

连续波中频电疗对伊犁马 1 200 m 速度赛后 血气指标的影响

高晨霞¹, 孟军^{1,2}, 吕燕³, 曾亚琦^{1,2}, 王川坤¹,

麦迪娜姆·布力布力¹, 胡泽旭¹, 艾力卡木·阿比来提¹, 姚新奎^{1,2}

(1. 新疆农业大学动物科学学院, 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆马繁育与运动生理重点实验室/

新疆农业大学马产业研究院, 乌鲁木齐 830052; 3. 昭苏县畜牧发展中心, 新疆昭苏 835600)

摘要:【目的】研究连续波中频电疗对伊犁马赛后疲劳恢复的影响, 分析对伊犁马运动后血气指标的变化规律, 为伊犁马赛后疲劳恢复提供数据支撑。【方法】10 匹伊犁马测试赛后, 分别以 1, 1.5, 2 mA 的中频电疗对马匹赛后疲劳恢复。7 d 为 1 个周期, 每个周期的第 7 d 对赛前、赛后即刻、赛后 30 min 进行血液样本采集, 统计分析血气指标数据, 研究不同电疗强度对伊犁马赛后疲劳恢复的效果。【结果】4 个试验组测试赛后, pH、PCO₂、cSO₂、Ca²⁺、Glu、Crea 各组间存在差异性。pH 中频电疗 2 mA 组显著低于未处理组 ($P < 0.05$); PCO₂ 中频电疗 2 mA 组显著高于未处理组 ($P < 0.05$); cSO₂ 中频电疗 1.5 mA 组显著低于未处理组 ($P < 0.05$); Ca²⁺ 中频电疗 1.5 mA 组极显著高于中频电疗 2 mA 组 ($P < 0.01$), 显著高于未处理组 ($P < 0.05$); Glu 中频电疗 2 mA 组极显著高于中频电疗 1 mA 组, 中频电疗 1.5 mA 组和未处理组 ($P < 0.01$); Crea 中频电疗 1 mA 组极显著低于中频电疗 2 mA 组 ($P < 0.01$), 显著低于未处理组 ($P < 0.05$), 中频电疗 2 mA 组显著高于中频电疗 1.5 mA 组 ($P < 0.05$)。【结论】电疗强度 1.5 mA 对 Ca²⁺ 和 Crea 的调节能力较强, 可作为马匹赛后疲劳恢复的一种方法。

关键词: 中频电疗; 伊犁马; 赛后恢复; 血气指标

中图分类号: S821.9

文献标识码: A

文章编号: 1001-4330(2022)11-2808-07

0 引言

【研究意义】中频电疗法是一种常用的物理疗法^[1,2], 能刺激神经、肌肉, 兴奋机体组织^[3], 改善机体的痉挛问题, 强化肌肉收缩阈, 增强肌肉的收缩功能^[4], 与电针相比, 减少对机体的损伤, 具有更好的应用价值。临床上, 电刺激增加肌肉血流量, 促进代谢物清除或刺激传入纤维, 具有良好的镇痛效果, 减少肌肉酸痛, 恢复神经肌肉特性, 帮助恢复运动表现^[5]。运动性疲劳是运动训练中不可避免的现象, 是制约训练效果的重要因素之一^[6]。研究马匹赛后疲劳恢复的方法有助于

提高马匹的竞技状态, 同时对马匹的健康监测具有重要意义^[7]。【前人研究进展】电脑化中频电疗仪可以替代人工按摩治疗因运动产生的肌肉损伤^[8], 促进血液循环, 作用于肌肉时, 引起肌肉被动收缩, 肌力增强, 在连续性比赛时, 提高疲劳恢复的速度^[9]。电疗还能通过提高腺垂体甲硫氨酸脑啡肽水平达到镇痛效果^[10,11], 抑制交感神经系统的活动, 导致血管舒张, 清除有害物质^[12]。【本研究切入点】国内外关于中频电疗的使用主要集中在人类的炎症、痉挛治疗等方面, 在马的疲劳恢复上研究较少。需研究将中频电疗运用到马匹的赛后疲劳恢复中, 分析过程中血气指标的变

收稿日期(Received): 2022-01-11

基金项目: 新疆维吾尔自治区重大科技专项(2022A02007-1); 自治区创新环境(人才、基地)建设专项(PT2220); 新疆伊犁马产业集群项目(2022xjmlt-z-02)

作者简介: 高晨霞(1997-), 女, 新疆石河子人, 硕士研究生, 研究方向为动物生产学, (E-mail) 1565375037@qq.com

通信作者: 孟军(1986-), 男, 江苏盐城人, 副教授, 博士, 研究方向为动物生产学, (E-mail) junm86@qq.com

化规律。【拟解决的关键问题】检测伊犁马比赛前后血气指标,分析不同强度中频电疗处理后的作用效果,通过血气指标的变化规律,研究不同强度中频电疗对马匹血气指标的影响,探寻中频电疗促进赛后疲劳恢复的最佳方法。运用科学有效的方法缓解运动后马匹疲劳,避免运动性损伤,为伊犁马赛后恢复提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 马匹

试验动物选自伊犁哈萨克自治州昭苏县赛马场年龄 3 岁、体况相近、具有丰富短途赛经验的伊犁马 10 匹,试验期间所有马匹进行统一饲养,集中化管理。

1.1.2 设备

I-stat 300 便携式血气分析仪和相对应的试片,1 mL 无菌注射器,仙鹤电针仪 HJ-200(连续波),频率 1-150 HZ,输出功率 6 VA+贴片,AXTD5 离心机,5 mL 采血管(含采血针)。

1.2 方法

1.2.1 试验设计

选取 10 匹伊犁马进行 4 个阶段性试验,每个阶段 7 d,每阶段试验结束后休息 4 d。第 1 阶段马匹不做处理,经过 1 200 m 训练后,不经过任何治疗,自然恢复。其他阶段,分别采用连续波中频电疗 1、1.5、2 mA 刺激马匹百汇穴(1 对)、肾俞穴(1 对)30 min,分别为电疗 1 组、电疗 2 组、电疗 3 组。

1.2.2 指标测定

每个阶段结束后举办测试赛,马匹在测试赛前、赛后即刻、赛后 30 min 进行 3 次静脉采血。每次采血 10 mL,注射器取 1 mL 血样滴入便携式血气分析仪试片,测定其各项血气指标。测得的血气指标有 pH、二氧化碳分压 PCO_2 、氧分压 PO_2 、 $cHCO_3^-$ 、二氧化碳总量 $cTCO_2$ 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 、红细胞比容 Hct、cHgb、细胞外液剩余碱 BE(ecf)、全血剩余碱 BE(b)、血氧饱和度 cSO_2 、血糖 Glu、肌酐 Crea。

1.3 数据处理

用 Excel 表进行数据的初步处理。试验数据

采用 SPSS 22.0 统计软件的 ANOVA 进行多因素方差分析,差异显著用 Duncan's 法进行事后多重比较,结果用平均值(\bar{X})表示, $P < 0.05$ 为差异显著水平, $P < 0.01$ 为差异极显著水平。

2 结果与分析

2.1 伊犁马 1 200 m 不同电疗强度处理的马匹静脉血中酸碱平衡和气体交换指标的变化

研究表明,pH 电疗 3 组显著低于未处理组($P < 0.05$),其余各组之间差异不显著($P > 0.05$);随电疗强度增加, PCO_2 呈先降低后升高的趋势,电疗 3 组显著高于未处理组($P < 0.05$),其余各组之间差异不显著($P > 0.05$);随电疗强度增加, PO_2 、 $cTCO_2$ 和 cSO_2 呈先降低再升高的趋势,而 $cHCO_3^-$ 则一直在减少, PO_2 、 $cHCO_3^-$ 、 $cTCO_2$ 各组之间差异不显著($P > 0.05$); cSO_2 电疗 2 组显著低于未处理组($P < 0.05$),电疗 1 组和 3 组与其他组之间差异不显著($P > 0.05$);随强度增加,BE(ecf)均呈先升高再降低的趋势,而 BE(b)则一直降低,BE(b)和 BE(ecf)各组之间差异不显著($P > 0.05$)。表 1

2.2 伊犁马 1 200 m 不同电疗强度处理的马匹静脉血中 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 的变化

研究表明, Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 各组之间差异不显著($P > 0.05$),随电疗强度的增加, Na^+ 和 Ca^{2+} 呈先升高后降低的趋势, K^+ 、 Cl^- 则逐渐升高; Cl^- 在电疗 3 组达到最低值; Ca^{2+} 电疗 2 组极显著高于电疗 3 组($P < 0.01$),显著高于未处理组($P < 0.05$)。表 2

2.3 伊犁马 1 200 m 不同电疗强度处理的马匹静脉血中 Hct、cHgb、Glu 的变化

研究表明,Hct、cHgb 之间不存在显著性($P > 0.05$),但随电疗强度的增加,Hct、cHgb 先升高再降低,Glu 和 Crea 则一直升高,Glu 电疗 3 组极显著高于电疗 1、2 组和未处理组($P < 0.01$);Crea 电疗 3 组极显著高于电疗 1 组($P < 0.01$),显著高于电疗 2 组($P < 0.05$),电疗 1 组显著低于未处理组($P < 0.05$)。表 3

表 1 不同强度处理的马匹静脉血中酸碱平衡和气体交换指标的变化

Table 1 Changes of acid – base balance and gas exchange indices in venous blood of horses treated with different intensities

指标 Index	未处理组 Unhandled group	电疗 1 组 Electro therapy group 1	电疗 2 组 Electro therapy group 2	电疗 3 组 Electro therapy group 3	标准误 SE	P 值 P – value		
						电疗强度 Electrotherapy intensity	不同时间 Different times	电疗强度 × 不同时间 Electrotherapy intensity × Different times
pH	7.37 ^a	7.32 ^{ab}	7.33 ^{ab}	7.3 ^b	0.02	0.081	<0.001	0.523
PCO ₂ (mmHg)	37.65 ^b	40.29 ^{ab}	39.74 ^{ab}	40.6 ^a	0.928	0.115	<0.001	0.6
PO ₂ (mmHg)	45.24	43.84	41.81	43.89	1.435	0.412	<0.001	0.331
cHCO ₃ ⁻ (mmHg)	22.58	22.45	22.57	21.92	0.85	0.94	<0.001	0.902
cTCO ₂	23.74	25.16	23.78	23.18	0.848	0.403	<0.001	0.162
cSO ₂ (%)	77.29 ^a	74.69 ^{ab}	72.34 ^b	72.57 ^{ab}	1.594	0.11	<0.001	0.917
BE(ecf) (mmol/L)	-2.71	-3.58	-3.29	-4.58	1.132	0.697	<0.001	0.835
BE(b) (mmol/L)	-2.39	-1.63	-3.27	-4.71	1.059	0.205	<0.001	0.075

注:同列上标大写字母不同表示差异性极显著($P < 0.01$);小写字母不同表示差异性显著($P < 0.05$);相同字母或无字母表示差异不显著($P > 0.05$),下同

Note: In the same column, different superscripts in capital letters indicate extremely significant difference ($P < 0.01$); different lowercase letters indicate significant difference ($P < 0.05$); the same letters or no letters indicate no significant difference ($P > 0.05$), The same as below

表 2 不同强度处理的马匹静脉血中 Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Cl⁻ 的变化Table 2 Changes in Na⁺, K⁺, Ca²⁺, and Cl⁻ in the venous blood of horses treated with different intensities

指标 Index	未处理组 Unhandled group	电疗 1 组 Electro therapy group 1	电疗 2 组 Electro therapy group 2	电疗 3 组 Electro therapy group 3	标准误 SE	P 值 P – value		
						电疗强度 Electrotherapy intensity	不同时间 Different times	电疗强度 × 不同时间 Electrotherapy intensity × Different times
Na ⁺	138.48	139.10	131.86	139.10	2.94	0.24	0.01	0.20
K ⁺	4.07	3.82	3.90	3.99	0.15	0.64	0.16	0.66
Ca ²⁺	1.55 ^{ABb}	1.59 ^{ABab}	1.63 ^{Aa}	1.54 ^{Bb}	0.02	0.02	<0.001	0.28
Cl ⁻	98.71	99.81	99.86	100.10	0.60	0.37	<0.001	0.21

表 3 不同强度处理的马匹静脉血中 Hct、cHgb、Glu、Crea 的变化

Table 3 Changes in Hct, cHgb, Glu, and Crea in the venous blood of horses treated with different intensities

指标 Index	未处理组 Unhandled group	电疗 1 组 Electro therapy group 1	电疗 2 组 Electro therapy group 2	电疗 3 组 Electro therapy group 3	标准误 SE	P 值 P – value		
						电疗强度 Electrotherapy intensity	不同时间 Different times	电疗强度 × 不同时间 Electrotherapy intensity × Different times
Hct (%)	45.86	44.52	46.24	43.62	1.754	0.7	<0.001	0.868
cHgb (g/dL)	15.53	15.11	15.70	14.83	0.595	0.722	<0.001	0.866
Glu (mg/dL)	132.86 ^{Bb}	133.43 ^{Bb}	136.52 ^{Bb}	167.38 ^{Aa}	5.074	<0.001	<0.001	0.001
Crea (mg/dL)	1.22 ^{ABab}	1.03 ^{Bc}	1.10 ^{ABbc}	1.29 ^{Aa}	0.049	0.002	0.023	0.011

3 讨论

3.1 伊犁马 1 200 m 测试赛不同电疗强度对静脉血中 pH、PCO₂、PO₂、cHCO₃⁻、cTCO₂、cSO₂ 影响

静脉血 pH 是判断机体酸碱平衡的标志。Hinchcliff 等^[13]在研究指出,马匹的正常 pH 值范围 7.35 ~ 7.48。当 pH 值较低时,机体处于偏酸的环境中,长时间超出 pH 值的范围,会造成酸碱失衡^[14]。马匹运动过程中,机体因无氧酵解大量产生乳酸,运动后进行电疗,可加快血液中乳酸的清除率^[15],导致血乳酸含量降低,血液中 H⁺ 含量随之降低,pH 则升高。试验结果表明,电疗 3 组的 pH 值显著低于未处理组,但不同电疗强度和未处理组的 pH 值,在短途运动后,基本恢复到运动前水平,处于正常范围内,电疗并未导致机体酸碱平衡失调。HCO₃⁻ 是用来中和由乳酸产生的大量 H⁺^[16],剩余碱(BE)是指在标准条件下一升血液滴定至 pH 值为 7.4 时所需的滴定酸或碱的量^[17]。试验中发现经过电疗后,电疗 1,2,3 组的 HCO₃⁻ 和 BE 与未处理组之间差异不显著,而 Clayton^[18] 研究发现 pH 值与 HCO₃⁻ 浓度和 BE 值具有高度相关性,对体内酸碱平衡具有调节作用。血液中的 CO₂ 主要来源于组织细胞内有机代谢的终产物,通过血液运输到肺,再经肺换气后排出体外^[17]。通常动脉血中 tCO₂ 保持相对稳定水平(23 ~ 27 mmol/L),当出现过度通气,则可使动脉血的 tCO₂ 和 PCO₂ 下降^[19]。试验中电疗 1 组的 tCO₂ 值高于其他各组,电疗 3 组的 PCO₂ 显著高于未处理组,电疗 3 组的疲劳恢复效果更接近于初始状态。

3.2 伊犁马 1 200 m 测试赛不同电疗强度对静脉血中 Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Cl⁻ 的影响

Na⁺、K⁺ 主要与细胞内液、外液的渗透压有关,静息状态下,大多数的 Na⁺ 存在于细胞外液,K⁺ 存在于细胞内液^[20]。运动过程中,因渗透压增加,血流量减少,细胞内液中的 Na⁺ 增加^[21],经处理后,Na⁺ 基本恢复到赛前水平,如试验中所述,各组间差异不显著,但电疗 1 组和电疗 3 组的 Na⁺ 相对未处理组偏高,可能是马匹因电疗导致血管内压力增大,Na⁺ 向细胞内流动的速度减慢。同时,运动后由于通道开放和 Na⁺ - K⁺ 泵原因导致 K⁺ 先升高后降低,电疗后,电疗 1,2,3 组的

K⁺ 相对未处理组,更接近赛前水平,电疗减少了 K⁺ 的恢复时间。未处理组的 K⁺ 相对较高,可能是运动造成了机械损伤,肌细胞膜的通透性增加^[22]。Cl⁻ 在维持血浆渗透压、酸碱度及神经肌肉的正常兴奋性等方面起重要作用^[23]。试验发现未处理组的 Cl⁻ 含量最低,随电疗强度增加,电疗 1,2,3 组 Cl⁻ 浓度逐渐升高,可能是运动结束后,大多数扩散到静脉循环的二氧化碳以碳酸氢盐的形式通过碳酸酐酶的催化机制进入红细胞,由 Cl⁻ 进行血浆和红细胞隔间之间的交换,碳酸氢盐流入红细胞和 Cl⁻ 流出到血浆^[19]。经处理后,试验各组之间差异不显著,Cl⁻ 恢复到正常水平。Ca²⁺ 的吸收和摄取与肌肉的收缩和放松有关。运动后,肌肉中的疲劳是直接作用于肌浆网钙和线粒体钙。线粒体通过内部和外部运输调节 Ca²⁺,并通过 Ca²⁺ - ATP 酶水解产生的能量将细胞质中的 Ca²⁺ 转运到线粒体中。骨骼肌线粒体对 Ca²⁺ 的摄取受到细胞质中 Ca²⁺ 含量的影响。运动后,细胞质中 Ca²⁺ 增加刺激 Ca²⁺ - ATP 酶水解释放能量,线粒体积极摄取 Ca²⁺,减少细胞质中 Ca²⁺ 的增加,引起肌肉损伤^[24]。而经过电疗后电疗 1 组和电疗 2 组的 Ca²⁺ 比未处理组高,Seyri K M^[5] 研究表明神经肌肉电刺激可以通过增加肌肉的血流量,促进代谢物的清除,减少肌肉的酸痛,达到阵痛的作用。同时,提高 Ca²⁺ - ATP 酶的活性,增强 Ca²⁺ 通过线粒体的运输,保护骨骼肌^[24]。而电疗 3 组的 Ca²⁺ 与未处理组之间没有差异性,有研究表明更高的强度会导致更强的肌肉收缩,但也会导致更大的力量下降,导致肌肉快速疲劳^[25]。

3.3 伊犁马 1 200 m 测试赛不同电疗强度对静脉血中 Hct、cHgb、Glu、Crea 的影响

Hb 是红细胞内的一种重要蛋白质,对 O₂ 和 CO₂ 具有运输作用^[26],对血液中的酸碱度具有缓冲作用。一般来说 Hb 和 Hct 的值越高,其携氧能力和蛋白质的营养状况越好^[27]。力竭运动时,血液因缺氧状态导致较多红细胞进入循环血,提高循环血中的 Hb 浓度,血液的运氧能力得以提升,氧气与血红蛋白结合能力增强。大强度训练后机体产生疲劳,疲劳导致 Hct、Hb 水平升高^[28]。Hwang S Y^[26] 发现经电疗后,其 Hb 的含量相对未进行电疗后的含量会降低,与此次试验的结果一

致,电疗 1 组和电疗 3 组的 Hb 和 Hct 比未处理组低,说明电疗 1 组和电疗 3 组对疲劳恢复有效果,电疗 2 组 Hct、Hb 比未处理组高,可能是马匹因饲草料供应不足,未及时补充营养物质,导致机体代谢紊乱。大强度运动后,体内能源物质大量消耗,葡萄糖作为肌肉活动时能量的主要来源,其含量大量减少^[29]。研究发现中频脉冲电流经皮刺激运动性疲劳士兵肝区可增加其血糖含量^[15],补充体内能源物质,缓解疲劳。试验研究结果发现,电疗各组显著提高了 Glu 的含量。肌肉每天将大约 1%~2% 的肌酸转化为肌酐,肌酐是一种来源于肌肉的蛋白质分解产物,通过肾脏从体内排出。肌酐的水平表示肾功能的水平,肌酐升高表明肾虚^[30]。运动时,由于体内失水,导致血液浓缩,肾血流量减少,会出现肌酐升高^[31]。经电疗后,逐渐恢复到正常值,研究表明电刺激可以降低肌酐的含量。试验结果表明,电疗 1 组和电疗 2 组低于未处理组,电疗 3 组肌酐含量高于未处理组,可能是电疗后期,强度逐渐增大,机体对刺激的反应增强,导致出汗量增加,血液浓缩,肌酐的恢复速度减慢。

4 结论

对伊犁马 1 200 m 赛后进行不同强度中频电疗,电疗对 PO_2 、 $cHCO_3^-$ 、 $cTCO_2$ 差异不显著,pH、 cSO_2 电疗 1 组,电疗 2 组和电疗 3 组低于未处理;随电疗强度的增加, Na^+ 和 Ca^{2+} 先升高后降低, K^+ 、 Cl^- 逐渐升高, Ca^{2+} 电疗 2 组显著高于未处理组;Hct、cHgb 差异不显著,Glu 电疗 3 组极显著高于电疗 1,2 组和未处理组,Crea 电疗 1 组显著低于未处理组。马匹在经过电疗恢复后,能快速调节体内的酸碱平衡,改善肌肉收缩与舒张的频率,减少肾脏功能的损害,电疗强度 1.5 mA 组对马匹疲劳恢复效果更好。

参考文献 (References)

- [1] 王均霜. 观察低中频电疗仪对膝骨性关节炎的镇痛效果 [J]. 临床医药文献电子杂志, 2019, 85(6): 49.
WANG Junshuang. Observation of the analgesic effect of low and medium frequency electrotherapy apparatus on knee osteoarthritis [J]. *Electronic Journal of Clinical Medicine Literature*, 2019, 85(6): 49.
- [2] 王丹. 中频电疗仪联合改进式护理在胃溃疡患者中的护理效果 [J]. 医疗装备, 2019, 32(17): 190-191.

- WANG Dan. Nursing effect of intermediate frequency electrotherapy apparatus combined with improved nursing in patients with gastric ulcer [J]. *Medical Equipment*, 2019, 32(17): 190-191.
- [3] 韩晓晨. 蜡疗联合肢体功能被动训练与痉挛肌电疗治疗痉挛型脑瘫随机平行对照研究 [J]. 实用中医内科杂志, 2018, 32(11): 53-56.
HAN Xiaochen. Randomized parallel control study of wax therapy combined with passive training of limb function and spastic myotherapy in the treatment of spastic cerebral palsy [J]. *Journal of Practical Chinese Medicine*, 2018, 32(11): 53-56.
- [4] 景杰, 李安民, 张志文, 等. 中频电疗对高血压脑出血后肢体痉挛性肌张力增高改善的观察 [J]. 临床军医杂志, 2011, 39(2): 400.
JING Jie, LI Anmin, ZHANG Zhiwen, et al. Observation on the improvement of spastic muscle tone of limbs after hypertensive intracerebral hemorrhage by medium frequency electrotherapy [J]. *Journal of Clinical Military Medicine*, 2011, 39(2): 400.
- [5] Seyri K M, Maffiuletti N A. Effect of electromyostimulation training on muscle strength and sports performance [J]. *Strength and Conditioning Journal*, 2011, 33(1): 70-75.
- [6] Powers S K, Deruisseau K C, Quindry J, et al. Dietary antioxidants and exercise [J]. *Journal of Sports Sciences*, 2004, 22(1): 81-94.
- [7] 姜琪, 刘俊一. 不同组合恢复手段对长距离速度滑冰运动员疲劳恢复的影响 [C]. 中国体育科学学会. 第十一届全国体育科学大会论文摘要汇编. 南京: 南京体育大学, 2019.
JIANG Qi, LIU Junyi. Effects of different combination recovery methods on fatigue recovery of long-distance speed skaters [C]. Chinese Society of Sports Science. Collection of Abstracts of Papers of the 11th National Sports Science Conference. Nanjing: Nanjing Sports University, 2019.
- [8] 郑锡明, 马立群. 电脑化中频电疗仪在消除疲劳和治疗运动损伤中的应用 [J]. 辽宁体育科技, 1995, (4): 35-36.
ZHENG Ximing, MA Liqun. Application of computerized medium frequency electrotherapy apparatus in eliminating fatigue and treating sports injury [J]. *Liaoning Sports Technology*, 1995, (4): 35-36.
- [9] 王文新, 尹明玉, 姚立静, 等. 超短波、中频脉冲、半导体激光综合物理疗法治疗急性腰部扭伤的疗效观察 [J]. 中国实用医药, 2014, 9(35): 72-73.
WANG Wenxin, YIN Mingyu, YAO Lijin, et al. Observation of curative effect of ultrashort wave, intermediate frequency pulse and semiconductor laser comprehensive physical therapy in the treatment of acute lumbar sprain [J]. *Chinese Practical Medicine*, 2014, 9(35): 72-73.
- [10] Baocong D, Wei D, Dong J, et al. Pain-relieving effect of ultrasound-medium frequency electrotherapy and changes of enkephalin in rats [J]. *Chinese Journal of Tissue Engineering Re-*

- search, 2006, 10(6): 182 - 184.
- [11] Weber M D, Servedio F J, Woodall W R. The effects of three modalities on delayed onset muscle soreness [J]. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 1994, 20(5): 236 - 242.
- [12] Taylor K, Newton R A, Personius W J, et al. Effects of interferential current stimulation for treatment of subjects with recurrent jaw pain [J]. *Physical Therapy*, 1987, 67(3): 346 - 350.
- [13] Hinchcliff K W, Kaneps A J, Geor R J. *Equine exercise physiology: the science of exercise in the athletic horse* [M]. Amsterdam: Elsevier Health Sciences, 2008, 2 - 8.
- [14] Bentley D J, McNaughton L R, Thompson D, et al. Peak power output, the lactate threshold, and time trial performance in cyclists [J]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2001, 33(12): 2077 - 2081.
- [15] 常祺, 戴朋乙, 朱履刚, 等. 中频脉冲肝脏电刺激治疗仪缓解运动性疲劳的效果试验[J]. *实用医药杂志*, 2014, (11): 26 - 28.
- CHANG Qi, DAI Pengyi, ZHU Lvqiang, et al. Experiment on the effect of medium frequency pulsed liver electrical stimulation therapy instrument in relieving exercise - induced fatigue [J]. *Journal of Practical Medicine*, 2014, (11): 26 - 28.
- [16] 何伟, 王绵珍, 王治明. 两种强度运动后的血气指标变化及其与血浆 K^+ 浓度和 pH 值的关系[J]. *四川大学学报(医学版)*, 2005, 36(5): 747 - 748.
- HE Wei, WANG Mianzhen, WANG Zhiming. Changes of blood gas indexes after two kinds of intensity exercise and their relationship with plasma K^+ concentration and pH value [J]. *Journal of Sichuan University (Medical Edition)*, 2005, 36(5): 747 - 748.
- [17] 杨小英, 龙江, 蒙子卿. 10 名篮球运动员比赛前后血气分析[J]. *体育科技*, 1997, (22): 21 - 22.
- YANG Xiaoying, LONG Jiang, MENG Ziqing. Blood gas analysis of 10 basketball players before and after the game [J]. *Sports Technology*, 1997, (22): 21 - 22.
- [18] Clayton H M. Conditioning sport horses sport horse publications [J]. *Saskatoon, Saskatchewan, Canada*, 1992, 12(2): 121 - 122.
- [19] Carlson G. Interrelationships between fluid, electrolyte and acid - base balance during maximal exercise [J]. *Equine Veterinary Journal*, 1995, 27(S18): 261 - 265.
- [20] 王哲, 姜玉富. *兽医诊断学* [M]. 北京: 高等教育出版社, 2010, 126 - 128.
- WANG Zhe, JIANG Yufu. *Veterinary Diagnostics* [M]. Beijing: Higher Education Press, 2010, 126 - 128.
- [21] 孟军, 刘志安, 文立, 等. 伊犁马 1 000 m 速步训练赛各阶段静脉血中血气指标变化研究 [J]. *中国畜牧兽医*, 2014, 41(11): 139 - 143.
- MENG Jun, LIU Zhian, LI Wen, et al. Study on changes of blood gas indexes in venous blood in each stage of Yili horse 1000 m speed walking training competition [J]. *Chinese Animal Husbandry and Veterinarian*, 2014, 41(11): 139 - 143.
- [22] Hovind H, Nielsen S. Effect of massage on blood flow in skeletal muscle [J]. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 1974, 6(2): 74 - 77.
- [23] 曹志发. *新编运动生理学* [M]. 北京: 人民体育出版社, 2004, 219 - 220.
- CAO Zhifa. *New Exercise Physiology* [M]. Beijing: People's Sports Press, 2004, 219 - 220.
- [24] Wei Q - B, Zhao Q, Gu J, et al. Effect of massage before or after exercise on delayed - onset muscle soreness in a rat model [J]. *Researchsquare* 2020, 10(1): 3 - 9.
- [25] Dreibati B, Lavet C, Pinti A, et al. Influence of electrical stimulation frequency on skeletal muscle force and fatigue [J]. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 2010, 53(4): 266 - 277.
- [26] Hwang S Y, Kim D K, Son C S, et al. The effect of sports massage on physical fatigue after exercise [J]. *Korean Journal of Clinical Laboratory Science*, 2004, 36(2): 252 - 257.
- [27] 朱旦, 刘北忠, 邓一平, 等. 重竞技运动员赛前 RBC、Hct、Hb、CK 及 SOD 的动态监测 [J]. *实用临床医学(江西)*, 2003, 4(4): 3.
- ZHU Dan, LIU Beizhong, DENG Yiping, et al. Dynamic monitoring of RBC, Hct, Hb, CK and SOD in heavy competitive athletes before competition [J]. *Practical Clinical Medicine (Jiangxi)*, 2003, 4(4): 3.
- [28] Şentürk U M K, Gündü Z F, Kuru O, et al. Exercise - induced oxidative stress affects erythrocytes in sedentary rats but not exercise - trained rats [J]. *Journal of Applied Physiology*, 2001, 91(5): 1999 - 2004.
- [29] Nishida Y, Tokuyama K, Nagasaka S, et al. Effect of moderate exercise training on peripheral glucose effectiveness, insulin sensitivity, and endogenous glucose production in healthy humans estimated by a two - compartment - labeled minimal model [J]. *Diabetes*, 2004, 53(2): 315 - 320.
- [30] Kovács P. *Assessing the effects of training with electrical muscle stimulation* [D]. Budapest: Semmelweis University, 2012.
- [31] Silva A, Santhiago V, Papoti M, et al. Psychological, biochemical and physiological responses of Brazilian soccer players during a training program [J]. *Science & Sports*, 2008, 23(2): 66 - 72.

Effect of Continuous Wave Medium Frequency Electrotherapy on Blood Gas Index of Yili Horse after 1,200 M Speed Competition

GAO Chenxia¹, MENG Jun^{1,2}, LV Yan³, ZENG Yaqi^{1,2}, WANG Chuankun¹,

Maidinamu Bulibuli¹, HU Zexu¹, Ailikamu Abilaiti¹, YAO Xinkui^{1,2}

(1. College of Animal Science, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China; 2. Research Institute of Horse Industry, Xinjiang Agricultural University / Xinjiang Key Laboratory of Equine Breeding and Exercise Physiology, Urumqi 830052, China; 3. Animal Husbandry and Veterinary Medicine Development Center of Zhaosu County, Zhaosu Xinjiang 835600, China)

Abstract: **[Objective]** To study the effect of continuous wave intermediate frequency electrotherapy on the fatigue recovery after the Yili horse race, analyze the changes of blood gas indexes after the Yili horse exercise in the hope of providing data support for the fatigue recovery after races. **[Methods]** After the test of 10 Yili horses, 1, 1.5, 2 mA were used to recover the horses from fatigue after the race. 7 days was taken as a cycle. On the 7th day of each cycle, blood samples were collected before the game, immediately after the game, and 30 minutes after the game, and the blood gas index data were statistically analyzed to study the effects of different electrotherapy intensities on the fatigue recovery after the Yili marathon. **[Results]** After the four test groups were tested, differences were found among the pH, PCO₂, cSO₂, Ca²⁺, Glu and Crea groups. The pH intermediate frequency electrotherapy 2 mA group was significantly lower than that of the untreated group ($P < 0.05$); the PCO₂ intermediate frequency electrotherapy 2 mA group was significantly higher than that of the untreated group ($P < 0.05$); the cSO₂ intermediate frequency electrotherapy 1.5 mA group was significantly lower than that of the untreated group ($P < 0.05$); Ca²⁺ intermediate frequency electrotherapy 1.5 mA group was extremely significantly higher than that of intermediate frequency electrotherapy 2 mA group ($P < 0.01$), significantly higher than that of the untreated group ($P < 0.05$); Glu intermediate frequency electrotherapy 2 mA group was extremely significantly higher than those of intermediate frequency electrotherapy 1 mA group, intermediate frequency electrotherapy 1.5 mA group and untreated group ($P < 0.01$); Crea intermediate frequency electrotherapy 1 mA group was significantly lower than that of intermediate frequency electrotherapy 2 mA group ($P < 0.01$), and significantly lower than that of untreated group ($P < 0.05$), The 2 mA group of intermediate frequency electrotherapy was significantly higher than that of the 1.5 mA group of intermediate frequency electrotherapy ($P < 0.05$). **[Conclusion]** The comprehensive test results found that the electrotherapy intensity 1.5 mA has a strong ability to regulate Ca²⁺ and Crea, which can be used as a way for horses to recover from fatigue after a race.

Key words: medium frequency electrotherapy; Yili horse; post game recovery; blood gas index

Fund project: Major science and technology projects of Xinjiang Uygur Autonomous Region (2022A02007-1); The Innovation Environment (Talent, Base) Construction Project of Xinjiang Uygur Autonomous Region (PT2220); Xinjiang Yili Horse Industry Cluster Project (2022xjmlt-z-02)

Correspondence author: MENG Jun (1986-), male, Jiangsu, Yancheng, associate professor, Research direction is equine science, (E-mail) junm86@qq.com