩峰撞击综合征及肩关节不稳等的主要方案。因肩关节解剖位置特殊，术中多采取沙滩椅位（beach chair position，BCP），并进行控制性降压，以便术中操作及保持术野清晰。

然而，Moerman 等[2]研究发现，全身麻醉（general anesthesia，GA）诱导成功后，在由平卧位改为 BCP 过程中，脑氧饱和度（cerebral oxygen saturation，rSO_2）水平下降约 20%，显著增加脑血管不良事件发生风险。Salazar 等[3]发现，BCP 肩关节镜手术的 rSO_2 水平较术前基线平均降低 32%，相关不良事件发生率高达 18%。允许性高碳酸血症（permissive hypercapnia，PHC）常用于需机械通气的急性呼吸窘迫综合征患者，改善氧供需平衡，避免机械压力性损伤。PHC 是一种保护性通气策略，通过降低潮气量，适当提高体内二氧化碳含量，起到扩张血管、保护心脑等重要脏器、减小缺氧和缺血性损伤等作用。彭文勇等[4]认为，PHC 可提高 GABCP 肩关节镜手术患者 rSO_2 水平，减少术后早期认知障碍发生率。笔者将 PHC 应用于 BCP 体位下，继续研究肥胖患者肩关节镜手术的有效性、安全性及预后，报告如下。

1 资料与方法

1.1 病例选择

前瞻性研究河南省洛阳正骨医院关节外科 2019 年 1 月至 2021 年 1 月接受肥胖的肩关节镜手术患者 62 例的临床资料，所有患者均术前拍摄肩关节正位、冈上肌出口位 X 光片，并行磁共振检查，诊断肩袖损伤 29 例，肩峰撞击综合征 25 例，肩锁关节炎 8 例。本研究经本院伦理委员会批准展开［2019IEC（S029）号］。

预试验两组控制性降压 10 min 的 rSO_2，观察组 64.57%，对照组 61.15%，两两比较结果，利用在线软件（http://cnstat.org/samplesize/mean）计算计量资料差异性检验样本量，检验水平 α 设定为 0.05（双侧），1 － β ＝ 0.80，计算得最大样本量为每组 23 例，考虑脱落 20%，最终共纳入 62 例患者[5]。

纳入标准：①年龄 25 ～ 55 岁。②肥胖患者，即 BMI ≥ 28 kg/m^2。②肩关节疼痛，经保守治疗效果不佳。③肩袖损伤：术前 MRI 检查 T2 WI 斜冠状位显示肩关节冈上肌止点存在 T2 高信带[6]；肩关节撞击综合征：术前肩关节冈上肌位 X 线片显示肩峰为Ⅱ型或Ⅲ型肩峰[7]。④美国麻醉医师协会（American Society of Anesthesiologists，ASA）分级Ⅰ～Ⅱ级。⑤知情同意本研究。⑥临床资料完整。

排除标准：①有心脑血管疾病病史。②肩关节有外伤及手术史。③存在精神病史，如认知功能障碍病史等。④有高血压病、糖尿病及体位性低血压病史。⑤凝血功能障碍。

1.2 方法

采用住院系统编码单双号法将所有患者分为观察组和对照组，其中观察组给予 PHC 通气策略，对照组给予呼气末二氧化碳分压（partial pressure of end-tidal carbon dioxide，$P_{et}CO_2$）正常水平通气策略。患者入室后开放静脉通路，连接 Vigileo/FloTrac 监护仪和 FORE-SIGHT 型 rSO_2 监护仪，常规监测无创血压、血氧饱和度（oxygen saturation，SO_2）、心电图、$P_{et}CO_2$、rSO_2。麻醉诱导采用咪达唑仑（10 ml ： 50 mg，MZ221004，江苏恩华药业股份有限公司）0.05 mg/kg、舒芬太尼（2 ml ： 100 μg，01D07051，

宜昌人福药业有限责任公司）0.05 μg/kg、丙泊酚（20 ml ： 0.2 g，1712113，四川国瑞药业有限责任公司）2 mg/kg，顺式阿曲库铵（5 mg，01005510A，浙江仙琚制药股份有限公司）0.15 mg/kg，可视喉镜下完成气管插管。

麻醉维持术中泵注瑞芬太尼 15 ～ 30 μg/（kg·h）、丙泊酚 4 ～ 6 mg/（kg·h）、舒芬太尼 0.1 μg/（kg·h），间断给予顺式阿曲库铵 0.05 mg/kg。手术开始后持续乌拉地尔溶液（5 ml ： 25 mg，126700，奈科明制药）泵入，乌拉地尔 100 mg ＋生理盐水 50 ml 与艾司洛尔（10 ml ： 0.1 g，01700031ED，齐鲁制药有限公司）进行控制性降压，使 MAP 维持在基础值的 30%，当低血压发生时，静脉注射麻黄素 5 mg。观察组改为小潮气量通气，使 $P_{et}CO_2$ 维持在 45 ～ 50 mmHg，气道压维持在 35 ～ 40 cm H_2O，对照组 $P_{et}CO_2$ 在 30 ～ 35 mmHg[8]。两组手术时间均控制在 3 h 内，超过 3 h 者给予剔除。

1.3 观察指标

主要指标为 T2 时间点 rSO_2，次要指标为所有时间段 MAP、围手术期不良事件及麻醉用药［rSO_2 下降事件（cerebral oxygen saturation descent event，CDE）即 rSO_2 ≥ 基础值 20%（rSO_2 ≥ 20%）或 rSO_2 ≤ 50%[9]］，以及术后 D1、D3 简易精神状态检查（mini-mental state examination，MMSE）评分[10]。记录时间节点的标定：麻醉诱导前（T0）、改 BCP 后 10 min（T1）、控制性降压 10 min（T2）、变更通气策略后 10 min（T3）、手术结束改为平卧位后 10 min（T4）。

1.4 统计学方法

采用 SPSS24.0 统计软件进行数据处理。正态分布计量资料以（$\bar{x}\pm s$）表示，不符合正态分布时，用中位数和四分位数间距表示（P25，P75），组内不同时间节点比较采用重复测量方差分析，组间比较采用单因素方差分析，两组之间比较采用独立样本 t 检验；计数资料比较采用 χ^2 检验。以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料

共纳入患者 62 例，年龄 25 ～ 55 岁，平均（43.29±4.95）岁。BMI 为 28.91 ～ 37.26 kg/m^2。ASA 分级Ⅰ～Ⅱ级[11]。两组在性别、年龄、BMI、SO_2 以及 ASA 分级等一般资料方面差异无统计学意义（$P > 0.05$），具有可比性，见表 1。

2.2 不同时间点 MAP、rSO_2 水平比较

所有患者均顺利完成手术。手术开始后，通过控制性降压使 MAP 平均下降幅度为 24.36% ～ 32.91%。两组 T1、T2 及 T2 的 MAP 水平低于 T0，差异均有统计学意义（$P < 0.001$）；组间不同时间点 MAP 水平差异无统计学意义（$P > 0.05$）。伴随 MAP 水平下降，rSO_2 水平亦降低，两组 T2 的 rSO_2 水平下降幅度分别为 16.84%、21.51%，与 T0 比较

表 1 两组基线资料比较

Table 1 Comparison of baseline characteristics between the two groups

指标	观察组（n=30）	对照组（n=32）	χ^2/t值	P值
性别（男/女）/n（%）	14（46.67）/16（53.33）	13（40.62）/19（59.38）	0.229	0.632
年龄/岁	41.36±5.59	42.07±4.73	0.541	0.590
BMI/kg·m^{-2}	32.46±3.18	32.71±3.06	0.315	0.753
术前血红蛋白/g·L^{-1}	130.41±2.43	131.86±4.69	1.513	0.135
术前SO_2/%	97.82±3.18	98.42±1.07	1.008	0.317
ASA分级/Ⅰ/Ⅱ/n（%）	19（63.33）/11（36.67）	22（68.75）/10（31.25）	0.203	0.652
麻醉时间/min	146.17±10.48	149.76±11.03	1.311	0.194
手术时间/min	121.22±9.46	119.51±13.74	0.567	0.572
控制性降压时间/min	86.29±7.53	87.73±9.58	0.655	0.514

差异有统计学意义（$P < 0.001$）。观察组 T3 的 rSO_2 水平高于对照组，结束高碳酸通气后，观察组 T4 的 rSO_2 水平亦高于对照组，差异有统计学意义（$P < 0.001$），见表 2。

2.3 围手术期不良事件及麻醉用药比较

观察组 8 例发生术中低血压，2 例出现 CDE，平均持续时间为 2.86 min；对照组 11 例发生低血压，6 例出现 CDE，平均持续时间为 4.59 min，两组 CDE 发生率比较差异有统计学意义（$\chi^2 = 3.847$，$P < 0.05$）。所有患者均给予麻黄素提升血压，增加氧流量，rSO_2 逐渐恢复。术后 3 d，观察组 1 例出现谵妄，对照组为 6 例，差异有统计学意义（$\chi^2 = 3.674$，$P < 0.05$），见表 3。

2.4 MMSE 评分比较

术后 D1，两组 MMSE 评分较术前均降低（$P < 0.05$），且观察组 MMSE 评分高于对照组，差异有统计学意义（$P < 0.05$）。术后 D3，两组 MMSE 评分均逐步恢复至基础水平，组间比较差异无统计学意义（$P > 0.05$），见表 4。

表 3 围手术期麻醉用药比较

Table 3 Comparison of perioperative anesthetic drugs

指标	观察组（n=30）	对照组（n=32）	t值	P值
乌拉地尔/mg	119.29±17.76	120.63±11.42	0.355	0.723
艾司洛尔/mg	107.35±13.45	114.52±17.94	1.771	0.081
麻黄素/mg	9.43±3.64	11.54±2.73	2.592	0.012

表 4 不同时间点 MMSE 评分比较

Table 4 Comparison of MMSE scores at different time points

时间	观察组（n=30）	对照组（n=32）	t值	P值
术前	28.73±2.16	28.46±2.39	0.465	0.643
术后D1	26.96±3.42	25.31±2.94	2.041	0.045
术后D3	28.21±3.19	28.03±2.56	0.245	0.806
组间	F=11.643，P<0.001			
不同时间点	F=35.071，P<0.001			
交互作用	F=13.889，P<0.001			

3 讨论

BCP 是临床常用的肩关节镜手术体位，方便术者定位及操作，但对人体全身血流动力学有较大影响，可引起众多脑供血不足并发症。MAP 指 1 个心

表 2 不同时点 MAP 及 rSO_2 水平比较

Table 2 Comparison of MAP and rSO_2 levels at different time points

指标	时间点	观察组（n=30）	对照组（n=32）	t值	P值
MAP/mmHg	T0	94.63±17.42	94.71±15.11	0.019	0.984
	T1	74.14±9.07	75.63±9.54	0.629	0.531
	T2	66.43±5.23	65.79±4.31	0.527	0.601
	T3	65.29±6.04	65.32±5.97	0.0196	0.984
	T4	104.36±10.73	105.29±12.68	0.3107	0.757
组间		F=47.823，P<0.001			
不同时间点		F=78.605，P<0.001			
交互作用		F=41.339，P<0.001			
rSO_2/%	T0	77.37±3.31	78.21±3.44	0.978	0.331
	T1	70.72±5.37	70.46±4.39	0.209	0.834
	T2	64.34±4.06	61.38±3.91	2.924	0.004
	T3	69.94±4.92	63.73±5.58	4.635	<0.001
	T4	73.41±6.23	67.93±4.31	4.049	<0.001
组间		F=26.842，P<0.001			
不同时间点		F=51.065，P<0.001			
交互作用		F=33.174，P<0.001			

动周期中动脉血压的平均值，反映心脏功能及外周大动脉阻力情况，若 MAP 水平过低将引起器官血液供应减少，尤其导致脑、心脏等重要器官供血不足，引发严重后果。

Golz 等[12] 报道的 BCP 体位下控制性降压诱发 CDE 的发生率约为 25%，本研究对照组 CDE 发生率为 21.87%，与前述报道基本一致。推测主要与 BCP 状态下，患者头部抬高、颅内灌注压降低有关。既往研究显示，头部每抬高 1 cm，脑灌注压比上肢测量血压下降 0.2 kPa。本研究中均为 BMI ≥ 28 kg/m^2 的肥胖患者，其胸廓顺应性降低，膈肌升高，肺潮气量减少，同时机体对无通气期耐受缺氧时限降低，显著低于正常人的 5 min[13]。术中单纯增加呼吸道通气压力易引发肥胖患者气压伤、肺容积伤等肺损害。也有学者提出术中应用下肢弹力袜以增加体内血容量的方法，但结果显示并不能显著降低 CDE 发生率[14]。

PHC 是一种肺保护性通气策略，$PaCO_2$ 每增加 1 mmHg，脑血流量增加 2.15%[14]。本研究中，观察组采用控制性降压联合小潮气量通气以减少分钟通气量，以维持患者体内轻度高碳酸血症状态。结果显示，在改变通气策略前，随着 MAP 水平下降，两组患者 rSO_2 水平均显著降低，T2 时间点 rSO_2 下降幅度分别为 16.62%、17.89%，而 T3 时间点观察组 rSO_2 轻度回升 (69.94±4.92)%，显著高于对照组的 (64.73±5.58)%。PHC 诱发 rSO_2 升高的机制可能有以下 3 个方面：第一，PHC 可通过舒张脑毛细血管前微动脉，增加脑血流量。研究发现，$PaCO_2$ 每升高 1 mmHg 可引起 0.04 ml/100 g 脑组织的血容量改变[15]；第二，PHC 患者 pH 降低，能够抑制细胞内呼吸，降低组织代谢水平减少氧耗[16]；第三，PHC 可导致混合静脉血氧饱和度升高，从而补偿因肺内分流增加引起的氧合不全，最终使血氧分压升高[17]。

术后谵妄和认知功能障碍是围手术期低血压的重要并发症[18]，其发生与年龄、受教育水平、术前脑功能状态等众多因素相关，但部分学者认为也可能与术中脑组织缺血、缺氧性神经损伤有关[19]。Al-Rawi 等[20] 认为 rSO_2 降低超过基础值的 13% 为脑缺血阈值。闫龙剑等[21] 认为 rSO_2 控制范围为基础值的 20% 或绝对值低于 50%。陈立新等[19] 研究显示，术后 24 h 血清中脑源性神经营养因子的含量较高，而神经元特异性烯醇化酶、淀粉样蛋白、同型半胱氨酸含量较低，从而有效减轻老年患者的术后认知功能损伤，优化脑氧代谢作用。本研究中，观察组 rSO_2 下降幅度约为 16.84%，而对照组约为 21.51%。术后 D3，观察组 1 例患者出现谵妄，少于对照组的 6 例。进一步对两组患者术后 MMSE 评分进行比较，结果显示，术后 D1 观察组 MMSE 评分高于对照组，而术后 D3 两组 MMSE 评分均逐步恢复至基础水平，说明 PHC 可有效降低术后认知功能的损伤，这与前述研究结果吻合。

4 结论

综上所述，为保证肥胖患者的 BCP 肩关节镜手术的安全性，术中在控制性降压的同时采用 PHC 通气策略，有利于增加脑部血流量，维持 rSO_2 稳定，减少不良事件的发生率。但限于研究对象数量较少，并未深入研究 $P_{et}CO_2$ 与 rSO_2 的最佳控制范围，有待展开下一步研究。

参考文献：

[1] Gumina S, Candela V, Passaretti D, *et al*. The association between body fat and rotator cuff tear: the influence on rotator cuff tear sizes[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2014, 23(11): 1669-1674.

[2] Moerman AT, Hert SD, Jacobs TF, *et al*. Cerebral oxygen desaturation during beach chair position[J]. Eur J Anaesthesiol, 2012, 29(2): 82-87.

[3] Salazar D, Sears B W, Andre J, *et al*. Cerebral desaturation during shoulder arthroscopy: a prospective observational study[J]. Clin Orthop Relat Res, 2013, 471(12): 4027-4034.

[4] 彭文勇, 吕华燕, 廖俊锋, 等. 允许性高碳酸血症对沙滩椅体位肩关节镜手术患者脑氧饱和度和术后认知功能的影响[J]. 中国内镜杂志, 2020, 26(5): 37-42.

[5] 时景璞. 临床研究中样本量的估计方法[J]. 中国临床康复,

2003, 7(10): 1569-1571.

[6] 毕蓓蕾, 王海丽, 郭皖豫. MRI 与高频超声在诊断肩袖损伤中的应用[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2020, 18(4): 139-141.

[7] 朱迎春, 贾学文, 宓云峰, 等. 肩峰形态影像学分型在肩袖损伤诊治中的应用价值研究[J]. 中国骨伤, 2022, 35(8): 757-762.

[8] Way M, Hill GE. Intraoperative end-tidal carbon dioxide concentrations: what is the target?[J]. Anesthesiol Res Pract, 2011, 2011: 271539.

[9] 刘英英, 高瑞云, 段敬丹, 等. 局部脑氧饱和度监测在老年病人围术期中的临床应用进展[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2022, 20(17): 3165-3169.

[10] 李新帅, 孟帆. 全身麻醉和椎管内麻醉对骨科手术患者术后精神状态、认知功能的影响[J]. 国际精神病学杂志, 2020, 47(1): 107-109.

[11] 胡翠纹, 郭轩, 张琪, 等. 美国麻醉医师协会体质分级对老年手术患者心脏自主神经功能的评价意义[J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2021, 23(5): 491-494.

[12] Golz AG, Davis WJ, Perry MW, *et al*. Improving the safety of shoulder arthroscopy in the beach chair position: a prospective randomized trial investigating the effect of compression stockings on cerebral desaturation events in obese patients[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2020, 29(10): 2027-2035.

[13] 周耘, 杨柳, 纳学晴. 肥胖与全麻诱导期氧储备的相关性[J]. 昆明医科大学学报, 2020, 41(11): 150-153.

[14] Greene NH, Lee LA. Modern and evolving understanding of cerebral perfusion and autoregulation[J]. AdvAnesth, 2012, 30(1): 97-129.

[15] 吴树彬, 刘晋萍. 高碳酸血症脑保护作用的研究进展[J]. 中国体外循环杂志, 2013, 11(2): 122-124.

[16] 林峰. 治疗性高碳酸血症对沙滩椅位胸腔镜手术患者脑氧代谢的影响[D]. 杭州: 浙江大学, 2016.

[17] 刘晶, 廖信芳, 史浩, 等. 允许性高碳酸血症在肥胖患者妇科腹腔镜手术中的应用[J]. 广东医学, 2016, 37(14): 2120-2122.

[18] Mutch W, El-Gabalawy R, Girling L, *et al*. End-tidal hypocapnia under anesthesia predicts postoperative delirium[J]. Front Neurol, 2018, 9: 678.

[19] 陈立新, 朱亮先, 陈友利, 等. 允许性高碳酸血症通气策略对老年腹腔镜手术患者脑氧代谢、认知功能及肺功能参数的影响[J]. 临床和实验医学杂志, 2018, 17(9): 970-973.

[20] Al-Rawi PG, Kirkpatrick PJ. Tissue oxygen index: thresholds for cerebral ischemia using near-infrared spectroscopy[J]. Stroke, 2006, 37(11): 2720-2725.

[21] 闫龙剑, 李春伟, 王冠男, 等. 脑氧饱和度监测下控制性降压对老年高血压患者术后谵妄的影响[J]. 临床麻醉学杂志, 2020, 36(9): 857-860.

(编辑：虞 瑛)