

有目的行为的生理性代价不同的人在动态内镜手术训练中的表现也不同

Physiological 'cost' of activity of individuals with different effectiveness in dynamics of endosurgical training

目的: 研究人类的活动结果的生理价值在外科手术训练模式下。**材料与方法:** 这项工作参与的 87 名年龄为 18-24 岁的男生。受试者被要求在 Basic endosurgical simulation training and certification (BESTA) 系统上进行一系列练习, 并使用一个箱式模拟器 T5 Large RM。每天进行 10 次训练, 每次时间为 30 分钟。记录了错误的数量和操作的时间。在训练期间, 在 BIOPAC MP 36 设备上记录了肌电图。在训练前后使用《VARICARD2. 51》复合体进行心电图 (ECG) 登记及处理。在评估 ECG 数据时, 使用了训练前后心率变异性谱分析的平均差异特征。**结果:** 结果表明, 在有目的的活动过程中, 高效的个体在进行运动时消耗的能量更少。无论其有效性如何, 心理情绪应激状态下的目的行为都伴随着机体功能储备的耗竭。表现不佳的受试者表现出更明显的副交感神经 (在观察开始时) 和交感神经 (在研究结束时) 的减弱对心脏功能活动的影响。**结论:** 揭示了不同活动表现的人在内窥镜训练模式下目的性行为的生理支持特征。在该模型中, 为了获得最佳的有目的的活动效果, 需要付出更大的生理代价。

关键词: 目的行为; 实际外科手术训练; 心率变异性; 肌电图

Aim. The work was designed to study the physiological 'cost' of purposeful behavior on the model of endosurgical training. **Materials and Methods.** The research was implemented on 87 men of 18-24 years of age. The volunteers performed a number of exercises 30 minutes each according to the Basic Endosurgical Simulation Training and Attestation System (BESTA system) on a T5 Large RM box-trainer within 10 consecutive days. The total time and the number of mistakes were recorded. During the training sessions an electromyogram was recorded on a BIOPAC MP 36 device. ECG was recorded and processed using a Varicard 2.51 device before and after the training sessions. ECG was analyzed by evaluation of the average differences of spectral analysis of heart rate variability before and after training. **Results.** It was shown that high-performance individuals were characterized by less energy spent on motor work in purposeful activity. Irrespective of the effectiveness of training, the purposeful behavior in conditions of psychoemotional stress was characterized by depletion of functional reserves of an organism. Low-performance subjects demonstrated a more evident weakening of parasympathetic (start of observations) and of sympathetic influences (end of observations) on the functional activity of the heart. **Conclusion.** Specific features of physiological 'cost' of purposeful behavior in individuals with different effectiveness of the activity were revealed on the model of endosurgical training. Better results in the dynamics of purposeful activity were achieved on this model at a higher physiological 'cost'.

Keywords: *purposeful behavior; practical endosurgical training; heart rate variability; electromyography.*

根据现代科学概念，有目的行为的系统组织的基础是动机，动机是在主导需要的基础上形成的[1, 2]。很明显，有目的行为的有效性会因各种因素而有很大差异。很明显，有目的行为的有效性会因各种因素而有很大差异。

尽管研究人员对有目的行为的调节过程和生理支持的思想的发展做出了重大贡献，但这一领域现有的结果在很大程度上是矛盾的。根据一些科学家的说法，有目的行为伴随着身体的压力实现系统的激活，在很大程度上是在高效率的人身上。根据其他作者的研究，根据其他作者的研究，受副交感神经系支配的其心脏功能活动的人可达到较高的有目的行为[6]。必须强调的是，绝大多数的观察都是在实验模型上进行的，只记录有目的行为所取得的生理指标和参数。关于行为动力学中这些特征的变化以及何时达到稳定状态的数据很少。

目前，研究人员特别关注心理情绪压力下，目的行为的生理代价评估[7, 8]。在复杂的实验模型中，研究不同成功有目的行为的人的行为的生理支持特征似乎是相关的。

本研究的目的是在外科手术训练模式下，探讨有目的行为结果的生理价值。在指定的实验条件下，通过动态观察的有目的行为的不同结果，确定了受试者心率变异性和肌电图的变化。

材料与方法

研究人员对 87 名年龄在 18 岁至 24 岁之间的男性进行了观察，这些人正在俄罗斯卫生部 Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry 接受培训。这项研究是根据《赫尔辛基宣言》的原则进行的。参与研究的主要标准是缺乏使用外科手术器械的经验，以及没有肌肉骨骼系统和神经系统疾病，视力正常。在研究期间，在评估功能状态的阶段，参加者有年龄标准参考范围的偏差被排除在外。

在培训的第一天开始之前，研究人员向参与者展示了使用外科手术器械的基本技术。每天，受试者在从现代外科训练模拟程序中选择的手术内镜模拟器上进行 3 个基本练习：《客观结构化临床考试》(Objective Structured Clinical Examination, OSCE) [9]，《腹腔镜技术的全球手术评估》(Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills, GOALS) [10]，《基本内窥镜手术模拟训练和考职》[11, 12]。

所有受试者在 T5 Large RM 盒子的练习器 (3-D - Med, 美国) 上进行了 10 次训练。培训日包括 3 个任务，每个任务分配 5 分钟。第一个任务是用内镜夹将 4 个氨纶球 ($d = 3$ 毫米) 从初始位置移动到柱顶 ($h = 20$ 毫米, $d = 2$ 毫米)。这项任务是用左手和右手轮流执行的。

任务 2 号期间, 受试者用双手的移动 6 空心的氨纶气缸 ($h = 20$ 毫米, $d = 6$ 毫米, $d1 = 4$ 毫米) 串在塑料的柱 ($h = 20$ 毫米, $d = 2$ 毫米), 同样大小的柱上的 40 - 80 毫米的距离从

原始。受试者用内镜夹提起圆柱体，将圆柱体转移到另一只手的内镜夹上，不接触平台表面，然后将圆柱体穿在一个自由柱上。

第三个任务是用双手从餐巾纸上剪下一个周长为 10 厘米的圆。内窥镜剪刀占优势的手，内镜夹-在辅助的。

在 5 分钟的练习间隔中，错误和未完成元素的数量被考虑在内。在第一和第二项任务中，错误的是由于内镜夹或与表面接触而丢失了一个物体。当分配给任务的时间过期时，所有未移动的对象都被认为是错误的。在第三个任务中，误差的定量指标是轮廓交点处未切除的圆的长度(厘米)与指定时间间隔后未切除的圆的长度(厘米)的总和。每个参与者的个人成就都被记录在清单上。在随后的分析中，我们计算了所有任务所花费的时间，以及每个训练日所犯错误的总数。根据研究结果组成了被测者组。

在每次训练期间，在 5-500 赫兹范围内，用 BIOPAC MP 36 仪器(美国 BIOPAC® Systems 公司)的用表面方法记录肌电图。电极固定在两个前臂的内表面。评估时，使用 BIOPAC Student Lab PRO 程序计算的曲线面积指示器(mV^2)。

每天训练前，每个受试者都处于 1 小时的作业的休息状态。在每次训练前后的 5 分钟内，在坐姿下记录心电图(心电图记录与训练开始/结束之间的时间间隔不超过 30 秒)。心电图登记和处理，然后计算心率变异性，在《Varicard 2.51》复合体上处理心脏间期图和心率变异性分析(俄罗斯新医疗技术引进研究有限责任公司 RAMENA)。心率变异性的分析是根据“国际标准”的建议进行的[13-15]。在评价心电图数据时，使用心率变异性指标：频谱总功率为 TP (ms^2)，高频范围的频谱功率为 HF (ms^2)，低频范围的频谱功率为 LF (ms^2)。还测定了训练前后心率变异性频谱分析特征的平均差异：频谱总功率为 Δ TP (ms^2)，高频范围的频谱功率为 Δ HF (ms^2)，低频范围的频谱功率为 Δ LF (ms^2)。

根据培训活动的绩效指标，将被试分为以下几组。

根据完成任务的速度进行分类：

- I-B 组-完成任务速度快的受试者($n = 22; 25.29\%$)，四分位数 I，第 1 天训练的中位数- 515 秒(完美的收梢 480-525 秒)，第 10 天训练的中位数- 240 秒(完美的收梢 232-251 秒)；
- II-B 组-平均值组(背景; $n = 43$)，样本的 II-III 四分位数，第 1 天训练的中位数- 624 秒(完美的收梢 584-652 秒)，第 10 天训练的中位数- 625 秒(完美的收梢 308-345 秒)；
- III-B 组-任务完成率低的受试者($n=22; 25.29\%$)，IV 四分位样本，第 1 天训练的中位数- 777 秒(完美的收梢 741-802 秒)，第 10 天训练的中位数- 405 秒(完美的收梢 391-426 秒)。

根据错误的数量进行分类：

- I-0 组-有少量错误的受试者($n = 22; 25.29\%$)，I 为样本的四分位数，培训第一天的中位数为 6.1 (完美的收梢 3.3-7.2)，培训第一天的中位数为 10 (完美的收梢 1-1.5)；

●组 II-0 -平均值组(背景;n = 43; , 样本的 II-III 四分位数, 第 1 天训练的中位数-11.6 (完美的收梢 9.6-13.4), 第 10 天训练的中位数- 3.55 (完美的收梢 2.7-4.2);

●III-0 组-错误较多的受试者(n = 22;25.29%), IV 四分位数, 第 1 天训练的中位数-20.9 (完美的收梢 17.1-24.4), 第 10 天训练的中位数- 6.3 (完美的收梢 5.75-7.15)。

根据本研究的总体目标, 进一步分析内窥镜手术训练动力学中的生理参数, 对样本 I 和 IV 四分位中目标活动有效性极值的受试者进行分析。

统计数据处理采用程序 Statistica 10.0 (Stat Soft Inc. , 美国)。使用 Kolmogorov-Smirnov 和 Shapiro-Wilk 标准对分布的正态性数据进行评估。在评价所有数据时, 采用非参数统计方法。计算中位数和四分位数之间的 25%至 75%的百分位。采用 Mann-Whitney 和 Wilcoxon 标准评价差异的统计学意义。相关分析采用 Spearman 相关系数。各指标值 $p < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结果和讨论

结果表明, 在肌电图初始状态和观测结束时, I-B 组记录的总波面积均小于 III-B 组(表 1)。该指标第 1 天组间差异为 41.51 mV2 (79.91%; $p < 0.0001$), 第 10 天降至 23.22 mV2 (83.91%; $p < 0, 0001$)。同样的结果也出现在由错误数量组成的实验对象组中。I-0 组在规定训练天数内的曲线波总面积小于 III-0 组(表 1)。该指标第 1 天组间差异为 39.34 mV2 (69.13%; $p < 0.02$), 第 10 天降至 7.94 mV2 (24.5%; $p > 0, 05$)。

通过比较不同训练结果人群的心率变异性指标, 发现在与内镜模拟器的所有会话中, 所有组的心率变异性谱总功率均有下降(表 2)。

在训练的第一天, 所有组的受试者心率变异性频谱的高频成分的功率都下降了, 但在高生产率的受试者中下降的幅度较小。I-B 组和 III-B 组的组间差异为 75 ms² ($p = 0.04$), I-0 组和 III-0 - 95 ms² ($p > 0.05$)。在训练结束时, 随着有目的行为的出现, 心率变异性频谱中高频成分成分的下降趋势仍在继续, 然而, 这些组中该参数的组间差异变得无统计学意义。

观察第 1 天, I-0 组心率变异性频谱低频成分指标升高, 而 III-0 组指标降低。因此, 研究参数组间差异为 467 ms² ($p < 0.05$)。训练第 10 天, 各组受试者心率变异性低频参数均下降。这些变化在完成速度慢的人和错误少的人身上最明显。I-B 组和 III-B 组的组间差异为 490 ms² ($p = 0.04$), I-0 组和 III-0 - 331 ms² 组的组间差异为 490 ms² ($p > 0.05$)。

相关分析发现, 在初始状态下, 时间参数与肌电图描记法曲线的波长呈正相关($r = 0.48, p < 0.001$)。在观察结束时, 这种关系增强了($r = 0.56, p < 0.0001$)。此外, 在指定的观察阶段, 成反比关系的时间指示器 ΔLF 参数($r = -0.24, p < 0.05$)。重要的一点是, 在研究的开始, 错误的数量将积极与肌电图描记法的波长曲线($r = 0.36, p = 0.01$), 但与 ΔTP 负面($r = -0.22, p < 0.05$)和 ΔLF ($r = -0.25, p < 0.03$)。然而, 通过观测结束, 错误的数量之间的相关性的标志和 ΔLF 参数更改为正面($r=0.21, p < 0.05$)。

结果表明，在不同表现的人内窥镜手术训练模型中，对有目的行为的生理支持具有不同的特点。

结果表明，不管观察阶段如何，在训练过程中记录肌电图时，计算出的曲线波动面积较小，这是高产受试者的特征。首先，这适用于快速完成任务的受试者。这个参数在来自不同组的高产受试者中相似的值可能是为了达到这个结果的单一策略的结果。在观察结束时，对更成功的受试者进行肌肉训练的能量成本较低，这显然与特定运动刻板印象的形成有关。需要注意的是，内窥镜手术训练中错误次数不同的人，其肌电图曲线波面积值较小，因此肌肉活动较少。这可能是由于较低的体力的成本，以弥补不准确的执行任务。

据认为，心率变异性谱的总功率反映了《总供应的力量》。这些力量可以调动身体克服压力负荷[14, 15]。减少的总功率谱受试者的心率变异性在我们的研究中发现不同的结果在有目的行为的动态显示功能储备的消耗身体的过度激活的调节机制垂体系统[16]。

高频频谱功率是评价副交感神经对心脏活动[14]影响的可靠指标之一。我们发现，在有目的行为的观察开始时，心率变异性频谱高频部分的功率下降最明显的是表现较差的受试者的特征。这说明副交感神经对心脏功能活动的影响减弱，这可能是在这些条件下适应性储备减少的结果。所得结果补充了之前发表的资料。特别地，在 T.D. Jebraïlova 的研究中发现，在认知活动过程中，高生产力的受试者是由副交感神经系对心脏功能[6]的主导影响来区分的。

众所周知，心率变异性的低频波动与自主神经系统交感部分的主要影响有关[14-16]。在我们的观察中，我们发现心率变异性频谱中低频部分的功率增加对于那些在第一天训练中出错较少的人来说是很典型的。在有目的行为过程中心率变异性频谱的低频部分的功率的最大稳定性是在研究的第 10 天在任务时间较短的人身上观察到的。低结果受试者的特征是，在训练过程的开始和结束时，心率变异性频谱的低频成分均有统计学意义上的显著降低，这表明在研究的所有有目的行为阶段，交感神经对心脏活动的影响都在减弱。所描述的模式通常与人类智能活动[5]结果的生理价值的现有数据一致。

我们的研究结果显著地扩展了我们对外科实践[17]中基本手工技能形成的理解。所获得的数据有助于理解在实施各种形式的有目的活动过程中人类生理功能的系统调节机制。

结论

结果表明，在内窥镜手术训练模型中，不同表现的人对有目的行为的生理支持是不同的。高效的个体在有目的行为过程中执行马达工作的能量消耗更低。无论其有效性如何，心理情绪应激状态下的目的行为都伴随着机体功能储备的耗竭。无论其有效性如何，心理情绪应激状态下的目的行为都伴随着机体功能储备的耗竭。在内窥镜手术训练模式中，以较高的生理成本获得最佳的动态聚焦效果。

表 1 不同组受试者的肌电图曲线波长

观察日	组	II-B 组 (mV ²)	III-B 组 (mV ²)	组	组	III-O 组 (mV ²)
	I-B (mV ²)			I-O (mV ²)	II-O (mV ²)	
几个	51.94 (42.05 - 62.34)* [#]	62.73 (50.3 - 87.91)*	93.45 (68.45 - 140.21)	56.91 (42.36 - 72.27) ⁺	61.21 (51.62 - 88.2) ⁺	96.25 (65.78 - 136.97)
	27.67 (23.46 - 34.06)* [#]	35.84 (31.71 - 48.67)*	50.89 (42.63 - 60.15)	32.41 (28.34 - 40.65) ⁺	35.37 (27.84 - 48.67) ⁺	40.35 (32.21 - 60.14)

注：*与 III-B 组受试者训练当天比较， $p < 0.05$ ；[#]与相应训练日 II-B 组受试者比较， $p < 0.05$ ；与相应训练日 III-O 组受试者比较， $+ p < 0.05$ ；中位数和四分位数范围分别为 25 和 75

表 2 不同组别受试者心率变异性的动态

观察日	组	ΔTP (ms ²)	ΔHF (ms ²)	ΔLF (ms ²)
几个	I-B 组	-253 (-1221 - 890)	-38 (-241 - 104)*	-133 (-364 - 367)
	II-B 组	-49 (-814 - 462)	-31 (-209 - 82)	64 (-249 - 385)
	III-B 组	249 (-367 - 845)	-113 (-329 - (-26))	15 (-162 - 499)
几十个	I-B 组	-101 (-1637 - 2051)	-190 (-452 - 161)	-15 (-381 - 1238)*
	II-B 组	-113 (-1054 - 1909)	1 (-544 - 362)	-70 (-558 - 926)*
	III-B 组	-1005 (-1925 - (-271))	-110 (-412 - 313)	-505 (-1252 - 44)
几个	I-O 组	159 (-275 - 854)	-18 (-131 - 112) [#]	341 (-86 - 688) [#]
	II-O 组	-49 (-784 - 612)	-25 (-209 - 65)	-9 (-251 - 288)
	III-O 组	-265 (-1121 - 490)	-113 (-351 - (-49))	-126 (-495 - 101)
几十个	I-O 组	-476 (-1880 - 2051)	-38 (-306 - 384)	-442 (-1111 - 1278)
	II-O 组	-395 (-1426 - 1806)	-132 (-542 - 213)	-15 (-202 - 825)
	III-O 组	-340 (-953 - 1452)	-29 (-625 - 446)	-111 (-555 - 970)

注：*与 III-B 组受试者训练当天比较， $p < 0.05$ ；[#]与 III-O 组受试者训练当天比较， $p < 0.05$ ；中位数和四分位数范围分别为 25 和 75