

兔骨骼肌肌力与电刺激强度的相关性研究*

中国中医研究院骨伤科研究所 (北京 100700)

王柯慧 钟红刚 李文荣 程爱华

【摘要】 目的 为得到电刺激强度与骨骼肌肌力之间的关系。**方法** 应用扣带式肌力传感器及电生理仪对 12 只兔小腿三头肌肌张力进行测定。**结果** 在 3~10mA 的电流强度范围内,肌力随刺激方波宽的增加而加大,10mA,2ms 时为最大 ($1.757 \pm 2.165\text{kg}$);刺激量为 3~50V 电压范围内,肌力大小同样依赖于波宽宽度,波宽 2ms 时达最大 ($1.750 \pm 0.808\text{kg}$)。**结论** 为得到某肌张力应在有效的范围内选择电刺激参数。非负重状态兔三头肌最大肌张力近似于其本身体重。

【关键词】 骨骼肌 肌张力 电刺激

Experimental Study on the Correlation between the Skeletal Muscle Tension and the Intensity of Electric Stimulus in Rabbits Institute of Orthopaedics and Traumatology, China Academy of Traditional Chinese Medicine (Beijing 100700) Wang Kehui, Zhong Honggang, Li Wenrong, et al

【Abstract】 Aim To obtain the relationship between skeletal muscle tension and intensity of electric stimulus. **Methods** The muscle tension of triceps of shank in 12 rabbits was determined with belt buckle tensile transducer and electric physiological instrument. **Results** As the range of the current intensity was in 3~10mA, the muscle tension was increased along with the increase of the square wave duration and the maximum of muscle tension ($1.757 \pm 0.2165\text{kg}$) was at 10mA and 2ms. As the amount of stimulus in the range of 3~50V, the muscle tension was also dependent upon the wave duration and its maximum ($1.750 \pm 0.808\text{kg}$) at 2ms. **Conclusion** It is suggested that the electric stimulus parameter in the range of effective electric pulse stimulation should be selected for obtaining a muscle tension. The maximal muscle tension of rabbit's triceps at non-loading condition is similar to its body weight.

【Key words】 Skeletal muscle Muscle tension Electric stimulus

本文就施加于支配骨骼肌的神经的不同的电刺激强度与肌力之间的相互关系进行了实验观察,以便在骨折愈合过程中为获得不同的骨骼肌收缩力而给予相应的外加电刺激强度提供依据。

材料与方 法

实验用体重 1.5~2.0kg 的雄性大耳白兔,戊巴比妥钠 (30mg/kg) 静脉麻醉,手术暴露坐骨神经和跟腱,安放刺激电极和肌力传感器。

采用的扣带式肌力传感器体积小,重量轻 (约 1.5g),不需切断肌腱,适应于在体纵向拉压力的测试 (专利号 ZL92.2.43906)。传感器于实验前在 WD-1 型电子万能试验机上进行标定,分辨力为 1g。

实验用日本光电电生理仪,包括 7103 电刺激器,隔离器,VC-10 记忆示波器,生物物理放大器及 x-y 记录仪。刺激波形为方波,频率为 1 次/秒。电刺激强度的影响因素为电流强度 (恒流刺激) 或电压强度 (恒压刺激) 和方波波宽。以每项刺激条件连续三次刺激测肌力取其平均值作为该动物该条件下的肌力值。起始强度以肌力传感器有可见信号输出为最低量,逐渐加大电流或电压强度及波宽,以肌力值不再随刺激强度增大而增加为电刺激强度之上限。

结 果

1. 12 只兔小腿三头肌肌力随电流强度和波宽改变所对应的肌力变化,如表 1。从表 1 可看出当电流强度在 3~10mA 范围内,随刺激方

* 本课题为国家自然科学基金资助项目

波波宽的增加,肌力逐渐加大,在 10mA, 2ms 达最大值为 $1.7570 \pm 0.2165\text{kg}$ 。可以认为上述范围为适宜范围,超出适宜范围改变电流强度及波宽对肌力无定向性改变。对不同电流强度、

波宽和跟腱肌力进行方差分析,结果如表 2。表明电流强度或波宽改变均显著影响跟腱肌力值。

表 1 兔小腿三头肌肌力随电流强度及波宽改变所对应的变化值

电流强度	肌 力 (kg)				
	波宽 0.2ms	0.5ms	0.8ms	1.0ms	2.0ms
0.1mA	0.2121±0.1131	0.3745±0.1731	0.3850±0.1791	0.3850±0.1791	0.2800±0.0563
0.3mA	0.6930±0.0700	0.6720±0.0792	0.7280±0.1372	0.7560±0.1333	1.1573±0.3376
0.5mA	0.6860±0.0536	0.6720±0.0457	0.7650±0.1166	1.1270±0.3949	1.3450±0.0693
1mA	0.7815±0.1773	0.7474±0.2302	1.1357±0.4496	1.2849±0.4586	1.1517±0.5168
3mA	0.6751±0.1498	1.0411±0.2629	1.3771±0.4467	1.5502±0.2929	1.7416±0.2113
5mA	0.7933±0.2536	1.1270±0.3518	1.2712±0.4794	1.4000±0.4160	1.7008±0.4465
10mA	0.8937±0.3187	1.2892±0.3775	1.5792±0.4509	1.6138±0.3612	1.7570±0.2165
20mA	0.9469±0.2260	1.3127±0.4122	1.4433±0.4277	1.4700±0.3510	1.4670±0.5591
30mA	1.1452±0.4611	1.4840±0.3462	1.3804±0.4517	1.5652±0.3533	1.5720±0.2960
40mA	1.0080±0.3085	1.3262±0.3713	1.3412±0.4306	1.3160±0.4433	1.3160±0.4330
50mA	0.9903±0.2995	1.3440±0.4598	1.3120±0.4551	1.3790±0.5369	1.3347±0.7228

表 2 兔小腿三头肌肌张力方差分析表

变异	自由度	离均差平方和	均方	F 值	
总变异	54	8.9889			
波宽间变异	4	2.7331	0.6832	30.23	$P < 0.01$
强度间变异	10	5.3583	0.5358	23.707	$P < 0.01$
组内变异	40	0.9075	0.0226		

表 3 兔小腿三头肌肌力随电压强度及波宽改变所对应的变化值

电压强度	肌 力 (kg)				
	波宽 0.2ms	0.5ms	0.8ms	1.0ms	2.0ms
1V	0.6104±0.1663	0.6393±0.2233	0.6615±0.2408	0.6612±0.1476	0.7560±0.43
3V	0.6222±0.1440	0.7250±0.1929	1.1200±0.2630	1.2992±0.3085	1.5960±0.3062
5V	0.6440±0.1692	0.8731±0.2444	1.2320±0.1400	1.2964±0.1482	1.5120±0.2300
10V	0.6580±0.1396	0.8596±0.3432	1.2333±0.3806	1.3162±0.2872	1.6520±0.1534
20V	0.7038±0.3282	0.9396±0.4094	1.2292±0.6169	1.2250±0.3515	1.7500±0.0808
30V	0.7278±0.2158	1.1044±0.3769	1.2285±0.3351	1.3440±0.2960	1.7150±0.1340
40V	0.7700±0.2576	1.1163±0.4189	1.2560±0.3986	1.3195±0.3752	1.5330±0.5853
50V	0.7680±0.2519	1.1636±0.4423	1.3510±0.3362	1.0407±0.3508	0.6330±1.0767

表 4 兔小腿三头肌肌力方差分析表

变异	自由度	离均差平方和	均方	F 值	
总变异	39	4.1387			
波宽间变异	4	2.2345	0.5586	28.6462	$P < 0.01$
电压间变异	7	1.3585	0.1940	9.9487	$P < 0.01$
组内变异	28	0.5457	0.0195		

2.12 只兔小腿三头肌肌力随电压强度和波宽改变所对应的肌力变化,如表 3。结果表明在适宜的电压强度 3~50V 的范围内,肌力随刺激方波波宽的增加而增加,波宽 2ms 时达最大值 $1.750 \pm 0.808\text{kg}$ 。将电压强度及波宽改变而变化的肌力进行方差分析,结果如表 4。表明无论刺激的电压强度或波宽任一项改变均可显著改变肌力值。

讨 论

本文就实验室常用的电刺激信号,恒定电流脉冲信号和恒定电压脉冲信号作用于坐骨神经,观察在体骨骼肌肌力的变化,以获得电刺激方波脉冲与肌肉收缩力之间的量效关系以及骨骼肌有效收缩的适宜刺激条件。结果提示:骨骼肌有效收缩的产生均有合适的恒定电流方波脉冲和恒定电压方波脉冲刺激的范围,在适宜范围内,骨骼肌收缩力有随电流或电压强度及方波脉冲波宽的增加而肌力增加的趋势,并达到最大收缩力。且恒流方波脉冲刺激适宜范围较恒压方波脉冲刺激适宜范围窄。

有文献报道 2.5kg 雄性大耳白兔跟腱的最大断裂载荷为 $44.17 \pm 2.43\text{kg}$,为体重的 15 至 17 倍^[1]。也有报道以 1/3 体重负荷被动牵拉兔

跟腱 72 次/分,1.5 小时/日,2 周后即可出现骨骼肌水肿、萎缩、空泡样变性等病理变化^[2]。本文用频率 1 次/分刺激记录到兔跟腱最大力值近似于体重本身,而在适宜刺激范围外加大刺激强度,肌力值也不增加,甚至反而减少,提示是否超大强度的电刺激破坏正常神经肌肉兴奋收缩偶联状态,且动物可通过自我调节保护其自身器官,但这一结果的生物学机制及动物主动收缩的最大力值与其所能承受的最大生理应力的关系还有待进一步研究。

本文结果说明:以电刺激作为康复治疗的手段应在相对适宜的范围内选择刺激条件,不能以无伤害性为根据,避免以得到较大肌肉收缩而盲目提高刺激强度(动物可耐受之强度)的做法。非负重状态兔跟腱的最大力值近似于其本身体重。恒流方波脉冲刺激适宜范围较恒压方波脉冲刺激适宜范围窄,更易于控制选择参数。

参考文献

1. 程蜀琳,刘波.兔跟腱被动牵拉后的病理学及力学特性.生物医学工程学杂志 1986;3(2):82.
2. 于长隆,曲绵域,姜泽伟,等.兔骨骼肌被动牵拉伤的实验病理研究.中国运动医学杂志 1985;4(1):1.

(收稿:1996-10-22)

金华科惠公司 CPM 器供货信息

浙江金华市科惠医疗设备公司,是由科研单位创办的研制、生产各类 CPM 被动活动关节康复器的专业厂家,为国内最大 CPM 器生产厂。审批文号:浙药器监(准)字 97 第 126007 号。现货可供:

1. JK-B 型下肢关节康复器。2. JK-C 型智能化下肢关节康复器。3. JK-H 型肘/踝关节康复器。4. JK-S 型手指关节康复器。5. S-3 型便携式腰椎牵引器。6. 外固定架等常规各类骨科消耗品。

地址:金华市青春东路通园南 7 幢。邮编:321000 电话:0579-2119460 2119596 联系人:方明。