

恒定负荷下 MOTOmed Letto2 下肢血流受限运动 对心脏自主神经功能的影响

于晓东¹ 杨莉²

(1. 南京医科大学附属明基医院康复医学科 江苏 南京 210019)

(2. 南京医科大学附属明基医院康复医学科 江苏 南京 210019)

【摘要】目的：本研究评估 MOTOmed Letto2 下肢血流受限运动对偏瘫患者运动前 / 中 / 后三个阶段心脏自主神经功能的影响。方法：该实验采用随机交互设计，将 40 名脑梗死恢复期的偏瘫患者，随机分为实验组和对照组，每组 20 例。2 组均进行常规康复训练（包括运动疗法、平衡训练、步行训练、日常活动能力训练及物理因子治疗），对照组在此基础上进行恒定负荷下 MOTOmed Letto2 主动运动，试验组在常规康复训练基础上进行恒定负荷下 MOTOmed Letto2 结合下肢血流受限主动运动，两组分别在运动前（0-10min）、整个运动期间和运动后恢复期（0-10min）记录 RR 间期，并进行相应 HRV 分析以及在运动前安静状态、运动中和运动后即刻进行血压测量、RPE 疲劳量表主观评定。结果：与安静状态相比，2 组运动整体上 HR 均值显著增加（ $P < 0.01$ ）；在运动过程中血流受限组 SDNN 较运动前安静状态显著性降低、LF/HF、DBP 较运动前安静状态显著性增高；运动前安静状态与运动后恢复阶段相比，血流受限组 SDNN/HR 显著性降低、SBP 有显著性增高的趋势，其余无明显差异。结论：1.MOTOmed Letto2 下肢主动运动可降低偏瘫患者的总体心率变异性，血流受限运动在一定程度上会降低偏瘫患者心脏的副交感神经活性，并且可能需要更长的时间恢复到平衡状态。2.MOTOmed Letto2 下肢主动运动中，下肢血流是否受限不会对运动负荷和运动强度造成影响。3. 运动后早期恢复阶段（0-10min），在同等强度的 MOTOmed Letto2 下肢主动运动中，下肢血流是否受限不会影响偏瘫患者的心脏自主神经功能恢复速度。4. 在恒定负荷下 MOTOmed Letto2 下肢主动运动中，血流是否受限对偏瘫患者血压的影响有一定的局限性，其作用主要体现在运动中的变化幅度和运动后的恢复速度两方面。

【关键词】 心率变异；血流受限；恢复期；恒定负荷

心率 (heart rate, HR) 和心率变异性 (heart rate variability, HRV) 能够极为敏感地反映心血管的反应性，心率变异性作为评定心脏自主神经机能的有效方法和手段，运动训练可以引起心肌组织、结构上重塑，还引起包括自主神经系统在内的功能重塑。

在进行急性血流受限结合抗阻或有氧运动后心率增加，每搏输出量减少，心输出量减少或不变，可能因为肢端血流受阻时导致静脉回心血量减少，降低了心脏的前负荷，使得每搏输出量的减少，说明以上两种运动可能引起心血管功能的急性效应^[1]，对心脏自主神经功能也会产生相应的影响。缺血训练是近年来颇为关注的训练方式，研究认为止血带加压造成的缺血伴中小强度的力量训练可以增加肌肉的力量和大小^[2-3]。在缺血状态下伴随 30% 的力量训练相当于正常状态下进行 80% 的大强度力量训练^[4-5]，至于 MOTOmed Letto2 下肢血流受限运动是否存在强度的差异还有待研究。当前，评估不同运动形式对心脏自主神经功能的影响，通常采用基于 RR 间期的心率变异 (Heart

rate variability, HRV) 和心率恢复 (Heart rate recovery, HRR) 进行间接定量和精确评定^[6,7,8]。此外，有关运动与 HR、HRV 的研究主要集中于长期运动对静息状态 HRV 的影响、一次性运动对静息状态 HRV 的影响^[9] 以及一次性运动期间 HRV 动态变化 3 个方面，但研究的测评指标差异颇大且结果很不一致。其中，一次性运动期间 HRV 的动态变化研究主要集中于递增负荷运动期间 HRV 的动态变化方面^[10]，而恒定负荷运动、真实比赛^[11] 期间 HRV 的动态变化方面为数极少。有关血流受限运动与 HR、HRV 的研究主要集中于血流受限抗阻运动^[1]、递增负荷^[12]、缺血力竭运动^[13] 为主。就一次性运动来讲，比如 HRV 在恒定负荷的一次性运动期间是否变化？如果变化又如何变化？施以血流受限运动能否影响一次性运动期间的 HR、HRV，如果影响又为何种影响？还不得而知，有待于拓展和深入研究。

关于 MOTOmed Letto2 已证明可有效改善偏瘫患者肢体运动能力和日常生活能力，在抑郁症状的改善方面也有较好的促进作用，对于神经损伤患者还可以

促使肌张力恢复；在肌肉骨骼康复方面也有所应用，可以改善患者的关节活动度、协调性以及肌肉力量。但是对于MOTOmed Letto2是否会影响心脏某些功能还有待研究。

目前，对一次性递增负荷运动、力竭运动影响心率变异的研究和对血流受限运动影响心血管系统的研究很多，对于恒定负荷影响心率变异的相关研究较少。因此，本实验针对恒定负荷下MOTOmed Letto2下肢血流受限运动对偏瘫患者心率变异进行研究，对揭示MOTOmed Letto2下肢血流受限运动对偏瘫患者心脏自主神经功能的影响具有一定的意义。

1 临床资料

1.1 一般资料

选取2021年12月至2022年06月于南京医科大学附属明基医院接受康复治疗的脑梗死恢复期患者40例，采用随机数字表法将其分成试验组和对照组，每组20例。两组患者一般资料比较差异无统计学意义($P > 0.05$)，具有可比性。详见表1.1.1。

1.2 纳入标准

①符合全国第4届脑血管病学术会议制订的脑卒中诊断标准^[14]，并经颅脑MRI检查确诊单侧发病；②患者年龄20-75岁，生命体征平稳，为首次发病，病程 < 6 个月；③无认知功能障碍，配合度可，简易智力测试量表 > 8 分；④患者及患者家属对本研究知情同意均签署知情协议且经院伦理委员会同意。

1.3 排除标准

①多发脑卒中或患有其他影响肌力、活动度或感觉的疾病；②有明显意识障碍、认知障碍、精神类疾病患者；③合并严重心、肺、肝、肾等重要脏器疾患；④未按规定方案治疗，试验期间采用其他方式治疗者，或信息不全影响疗效评定者；⑤不适宜做康复训练的患者，包括安静时心率 > 120 次/min、舒张压 > 120 mmHg或收缩压 > 195 mmHg、心功能不全在II级以上的患者。

2 实验设计及实施

2.1 运动方案

对照组在进行常规康复训练（主要包括运动疗法、平衡训练、步行训练、日常活动能力训练以及物理因子治疗）的基础上进行恒定负荷下MOTOmed Letto2下肢主动运动。

试验组在进行常规康复训练的基础上进行恒定负荷下MOTOmed Letto2结合下肢血流受限的主动运动。血流受限方法选取双侧下肢止血带（河南中象医疗保健器械有限公司）加压，造成股动脉血流阻断，压力为140mmHg^[15]，每次测试后需要确保受试人员充分恢复，除常规康复训练外，禁止剧烈运动。

利用德国RECK MOTOmed Letto2下肢进行测试，通过团队心率仪和First beat SPORTS系统 (Version 4.7.3.1) 监测运动强度，并且记录RR间期，记录阶段包括运动前安静状态0-10 min，整个运动期间，运动后恢复期0-10 min，整个阶段共计35min。进一步通过First beat SPORTS系统进行分析，数据采集的时间为运动前安静状态的后5 min (5-10 min)，整个运动过程15min、恢复期0-10 min。

2.2 研究指标

研究指标为血压 (Blood pressure, BP) 包括：收缩压 (systolic blood pressure, SBP)、舒张压 (diastolic blood pressure, DBP)、主观疲劳指数 (Rating of Perceived Exertion, RPE)、心率 (Heart rate, HR) 和心率变异 (Heart rate variability, HRV) 的时域指标和频域指标。时域指标包括全程相邻RR间期之差的均方根值 (root of the mean squared successive differences of in RR intervals, RMSSD)，单位为ms；全部RR间期的标准差 (the mean standard deviation of RR intervals, SDNN)。频域指标包括低频 (low frequency, LF)，单位为ms²，频谱范围：0.04-0.15 Hz；高频 (high frequency, HF)，单位为ms²，频谱范围：0.15-0.40Hz以及LF/HF比率。通过定量参数过量氧耗值，(excess post-exercise oxygen consumption, EPOC) 可定量

表 1.1.1 实验对象一般资料

组别	例数	BMI(kg/m ²)	性别 (例)		年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	文化程度 (例)			病程 ($\bar{x} \pm s$, 月)	脑梗死位置	
			男	女		文盲	小学	初中及以上		左侧	右侧
对照组	20	21.57 ± 4.42	9	11	45.20 ± 13.32	7	8	5	2.98 ± 1.42	7	13
实验组	20	22.63 ± 4.88	9	11	52.20 ± 16.34	8	9	3	3.49 ± 1.80	11	9

反映运动强度。

2.2.1 血压的测试

在运动前安静状态、运动过程中点和运动后即刻，利用鱼跃水银血压计，测量各个阶段的血压。测试过程中，受试者静坐在有靠背的椅子上，双臂与心脏平齐，袖带包裹上臂 80%，将听诊器置于袖带下肘前的肱动脉上，使用听诊器有效测量血压。（当听到第一声柯氏音时对应的数值为收缩压，柯氏音消失时对应的值为舒张压）。

2.2.2 RPE 主观疲劳量表评定

在运动前安静状态、运动过程中点和运动后即刻，受试者利用 Borg 主观疲劳感觉分级量表（RPE）进行主观评定。

2.3 实验过程中条件控制

在整个实验期间，受试者保持正常的饮食习惯和作息规律，测试期间除常规康复治疗外不做任

何剧烈运动，测试房间内应配置舒适的椅子和 / 或用以测量血压、心率的检查台，在测试开始前需向受试者清楚地说明测试步骤、方法。为避免环境和生

理周期的影响，受试者的测试地点应在温度和湿度相对恒定的环境中进行，时间均在一天同一时间进行。

3 统计学方法

通过 Microsoft Excel 2010 对实验数据进行整理和相关分析，数据以均数 ± 标准差表示。利用

IBM SPSS Statistics 20 统计软件对数据进行统计学分析，进行方差齐性检验，并采用单因素方差（one-way ANOVA）进行多组分析，数据前后比较采用配对 T 检验，显著水平定为 $P < 0.05$ 。

4 研究结果

4.1 恒定负荷 MOTOmed Letto2 下肢血流受限运动对心率和血压的影响（表 4.1.1）

与安静状态相比，2 组运动整体上 HR 均值显著增加 ($P < 0.01$)，恢复期阶段心率较运动过程中有所降低，但仍高于安静状态。在该强度下，下肢血流是否受限对运动过程中和运动后恢复阶段的血压和心率的变化是一致的但无显著性影响 ($P > 0.05$)，但下肢血流受限的运动过程中，收缩压和舒张压显著高于运动前安静状态 ($P < 0.05$)，运动后恢复阶段收缩压显著高

表 4.1.1 恒定负荷下 MOTOmed Letto2 下肢血流受限运动对心率和血压的影响

		SBP	DBP	HR
运动前安静状态 0-10min	常规主动运动	112.12 ± 11.81	73.25 ± 8.71	83.12 ± 1.731)
	血流受限主动运动	105.25 ± 12.637)	71.12 ± 8.747)	82.62 ± 3.791)
整个运动期间	常规主动运动	123.37 ± 15.133)	72.65 ± 3.753)	125.87 ± 2.622)
	血流受限主动运动	123.17 ± 12.034)	81.50 ± 3.704)	127.25 ± 2.852)
运动后恢复期 0-10min	常规主动运动	120.00 ± 17.105)	78.00 ± 11.695)	98.00 ± 9.35
	血流受限主动运动	117.00 ± 10.816)8)	73.75 ± 8.616)	99.75 ± 15.48

2) 与 1) 相比 $P < 0.01$; 3) 与 4) 相比 $P > 0.05$; 5) 与 6) 相比 $P > 0.05$; 4) 与 7) 相比 $P < 0.05$; 8) 与 7) 相比 $P < 0.01$ 。

表 4.2.1 恒定负荷下 MOTOmed Letto2 下肢血流受限运动对心率变异时域指标的影响

		RMSSD(ms)	SDNN(ms)	SDNN/HR
运动前安静状态 0-10min	常规主动运动	30.38 ± 7.372)	69.38 ± 25.03	0.85 ± 0.332)
	血流受限主动运动	34.50 ± 13.002)	65.63 ± 13.864)	0.82 ± 0.262) 8)
整个运动期间	常规主动运动	10.38 ± 3.611)	58.75 ± 18.13	0.47 ± 0.151)
	血流受限主动运动	10.13 ± 4.251)	57.75 ± 21.503)	0.46 ± 0.181)
运动后恢复期 0-10min	常规主动运动	16.38 ± 5.805)	66.00 ± 11.25	0.68 ± 0.136)
	血流受限主动运动	16.00 ± 7.465)	60.13 ± 11.28	0.63 ± 0.216) 7)

2) 与 1) 相比 $P < 0.01$; 3) 与 4) 相比 ($P < 0.05$) ; 5) 与 1) 相比 ($P < 0.05$) ; 5) 与 2) 相比 ($P < 0.05$) ; 6) 与 1) 相比 ($P < 0.05$) ; 7) 与 8) 相比 ($P < 0.05$)

表 4.3.1 不同方式的 MOTomed Letto2 下肢血流受限运动对心率变异频域指标的影响

		HF(ms2)	LF(ms2)	LF/HF Ratio(%)
运动前安静状态 0-10min	常规主动运动	1195.3 ± 565.52)	2522.7 ± 1394.02)	295.1 ± 164.85) 9)
	血流受限主动运动	1520.4 ± 1319.92)	2593.5 ± 1415.62)	268.8 ± 132.97) 9)
整个运动期间	常规主动运动	138.8 ± 97.31)	358.4 ± 164.51)	462.1 ± 176.74) 10)
	血流受限主动运动	133.0 ± 107.61)	329.0 ± 169.61)	522.5 ± 291.96) 10)
运动后恢复期 0-10min	常规主动运动	384.5 ± 218.53)	1394.2 ± 898.83)	497.9 ± 217.55) 8)
	血流受限主动运动	400.2 ± 304.33)	1179.9 ± 605.93)	426.5 ± 163.8 8)

2) 与 1) 相比 $P < 0.01$; 3) 与 1) 2) 相比 $P < 0.05$; 4) 与 5) 相比 $P > 0.05$; 6) 与 7) 相比 $P < 0.01$; 8) 与 9) 相比 $P < 0.05$; 8) 与 10) 相比 $P > 0.05$

于运动前安静状态 ($P < 0.01$), 其余无特殊变化。

表明偏瘫患者在恒定负荷下, 下肢血流是否受限对运动过程中和运动后恢复阶段的血压和心率的影响是一致的, 但下肢血流受限时会导致运动过程中收缩压和舒张压的变化更明显, 且在恢复阶段血流受限的 MOTomed Letto2 下肢运动导致收缩压恢复变慢。

4.2 恒定负荷下 MOTomed Letto2 下肢血流受限运动对心率变异时域指标的影响 (表 4.2.1)

与运动前安静状态相比, 2 组运动中 RMSSD、SDNN/HR 显著降低 ($P < 0.01$), 常规运动组整个过程中 SDNN 无显著变化 ($P > 0.05$), 但是血流受限组在运动过程中 SDNN 显著低于运动前安静状态 ($P < 0.05$), 其余期间无显著差异 ($P > 0.05$)。

运动后恢复期间, 2 组运动的 RMSSD 相比于运动过程中显著升高 ($P < 0.05$) 但仍低于运动前安静状态 ($P < 0.05$); 2 组运动的 SDNN/HR 相比运动过程中显著升高 ($P < 0.05$), 但是与运动前安静状态相比血流受限组的 SDNN/HR 显著降低 ($P < 0.05$), 常规组无显著变化 ($P > 0.05$)。

表明偏瘫患者在进行 MOTomed Letto2 下肢运动时, 该运动可以降低总体心率变异性, 当进行血流受限运动时心脏的副交感神经活性会显著降低; 在恢复阶段, 心脏的副交感神经活性逐渐增强, 但是血流受限组会慢于常规运动组。

4.3 恒定负荷下 MOTomed Letto2 下肢血流受限运动对心率变异频域指标的影响 (表 4.3.1)

不同运动方案中, 2 组运动中 HF、LF 显著低于运动前安静水平 ($P < 0.01$), 恢复期 2 组的 HF、LF 显著升高 ($P < 0.05$) 但仍低于运动前安静状态; 常规运动过程中 LF/HF 与运动前和运动后相比无显著差异 (P

> 0.05), 但血流受限组运动中 LF/HF 与运动前相比显著增高 ($P < 0.01$); 恢复阶段 2 组 LF/HF 与运动前安静状态相比显著增高 ($P < 0.05$), 与运动过程中相比无显著差异 ($P > 0.05$)。

表明偏瘫患者在 MOTomed Letto2 下肢主动运动时, 心脏的交感神经和迷走神经的调控作用显著降低, 恢复阶段调控作用逐渐恢复; 当血流受限时进行 MOTomed Letto2 下肢主动运动, 心脏从交感神经和迷走神经平衡状态转为交感神经占主导, 恢复阶段仍然是心脏的交感神经兴奋性占主导地位, 表明在恢复阶段心脏交感神经、迷走神经活性尚未得到恢复, 未达到平衡状态, 说明进行 MOTomed Letto2 下肢血流受限运动后心脏的交感神经占主导, 会相对降低迷走神经的兴奋性, 并且可能需要更长的时间才能恢复到平衡状态。

4.4 恒定负荷下 MOTomed Letto2 下肢血流受限运动对过量氧耗 EPOC 指标的影响 (表 4.4.1)

表 4.4.1 恒定负荷下 MOTomed Letto2 下肢血流受限运动对对过量氧耗 EPOC 指标的影响

	常规主动运动 EPOC3)	血流受限主动运动 EPOC4)
运动前安静状态 (0-10min)	0.64 ± 0.272)	0.56 ± 0.242)
整个运动期间	22.48 ± 9.801)	25.92 ± 8.941)
运动后恢复期 (0-10min)	2.25 ± 1.155)	3.55 ± 1.555)

1) 与 2) 相比 $P < 0.01$; 3) 与 4) 相比 $P > 0.05$; 5) 与 1) 相比 $P < 0.01$; 5) 与 2) 相比 $P < 0.05$;

与安静状态相比, 2 组运动过程中 EPOC 均值显著增加 ($P < 0.01$); 下肢血流是否受限对整个过程同一期间的 EPOC 均值无显著性影响 ($P > 0.05$), 恢复阶段 2 组的 EPOC 均值显著低于运动过程 ($P < 0.01$), 但

表 4.5.1 2 组运动前后对应的 RPE 疲劳感觉及最大心率变化

	常规主动运动 3)		血流受限主动运动 4)	
	RPE	HRmax	RPE	HRmax
运动前安静状态 (0-10min)	6.00 ± 0.001)	92.50 ± 5.341)	6.00 ± 0.001)	89.89 ± 12.781)
整个运动期间	10.25 ± 1.38	147.75 ± 12.766)	12.00 ± 2.97	147.00 ± 9.136)
运动后恢复期 (0-10min)	12.12 ± 1.122)	129.62 ± 19.722) 5)	13.12 ± 2.412)	123.62 ± 20.292) 5)

1) 与 2) 相比 $P < 0.01$; 3) 与 4) 相比 $P > 0.05$; 5) 与 6) 相比 $P < 0.01$; 5) 与 1) 相比 $P < 0.01$

仍高于运动前安静状态 ($P < 0.05$)，表明对于偏瘫患者在进行 MOTomed Letto2 下肢运动时下肢血流是否受限其对应的运动负荷和运动强度相同，无显著性差异。

4.5 恒定负荷下 MOTomed Letto2 下肢运动与血流受限运动前后对应的 RPE 疲劳感觉及最大心率变化 (表 4.5.1)

与安静状态相比，运动过程中和运动后即刻 RPE 疲劳值以及 HRmax 均显著增加 ($P < 0.01$)；运动后恢复期 HRmax 有所恢复 ($P < 0.01$)，但仍高于安静水平 ($P < 0.01$)，但常规主动运动与血流受限主动运动相比整个过程 RPE 疲劳值无显著差异 ($P > 0.05$)，通过参考美国运动医学学会《ACSM 运动测试与运动处方指南》，中等强度对应 RPE 疲劳感觉为 12-13，表明该实验强度设计符合要求，运动强度为中等强度，并且运动负荷恒定。同时表明对于偏瘫患者在该强度下进行 MOTomed Letto2 下肢主动运动时下肢血流是否受限不会间接增加训练强度。

5 分析讨论

5.1 MOTomed Letto2 下肢血流受限运动对 HRV 的影响

5.1.1 MOTomed Letto2 下肢血流受限运动对 HR 的影响

心率 (HR) 能够综合地反映交感神经和迷走神经对窦房结调节的作用。正常人安静状态时，迷走神经兴奋性占优势，心率较低；运动过程中交感神经兴奋性提高，迷走神经兴奋性受到抑制，心率升高^[16]。

本研究中，在运动前安静状态，2 组受试者的心率基本一致，运动中心率快速升高。在恒定的负荷下受试者心率变化基本一致，这说明偏瘫患者在进行 MOTomed Letto2 下肢运动时下肢血流是否受限对心率的影响是一致的，表明 MOTomed Letto2 下肢运动的过程中下肢血流是否受限不会影响心脏交感神经的活性以及运动过程中心率升高的幅度。运动后心率的恢复

速度能够体现心血管机能的调节作用^[17,18]。

运动诱导机体在恢复期产生应答，通过无创技术监控 HRV 和 HRR 的变化，间接评定心脏自主神经功能^[7]。运动可使自主神经张力产生动态变化，并且交感神经保持激活状态，以及较低且稳定的迷走神经调节维持机体运动中及运动后的恢复^[7]。

5.1.2 MOTomed Letto2 下肢血流受限运动对 HRV 时域指标的影响

RMSSD 和 SDNN 能够反映自主神经系统对心脏功能调节的动态变化的强度与范围，能够直观地描述 HRV 状况^[19]。运动中，2 组受试者的 RMSSD 和 SDNN/HR 均显著降低，血流受限组的 SDNN 显著低于运动前安静状态，说明 MOTomed Letto2 下肢运动使偏瘫患者交感神经兴奋性提高，迷走神经兴奋性受到抑制，导致 HRV 降低，一定程度上受血流限制的影响。

安静时 2 组 SDNN 和 RMSSD 基本一致，而运动后 10min 2 组的 SDNN、RMSSD、SDNN/HR 指标变化基本一致，无显著差异。此外，在进行 MOTomed Letto2 下肢血流受限运动时，会导致偏瘫患者 SDNN/HR 指标在同一恢复期阶段 (0-10min) 的变化产生显著性差异虽有一定程度的恢复，但仍然与运动前安静状态存在差异，研究推测，恢复期心脏自主神经系统的应答可能一定程度受血流限制的影响，在 0-10min 过程中尚未得到恢复。

5.1.3 MOTomed Letto2 下肢血流受限运动对 HRV 频域指标的影响

LF/HF 能够反映交感神经和迷走神经的均衡性，LF/HF 增大表示交感神经兴奋，迷走神经抑制；

LF/HF 减小则反之^[13, 20, 21]。

本研究中，安静状态时 LF/HF 较小，说明迷走神经兴奋性占主导地位；MOTomed Letto2 运动过程中，2 组的 HF、LF 均升高，但血流受限组 LF/HF 均值显著高于运动前安静状态，而常规组无显著性变化，表明同

等强度下的同种运动, 偏瘫患者心脏的交感神经和副交感神经活性均增强, 但是二者均衡性会被打破, 当血流受限时, 交感神经兴奋性占主导地位。

恢复过程中, 2 组的 LF/HF 与运动过程中相比无显著差异, 表明恢复期 0-10min 期间交感神经、迷走神经活性尚未得到恢复;

MOTOmed Letto2 下肢运动中, 血流受限组受试者的 LF/HF 改变, 其平衡状态被打破, 交感神经占主导地位。

Pober 等^[22] 进行一次性运动实验, 结果发现运动后 24h, 迷走神经调节逐渐占主导, 交感神经活性被抑制。这可能与运动方式、运动强度、持续时间以及个体差异等有关。

本研究结果表明, 早期恢复阶段, 同等强度下 MOTOmed Letto2 下肢运动, 下肢血流是否受限不会影响偏瘫患者的心脏自主神经功能恢复, 而不同强度或更长恢复时间 ($\geq 20\text{min}$) 以及机体代谢变化等对恢复期自主神经功能的影响并不清楚, 有待进一步研究。

5.2 MOTOmed Letto2 下肢血流受限运动对血压的影响

心输出量和外周阻力之间的关系决定运动过程中收缩压的变化, 当心输出量增加和外周阻力降低的比例恰当时, 收缩压变化不大^[23]。然而, 本研究证明, 受试者在进行 MOTOmed Letto2 运动时收缩压显著升高, 同等强度下血流是否受限不会影响收缩压的变化趋势, 但是下肢血流受限时运动过程中收缩压和舒张压的变化会更明显并且恢复阶段 MOTOmed Letto2 下肢血流受限运动收缩压仍处于较高水平, 恢复较常规运动组慢, 因此建议患有高血压的人群不要做 MOTOmed Letto2 下肢血流受限运动。

本研究中 2 组运动过程中收缩压变化趋势一致, 而血流受限组的舒张压升高的更明显, 可能是因为血流受限后导致的外周血管阻力变大, 而导致的舒张压增高明显。而在运动后恢复阶段血流受限组的收缩压显著高于运动前安静状态, 而常规组无显著差异, 说明血流受限会导致偏瘫患者运动后恢复阶段每搏输出量的增加而导致收缩压的恢复速度减慢, 以及增大外周血管的阻力使得运动过程中舒张压增高更明显。说明恒定负荷下 MOTOmed Letto2 下肢运动, 血流是否受限对偏瘫患者血压的影响有一定的局限性, 其作用

主要体现在运动中的变化幅度和运动后的恢复速度方面。

6 结论

6.1 MOTOmed Letto2 下肢运动可以降低偏瘫患者的总体心率变异性, 血流受限运动在一定程度上会降低偏瘫患者心脏的副交感神经活性, 而且可能需要更长的时间才能恢复到平衡状态。

6.2 对于偏瘫患者 MOTOmed Letto2 下肢运动中下肢血流是否受限不会对运动负荷和运动强度造成影响

6.3 早期恢复阶段 (0-10min), 在同等强度下 MOTOmed Letto2 下肢运动, 下肢血流是否受限不会影响偏瘫患者心脏自主神经功能恢复速度

6.4 恒定负荷下 MOTOmed Letto2 下肢运动, 血流是否受限对偏瘫患者血压的影响有一定的局限性, 其作用主要体现在运动中的变化幅度和运动后的恢复速度方面。

参考文献:

- [1] 卢贝贝. 不同形式的血流受限结合抗阻运动对心脏及血管急性效应的探讨 [D]. 南京体育学院, 2016.
- [2] Yamanaka T, Farley R S, Caputo JL. Occlusion training increases muscular strength in division IA football players [J]. *J Strength Cond Res*, 2012, 26(9):2523-2529
- [3] Wernbom M, Paulsen G, Nilsen TS, Hisdal J, et al. Contractile function and sarcolemmal permeability after acute low-load resistance exercise with blood flow restriction [J]. *Eur J Appl Physiol*, 2012, 112(6):2051-2063.
- [4] Kubo K, Komuro T, Ishiguro N, et al. Effects of low-load resistance training with vascular occlusion on the mechanical properties of muscle and tendon [J]. *J Appl Biomech*, 2006, 22(2):112-119.
- [5] Takarada Y, Takazawa H, Sato Y, et al. Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans [J]. *J Appl Physiol*, 2000, 88(6):2097 - 2106.
- [6] 于文兵, 高丽丽, 李天义, 等. 三种力量训练方案对健康青年心脏自主神经功能的影响 [J]. *中国康复医学杂志*, 2017, 32(5):548-553.
- [7] Fisher JP, Young CN, Fadel PJ. Autonomic adjustments to exercise in humans [J]. *Compr*

Physiol,2015,5(2):475-512.

[8] 胡斐,王金之,黄佩玲,等.不同负重量站立30min对健康青年心脏自主神经功能的影响[J].中国应用生理学杂志,2017,33(2):193-196.

[9] 孙朋.有氧运动对中国人和美国白人心血管系统与自主神经功能的影响[D].上海:华东师范大学,2012.

[10] 刘雪兴,黄文英,肖娜.竞技健美操运动员递增负荷下HRV的影响因素分析[J].首都体育学院学报,2012,24(2):184-188.

[11] Sumi K, Suzuki S, Matsubara M, et al. Heart rate variability during high-intensity HIIEld exercise in female distance runners[J]. Scand J Med Sci Sports, 2006,16(5):314-320.

[12] 宋淑华,刘坚,高春刚,翟波宇.递增负荷运动对中长跑运动员心率变异性的影响[J].山东体育学院学报,2010,26(10):62-65.

[13] 朱晓梅,严政,刘凌,等.女子手球运动员力竭运动后HRV分析[J].体育与科学,2008,29(6):63-67.

[14] 中华神经科学会,中华神经外科学会.各类脑血管疾病诊断要点[J].中华神经科杂志,1996,29(6):379-380.

[15] 赵彦.下肢缺血伴振动训练对爆发力及平衡能力的影响[A].中国生理学会运动生理学专业委员会.2013年中国生理学会运动生理学专业委员会年会暨“运动与健康”学术研讨会论文摘要汇编[C].中国生理学会运动生理学专业委员会.,2013:1.

[16] 孙绪生.老年人练太极拳的心率变异性分析[J].体育学刊,2000,37(2):36-38.

[17] 万文君.利用心率变化科学设计监控和评价体育锻炼[J].广州体育学院学报,2003,23(3):35-37.

[18] 刘传勤,王庆福,边万忠.我国优秀攀岩速度赛运动员赛前血乳酸与心率变化特征研究[J],2011,30(5):69-71,90.

[19] 高新友,任超学,马丽君,等.男子散打运动员递增负荷运动前后心率变异性的实验研究[J].2007年运动生理学大会论文,2007:188-193.

[20] 朱晓梅,严政,刘凌,等.女子手球运动员力竭运动后HRV分析[J].体育与科学,2008,29(6):63-65.

[21] 王步青,王卫东.心率变异性分析方法的研究进展[J].北京生物医学工程,2007,26(5):551-554.

[22] Pober DM, Braun B, Freedson PS. Effects of a single bout of exercise on resting heart rate variability[J]. Med Sci Sports Exerc, 2004,36(7):1140-8.

[23] 王瑞元.运动生理学[M].北京:人民体育出版社,2002.

作者简介:

于晓东(1996-),男,汉族,山东平度人,本科,南京明基医院,主要研究方向运动康复。

杨莉(1989-),女,汉族,江苏徐州人,硕士,南京明基医院,主管技师,主要研究方向神经康复。