

文章编号:1004-7220(2013)03-0291-06

一指禅推法不同作用力下上肢肌群 运动方式及肌电信号特征

方磊¹, 房敏²

(1. 上海中医药大学 康复医学院, 上海 201203; 2. 上海中医药大学附属岳阳中西医结合医院 推拿科, 上海 200437)

摘要: **目的** 观察不同手法力量下一指禅推法上肢肌电信号特征,找出手法操作关键技术上肢肌群协同运动方式。**方法** 采集专家组、熟练组和初学组手法肌电信号数据。每位测试者按手法力量分轻、中、重3种类型操作,选择连续稳定的数据采用 MyoResearch 软件进行分析。**结果** 上肢各测试肌群肌电积分(iEMG)比较有显著差异($P < 0.05$);不同手法力量肌群 iEMG 比值比较,专家组和熟练组无显著差异($P > 0.05$),比值前3位为尺侧腕屈肌群、三角肌、桡侧伸肌群;手法核心主动肌群参与运动方式基本一致。初学组在不同手法力量下 iEMG 比值前3位肌肉群各不相同,差异较明显。专家组、熟练组和初学组之间协同收缩率比较差异均显著($P < 0.01$),初学组协同收缩率最大,专家组协同收缩率最小,且协同收缩率随手法力量增加逐渐下降。6 min 操作三角肌肉中位频率斜率比较,专家组测试者耐疲劳度较好。**结论** 专家组和熟练组手法肌电信号有共同特征,存在手法操作的核心肌群。上肢核心肌群运动方式具有规律性,并且 iEMG 比值、中位频率斜率、协同收缩率等指标可作为评价手法持久性、均匀性,以及施力方式是否规范的参考标准。

关键词: 一指禅推法; 肌电信号; 中位斜率; 协同率; 生物力学

中图分类号: R 318.01 文献标志码: A

Movement pattern and sEMG characteristics of upper limb muscles during one-finger pushing manipulation operation with different forces

FANG Lei¹, FANG Min² (1. School of Rehabilitation Medicine, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China; 2. Department of Tuina, Yueyang Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 200437, China)

Abstract: Objective To observe the surface electromyography (sEMG) characteristics of upper limbs during one-finger pushing manipulation under different operating forces, so as to find out the muscle coordination movement pattern for key operating technology. **Methods** sEMG data of performing one-finger pushing manipulation by the expert, skilled and novice groups were collected. The manipulation force was divided into three different types, namely mild, moderate and severe. The continuous, stable data were adopted for analysis on Myo-Research software. **Results** Significant differences were found in the upper limb muscle integrated electromyography (iEMG) values ($P < 0.05$). Under the three different forces, there were no significant differences in iEMG ratio of muscles between the expert and skilled groups ($P > 0.05$), with the flexor carpi ulnaris, deltoid, wrist flexors and extensors ranking the top three of iEMG ratio. The expert and skilled groups had the same core muscles in the same movement pattern during their manipulation operation, while the novice group had different core muscles under different forces. There were significant differences in co-contraction ratio among the expert, skilled

收稿日期:2012-09-05; 修回日期:2012-09-25

基金项目:国家杰出青年基金资助项目(81025022)。

通信作者:房敏, 主任医师, 博士研究生导师, E-mail:fm6505928@vip.sohu.com。

and novice groups ($P < 0.01$). The novice and expert groups had the highest and lowest co-contraction ratio, respectively, and the co-contraction ratio was gradually decreased with force increasing. During 6-minute manipulation operation, deltoid median frequency(MF) slope of the expert group was declined more slowly than that in the other two groups ($P < 0.05$), which indicated that the expert group were better at resisting to fatigue. **Conclusions**

The expert and skilled groups have the same sEMG characteristics during one-finger pushing manipulation operation with the same core muscles. The movement pattern of upper limb muscles is of regularity. The iEMG ratio, MF slope and co-contraction ratio can be used as reference standard for evaluating the durability, and homogeneity of the manipulation operation and normalization of force application.

Key words: One-finger pushing manipulation; Electromyography (EMG) signal; Median frequency(MF) slope; Co-contraction ratio; Biomechanics

一指禅推法是国家级非物质文化遗产“一指禅推拿”流派的主要代表性手法,其手法以“持久、有力、均匀、柔和、深透”为特点,在临床推拿治疗中广泛应用,具有良好临床效果^[1-3]。为更好揭示一指禅推法操作中各肌群间相互协同的运动规律,找出手法运动过程中的核心肌群,展现手法操作技术的特点,本文对不同水平推拿医生在不同手法力量操作下一指禅推法上肢肌电信号特征进行研究。

1 对象与方法

1.1 研究对象

①专家组:5位全国知名、技术精湛、有30年以上临床工作经验的一指禅推拿专家参与测试。②熟练组:5位业内公认、技术熟练、有15年以上推拿临床工作经验的推拿医生参与测试。③初学组:5位手法操作3年以下的上海中医药大学针灸推拿学专业实习生参与测试。

1.2 主要仪器和材料

①Noraxon TeleMyo 2400T 表面肌电图仪,Ag/AgCl 表面电极;皮肤砂纸及75%酒精。②推拿手法测试仪由上海市中医药研究院推拿研究所与复旦大学力学与工程科学系共同研制。技术参数:垂直正压力满量程100 N,精度1%,分辨率0.30 N;水平力满量程30 N,精度1%,分辨率0.15 N,采样频率设为200 Hz。

1.3 观察指标

①肌电信号指标:中位频率(median frequency, MF)、积分肌电(integrated electromyography, iEMG)、斜率值、协同收缩率(co-contraction ratio, CR) = 拮抗肌积分肌电面积/(拮抗肌积分肌电面积 + 主动肌积分肌电面积) × 100%。②力学指标:手法垂直

作用力 F 。

1.4 测试步骤

①贴电极:皮肤砂纸打磨表皮,75%酒精棉球擦拭,参照表面肌电图操作手册安置电极,电极间距2 cm,参考电极安放在肱骨外上髁上,采用肌电图前置放大,增益1 000,输入阻抗 > 100 M Ω ,共模抑制比(CMRR) > 100 dB,通道采样频宽10 ~ 500 Hz,灵敏度1 μ V,肌电信号数据采集频率1 024 Hz。②将发射装置挂于测试者颈部,同时把电脑同肌电图信号接收装置通过USB接口相连。③选择测试方案:表面肌电图仪上选择上肢的桡侧腕屈肌群、尺侧腕屈肌群、桡侧腕伸肌群、尺侧腕伸肌群、肱二头肌、肱三头肌、三角肌,每种力量手法测试60 s,中等力量手法测6 min,并同步记录手法力量值。

2 结果

2.1 一般资料

在推拿年限方面,各组两两之间比较有显著性差异($P < 0.05$);在身高、体重、体重指数方面,3组资料比较无显著性差异($P > 0.05$),专家组、熟练组和初学组2组之间均衡可比(见表1)。

表1 测试者资料比较($\bar{x} \pm s, n = 5$)

Tab. 1 Subject information

组别	推拿年限/a	身高/cm	体重/kg	BMI/(kg · m ⁻²)
初学组	2.1 ± 0.54	175.4 ± 2.97	72.8 ± 5.36	23.65 ± 1.38
熟练组	21.2 ± 1.48	172.2 ± 2.28	68.8 ± 6.61	23.17 ± 1.64
专家组	39.8 ± 3.11	171.8 ± 3.03	70.2 ± 6.69	23.75 ± 1.70

2.2 手法垂直作用力 F

3组测试者自身前后不同力量比较均具有统计学意义,说明3种不同类型手法力量之间有显著差

异。而3组测试者相互间比较,专家组与初学组垂直作用力有显著性差异($P < 0.05$),熟练组与初学

组垂直作用力无显著性差异($P > 0.05$),专家组手法力量明显大于熟练组和初学组(见表2)。

表2 3组测试者不同垂直作用力比较

Tab.2 Horizontal manipulation force in three groups

组别	轻度		中度		重度	
	均值	95% 区间	均值	95% 区间	均值	95% 区间
专家组	0.75	[0.38,1.14]	0.95	[0.04,1.49]	1.47	[0.74,2.09]
熟练组	0.53	[0.26,0.81]	0.81	[0.41,1.37]	1.24	[0.41,1.37]
初学组	0.52	[0.25,0.77]	0.71	[0.38,1.01]	1.27	[0.58,1.70]

2.3 3组测试者不同力量下肌肉 iEMG 比值比较

轻度手法力量,3组测试者相互比较差异均无统计学意义($P > 0.05$)。中度手法力量3组测试者两两比较,专家组与初学组比较差异有统计学意义($P < 0.05$),熟练组与初学组比较差异有统计学意义($P < 0.05$),专家组与熟练组比较差异无统计学意义($P > 0.05$);重度手法力量,3组测试者两两比较,专家组与初学组比较差异有统计学意义($P < 0.01$);熟练组与初学组比较差异有统计学意义($P < 0.05$),专家组与熟练组比较差异无统计学意义($P > 0.05$),说明专家组与熟练组与手法操作时参与运动的主要肌肉相同,而与初学组肌肉运动方式不同(见图1~3)

2.4 3组测试者不同力量下协同收缩率比较

在轻、中、重度3种不同手法力量下,专家组、熟练组和初学组测试者之间协同收缩率相互比较,差

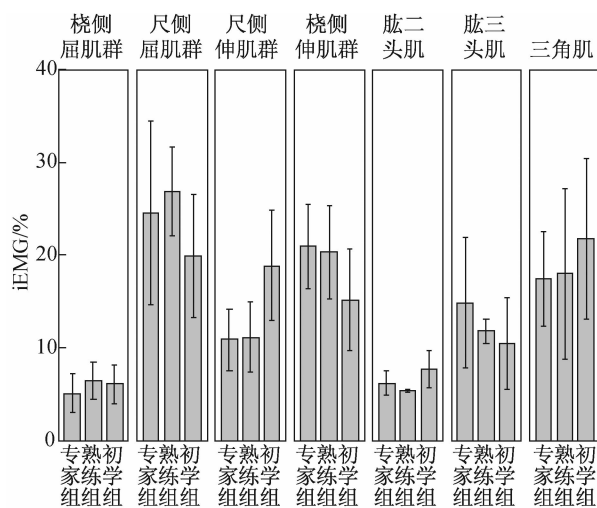


图2 中度手法力量各实验组测试者 iEMG 比值比较

Fig.2 iEMG under moderate manipulation force in three groups

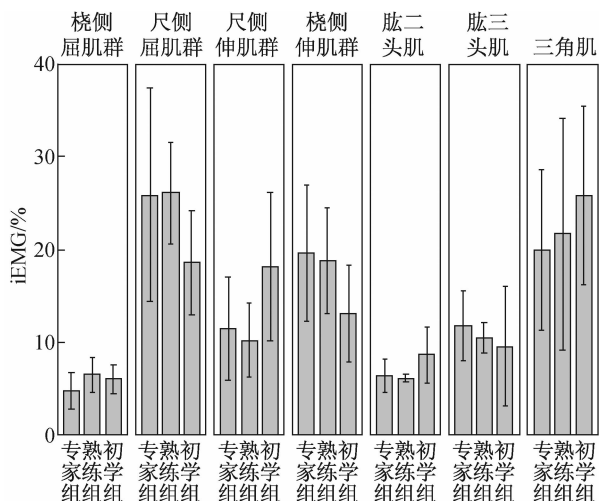


图1 轻度手法力量各实验组测试者 iEMG 比值比较

Fig.1 iEMG under mild manipulation force in three groups

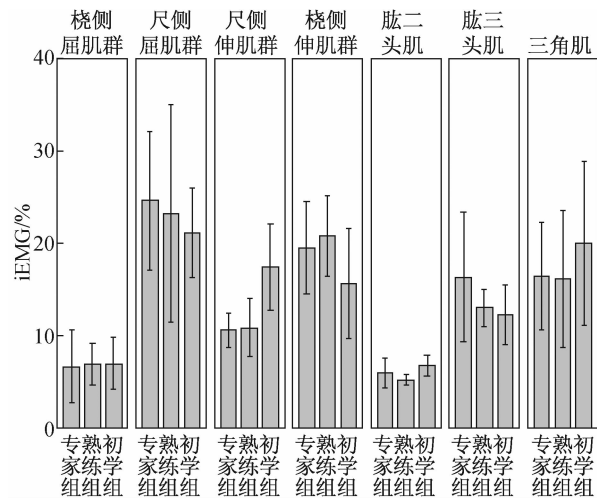


图3 重度手法力量各实验组测试者 iEMG 比值比较

Fig.3 iEMG under severe manipulation force in three groups

异均具有统计学意义($P < 0.01$)。初学组测试者协同收缩率明显大于熟练组和专家组测试者,以专家组测试者协同收缩率最小,并且3组测试者随者手法力量增加,肱二头肌与肱三头肌的协同收缩率,逐渐下降,表明手法外摆运动中,肱三头肌为主动肌,起主动收缩作用,肱二头肌为拮抗肌,起辅助作用。肱二头肌积分肌电面积在专家组手法外摆阶段中所占比重最少,说明专家组相对于熟练组、初学组,主动肌积分肌电面积所占比重最大,肱二头肌积分肌电面积比重最小,手法外摆阶段肱三头肌相对做功更强(见图4)。

表3 三角肌 MF 下降斜率比较

Tab. 3 Deltoid MF slope in three groups

组别	斜率	起始截距	下降值
专家组	-0.006 ± 0.01	73.38 ± 13.08	-0.55 ± 0.86
熟练组	-0.018 ± 0.019	76.99 ± 10.94	-1.55 ± 1.90
初学组	-0.008 ± 0.01	59.36 ± 1.73	0.46 ± 0.74

3 讨论

iEMG 值大小在一定程度上反映了参加工作的运动单位数量多少和每个运动单位放电大小^[4-5],表示一段时间内肌肉活动强弱、肌肉中运动单位募集数量和同步化程度,并且积分肌电信号与力量素质指标之间的相关性^[6]。通过统计学分析,专家组、熟练组、初学组的各位测试者组间多样本相互比较时,在轻、中和重度手法力量下,肌肉积分肌电值比较差异具有统计学意义。7组被测试肌肉中,部分肌肉的积分肌电值随手法操作的力量增加而显著上升,这与相关文献的关于 iEMG 都与平均峰值力矩中度或高度正相关,肌力与肌电信号呈现一定的力-电关系相符^[7-8],说明通过机电技术途径可以充分反映手法操作运动过程中肌肉力量的变化情况。而肌电信号特征在一定程度上反映了中枢神经系统对肌肉运动单位活动的控制模式或者控制策略的信息^[9],同时肌肉肌电信号幅值和完成动作所需力之间的比例关系,以及参与运动的各肌肉肌电信号幅值之间的协调关系能够在一定程度上反映肢体的运动能力^[10]。专家组和熟练组各块肌肉积分肌电值差异较小,说明两组测试者在一指禅推法操作时对肌肉运动控制的模式相同,对手法力量的轻、中、重度力量的控制程度相近。初学组和专家组相比,在不同手法力量下,肌分肌电值差异较显著,并且专家组测试者各块肌肉电信号幅值高于初学组,说明专家组相比初学组而言上肢肌肉活动较强,肌力更大,运动能力更好,能在单位面积下能够募集更多运动单元、肌纤维参与运动。

iEMG 比值反映的是各肌肉积分肌电值占全部肌肉积分肌电值总和的百分比,百分比值越高,肌肉积分肌电值越高,做功越多,是参与运动的主动肌。根据肌肉积分肌电比值的统计学结果,专家组、熟练组和初学组各位测试者在轻、中、重度不同力量下组

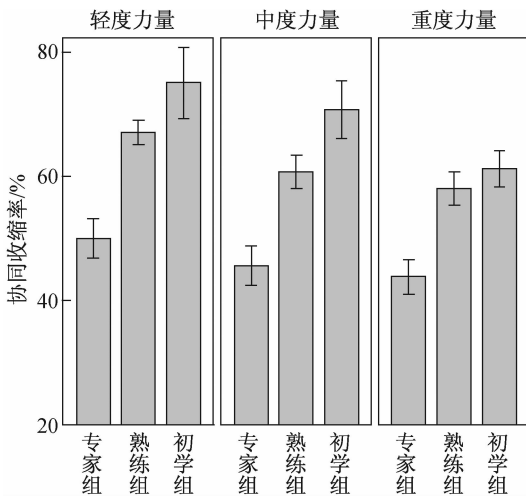


图4 不同手法力量各组协同收缩率比较

Fig. 4 Co-contraction ratio under different manipulation force in three groups

2.5 3组测试者三角肌 MF 下降斜率比较

根据肌肉疲劳报告数据,熟练组与初学组比较差异有统计学意义($P < 0.05$),专家组与初学组、专家与熟练组相互比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。3组测试者在起始截距相互比较,差异有统计学意义($P < 0.05$),说明3组测试者在开始手法操作中,三角肌的肌电信号强度各不相同,专家组、熟练组手法操作时在单位时间能比初学组募集到更多的肌纤维参与到运动中。下降值相互比较,熟练组与初学组比较差异有统计学意义($P < 0.05$),初学组三角肌由于起始积分肌电值不高,疲劳程度低于熟练组,而专家组即使起始积分肌电值高,但肌肉疲劳程度仍较低,说明专家组手法操作时无论是肌肉做功状态还是持久力都更优于熟练组和初学组(见表3)。

间多样本相互比较,差异没有统计学意义($P > 0.05$),原因是各组测试者对手法肌肉控制模式已经固定,故在不同力量下各块肌肉输出比值改变没有明显差异。专家组、熟练组和初学组测试者在不同力量的肌肉积分肌电比值的相互比较中,初学组测试者与专家组、熟练组测试者差异均有统计学意义($P < 0.05$),说明初学组测试者各块肌肉输出功率与其他两组有明显区别。按照肌肉输出功率比值由高到低排序,专家组和熟练组测试者手法操作中参与运动的核心肌群一致,积分肌电比值较高的是尺侧屈肌群、桡侧伸肌群、肱三头肌和三角肌,而初学组测试者的手法操作中参与运动的核心肌群是尺侧屈肌群、三角肌、尺侧伸肌群。专家组无论轻、中还是重度力量手法,核心主动肌肉仍是尺侧屈肌群、桡侧伸肌群和三角肌,熟练组则在轻度力量手法时出现差异,在中、重度力量手法时才相同,说明专家组与熟练组手法参与运动的核心主动肌肉虽然基本一致,但专家组中枢神经系统对上肢肌肉控制能力要好于熟练组。初学组核心运动肌肉中出现了尺侧伸肌群,根据运动解剖学的分析,一指禅推法要保持“屈指悬腕”的状态,尺侧伸肌群为拮抗肌群,很少参与主动运动,不可能成为积分肌电比值较大的主动肌群,故初学组在手法操作中肌肉运动模式存在错误。

协同收缩率反映的是拮抗肌在主动肌的收缩过程中所占比例的多少^[11]。通过运动解剖学分析,手法外摆阶段为伸肘关节运动,此时肱三头肌为主动肌,积分肌电值较大,承担了更多的肌力;肱二头肌为辅助肌,参与协同运动,故肱二头肌的收缩程度应越低越好。从统计学分析结果可知,专家组的协同收缩率明显比熟练组和初学组测试者要低,而熟练组比初学组测试者协同收缩率低,说明专家组肱三头肌在手法外摆收缩过程中参与活动的成分增多,而辅助的拮抗肌肱二头肌收缩程度较低,熟练组其次,初学组测试者肱二头肌协同收缩比例最高。专家组在手法外摆阶段,肱二头肌放松程度比其他两组更好。初学组在轻度力量手法下,肱二头肌所占比重甚至已经超过肱三头肌,表明初学组在一指禅推法操作时肱二头肌和肱三头肌用力方式不正确。最后,提示熟练组和初学组测试者应增加外摆运动的幅度和肱三头肌伸肘的力量,提高肱三头肌的积

分肌电值,放松肱二头肌肌张力,降低肱二头肌的收缩强度。

手法持久性是指手法能够严格按照规定的技术要求 and 操作规范,持续操作足够的时间而动作不变形,保持动作的连贯性^[12]。在一指禅推法操作过程中,参与运动肌肉会随时间的延长而出现一定程度的运动性疲劳,出现肌肉产生最大肌肉收缩或者最大输出功率暂时性下降的生理现象。肌肉运动包含着神经肌肉系统一系列复杂的生物电活动,运动方式、强度、时间不同,都会影响到运动单位的募集和放电的同步化程度,从而出现不同的肌电反应^[13-15]。而这种肌肉疲劳状态会直接影响到动作的规范性,例如沉肩、垂肘、悬腕等技术要求,故上肢肌肉的耐疲劳性是达到手法持久的保障,尤其像一指禅推法刺激量中等,接触面小,需要靠反复操作产生的累积效应达到治疗目的。三角肌在操作过程中,为维持上臂和前臂的前屈位,始终处于高张力状态,三角肌疲劳程度能反映手法是否能达到持久。从肌肉疲劳报告结果可知,3组测试者呈现出肌肉不同程度衰减,在中度手法力量下一指禅推法6 min操作,测试者上肢肌肉已出现疲劳状态,MF频率呈下降趋势,反映肌肉收缩时运动单位动作电位发放率减少。3个实验组测试者三角肌MF斜率比较,初学组与熟练组有显著性差异,熟练组下降最明显。三角肌起始截距值相互比较,专家组和熟练组肌肉肌电信号明显要强于初学组,肌纤维参与运动程度较高。综合分析MF斜率和截距值结果,专家组无论在单位时间募集肌肉放电程度,还是在肌肉耐疲劳程度都优于熟练组和初学组。通过以上研究发现,应用表面肌电技术分析推拿施术者上肢肌肉的肌电信号,能较好地评价推拿医生手法操作时肌肉功能,了解推拿医生上肢肌肉运动方式,对提高临床医生推拿手法技能水平、深入探索和解决手法规范化研究的问题具有重要的意义。

参考文献:

- [1] 严晓慧,严隽陶,龚利.一指禅推法的源流和现代研究进展[J].河南中医,2009,29(5):515-516.
- [2] 吕杰,曹金凤,方磊,等.中医屈指推法的生物力学建模及分析[J].中国组织工程研究与临床康复,2011,15(17):3183-3186.

- [3] 连宝领. 构筑一指禅推拿文化, 传承一指禅推拿精神[J]. 按摩与导引, 2007, 23(8): 2-3.
- [4] 王坤, 王成俊, 罗二平, 等. 基于幅频联合分析法对肌肉疲劳状态下表面肌电信号时、频域变化规律的研究[J]. 中国医学物理学杂志, 2010, 27(4): 2038.
- [5] 董海军, 苏明理, 严波涛, 等. 我国优秀女子铁饼运动员旋转节奏-结构特征的研究[J]. 天津体育学院学报, 2009, 24(2): 128-132.
- [6] 王奎, 刘建红, 周志宏. 运用 iEMG 评价举重运动员力量素质的研究[J]. 解放军体育学院学报, 2005, 24(1): 92-94.
- [7] 欧阳静明, 王楚怀, 王于领, 等. 太极拳特定动作下股内侧肌和股外侧肌表面肌电特征的研究[J]. 中国康复理论与实践, 2009, 15(11): 1068-1067.
- [8] 华立君, 宋吉锐. 排球运动员下肢肌力与肌电特征的相关研究[J]. 沈阳体育学院报, 2007, 26(4): 68-69.
- [9] 刘加海, 王健, 罗晓芬. 局部肌肉疲劳的表面肌电信号复杂度和熵变化[J]. 生物物理学报, 2004, 20(3): 200-201.
- [10] 穆景颂, 倪朝民. 表面肌电图在脑卒中康复评定中的应用[J]. 中国康复, 2009, 24(1): 53-54.
- [11] 朱燕, 齐瑞, 张宏, 等. 恢复期脑卒中患者肘屈伸肌群最大等长收缩的表面肌电图研究[J]. 中国康复, 2006, 21(5): 308-309.
- [12] 曹仁发. 中医推拿学[M]. 2版. 北京: 人民卫生出版社, 2006: 73.
- [13] Rainoldi A, Melchiorri G, Caruso I. Method for positioning electrodes during surface EMG recording in lower limb muscles [J]. J Neurosci Methods, 2004, 134(1): 37-43.
- [14] 罗小兵, 马建. 肌电图在运动性肌肉疲劳研究中的应用现状[J]. 成都体育学院报, 1999, 25(4): 68-69.
- [15] Pascal C, Lieven D, Dirk C, *et al.* Assessment of the validity of the Biering-Sørensen test for measuring back muscle fatigue based on EMG median frequency characteristics of back and hip muscles [J]. J Electromyogr Kinesiol, 2008, 18(6): 997-1005.

· 致读者 ·

关于图表的要求

表和图的设计应科学、简洁、合理,有自照性,均分别按其正文出现先后次序连续编号,并冠以图(表)序号和题目。说明性的资料应置于图(表)下方注释中,并在注释中标明图标中使用的全部非公知公用的缩写及表中的统计学处理。均采用三线表,表内数据同一指标有效位数一致,均数及标准差小数点后保留位数一致。图题、表题及图注、表注均应中、英文对照书写。

黑白图片必须清晰度及对比度良好,层次分明,彩色照片要求色彩鲜明,图像清晰。图片或照片大小要基本一致。图不宜过大,最大宽度半栏图不超过 7.5 cm,通栏图不超过 16.5 cm,高与宽比例以 5 : 7 为宜。图注应附于图下或文后,不要粘贴,背面用铅笔注明作者姓名、图序号,并表明上、下方向,照片中需说明的部位请以箭头或字母标注,在图注中说明。图片及照片不得折损。若刊用人像,应征得本人书面同意,或遮盖其能辨认出系何人部分(眼睛)。大体标本照片在图内最好有尺度标记。病理照片要求注明染色方法和放大倍数。

试验数据的曲线图必须根据测试数据绘制,线条必须光滑清明,有横纵坐标的统计图必须有确切的标目名称和规范的计量单位;实验装置等示意图一定要精心绘制,对图内的结构要有必要的注释,使读者一目了然;引用他人的图(表)一定要用文献角码表明出处。