

DOI: 10.3969/j.issn.1006-9771.2013.09.011

·综述·

握力测试影响因素的研究进展

肖娜¹, 徐纳新², 孙会芳¹, 董纪革³, 杨远滨³, 李宁⁴

[摘要] 通过综述国内外关于握力测试的研究报道,发现测量工具、种族、年龄、性别、形态学参数、利手、职业、握宽、身体姿势和心理因素均会影响测试结果的输出。握力研究应充分考虑上述影响因素。

[关键词] 握力;测试;影响因素;综述

Advance in Factors Influencing Hand Grip Measurement (review) XIAO Na, XU Na-xin, SUN Hui-fang, et al. Department of Rehabilitation Medicine, Beijing No.2 Hospital, Beijing 100031, China

Abstract: This paper summarized researches about the factors that influenced the measurement of hand grip, including equipments, ethnics, genders, ages, morphological parameters, handedness, occupation, grip width, body posture and psychological factors. All these are to be considered in studies of grip strength.

Key words: grip force; measurement; related factors; review

[中图分类号] R493 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1006-9771(2013)09-0839-04

[本文著录格式] 肖娜,徐纳新,孙会芳,等.握力测试影响因素的研究进展[J].中国康复理论与实践,2013,19(9):839-842.

握力是指手部等长收缩的肌肉力量。握力通常被用于评价儿童和青少年的健康和发育状况^[1-3];不同受试群体握力的平均测试结果可以作为患者手部手术后康复的重要参考标准^[4-7];握力还反映衰老对于老年人身体机能的影响,研究发现握力不仅可以反映老年人上肢的功能状态,还可以反映老年人全身的肌肉力量^[8-11];握力还是特种医学研究中简单而有效的评价指标,如潜水环境^[12]或太空作业^[13]对于手部肌肉力量和耐力的影响;握力同时是人机交互研究中的重要评价指标,根据不同的工作内容和相应的操作者,操作装置应该有相应的匹配设计,如方向盘、机床操作把手的设计等^[14]。

相对其他评价指标,握力测试具有测试难度较小和效费比较高,以及容易统一标准等优点。然而握力测试结果受测试仪器、测试环境、受试者的身体状况、姿势和心理等众多因素的影响。本文综述国内外的相关研究,对影响握力测试的因素进行归类和分析,并提出相应的研究热点和实施方案。

1 测试仪器

临床和科研用的握力计通常包括两种类型:液压传导测量握力和通过传感器和采集软件获得握力数据。Jamar握力计是最常用的液压式握力计,它也是美国手功能治疗师协会(American Society of Hand Therapist, ASHT)推荐使用的标准测量工具,被认为是握力测试中的“金标准”^[15]。瓮长水等发现,Jamar握力计对平均年龄为82.2岁老年男性进行握力测量,表现出良好的重测信度和可接受的测量误差^[16]。常见的电子握力计包括BTE Primus、Gripping、E-link G100等。欧阳亚涛等指出,

BTE Primus握力器的测试结果与Jamar握力器的结果高度相关($r=0.842$),且重复测试信度较高($ICC=0.957$, $95\%CI=0.908\sim 0.980$)^[17]。Massy-Westropp等应用电子握力计Gripping和Jamar液压握力计对476名健康成年人分别进行测试,发现两种类型握力计的测试结果平均偏差为22 N,一致性限度为 $-86\sim 129$ ($\bar{x} \pm 2s$)^[18]。该结果提示握力计的类型可能会影响测试结果,因此在制定不同受试人群的握力参考标准以及参考文献资料的测试结果时,应该考虑测试仪器的差异对于实验结果的影响。段亚景等指出,计算机辅助握力计比读表式的握力计具有更高的信度和效度,同时更为省时、方便,新型的握力计还能对握力耐力进行定量分析^[15]。

2 种族

研究证实,中国人的握力与白人结果有明显差别。Wu等测试了台湾居民的握力,所选的参考数据皆应用了与白人测试相同的测试仪器和测试方法。台湾男性比白人男性的握力低25.4%,女士低27.4%^[19]。尽管这些研究中,测试人员对于受试者的鼓励可能存在一些差异,但是可以肯定,种族差异是影响握力的重要因素。

我国是一个地域广阔的多民族国家,因此在握力的相关研究中应考虑地域、民族和风俗习惯等对于握力测试结果的影响。

3 年龄

年龄是握力评价和分析的重要影响因素之一。伴随着年龄增长,握力明显增大;成年后达到峰值,伴随着年龄继续增

作者单位:1.北京市第二医院康复医学科,北京市100031;2.银川市中医医院骨科,宁夏银川市750001;3.北京市宣武医院康复医学科,北京市100053;4.北京市门头沟区医院神经内科,北京市102300。作者简介:肖娜(1982-),女,汉族,山西临汾市人,硕士,医师,主要研究方向:康复医学与理疗学,生物力学。

加,老年人身体的机能出现退行性改变,握力随年龄的增加出现下降。受试群体和测试方法的不同,测试结果也出现明显的差异。一项关于儿童握力的研究发现,5岁儿童的握力明显大于3岁和4岁儿童,3岁和4岁儿童间未有显著性差异^[1]。Mathiowetz等比较不同年龄人群的握力,发现25~39岁的群体握力值最大^[20]。Su等发现,男性握力最大的受试群体年龄为20~39岁,女性握力最大的年龄段为40~49岁^[21]。导致上述研究结论差异的主要因素,可能为受试人群的选取和测试的样本量的差异。Mathiowetz等的研究对象为628名美国密尔沃基市民^[20],而Su等的研究对象为80名台湾受试者^[21]。此外,受试群体年龄段的划分也影响结果的准确表达。为了更加准确地比较不同年龄段人群握力的差异,大部分研究将受试群体按5岁或10岁划分年龄组^[20,22-23]。在Budziareck等的研究中,将受试者划分为3组(18~30岁、31~59岁、60岁以上)进行比较分析^[24],该年龄的划分方法可能会弱化年龄因素对于握力输出的影响。关于年龄对于中国人握力影响的大样本的报告还未见报道,今后关于握力的相关研究应注意受试者年龄的划分方案。

4 性别

性别是影响握力的又一因素。男性的握力明显大于女性,但在学龄前儿童未有显著性差异^[1]。13~17岁的青年男生的握力比女生平均大11.2 kg^[25]。769名20~95岁白人握力的比较结果显示,女性的握力(右29 kg,左27 kg)明显低于男性(右49 kg,左47 kg)^[26]。Crosby等测试214名16~63岁受试者的握力,结果显示男性的平均最大握力为62.1 kg,女性为36.7 kg^[27]。老年人性别间的握力比较结果发现男性明显大于女性,同时还发现男性握力的衰减速度明显快于女性^[26]。性别间的握力差异主要跟性别间的生理差异、儿童青少年的发育以及老年人身体机能的衰退有关。中文文献关于性别对于握力的影响还未见报道。

5 形态学参数

研究证实,握力同身体的形态学参数明显相关^[26-27]。Günther等发现,前臂的臂围、长度,手掌的大小,体重与握力正相关,回归方程为:

$$y_{\text{右手}} = 21.57 - 16.14 \times (\text{男}=0, \text{女}=1) - 3.13 \times 10^{-5} \times \text{年龄}^3 + 3.15 \times 10^{-6} \times \text{身高}^3 + 0.74 \times \text{BMI} - 2.32 \times 10^{-4} \times \text{BMI}^3;$$

$$y_{\text{左手}} = 13.90 - 16.36 \times (\text{男}=0, \text{女}=1) + 1.26 \times \text{年龄} - 2.32 \times 10^{-2} \times \text{年龄}^2 + 1.01 \times 10^{-4} \times \text{年龄}^3 + 2.35 \times 10^{-6} \times \text{身高}^3 + 0.16 \times \text{BMI}^{[26]}$$

BMI: 体质质量指数。

Werle等的研究显示,受试者的身高和体重同握力呈正相关^[23]。Budziareck等指出,握力同BMI、身高、体重、拇收肌厚度呈正相关,与年龄呈负相关;其中年龄、年龄段和拇收肌厚度的影响权重分别为52%、9%和7%^[24]。Luna-Heredia^[28]和Fredriksen^[22]分别发现身高和握力呈正相关。Clerke等研究发现,青春期女生的手形影响握力的测试结果^[25];Ruiz-Ruiz等的研究中同样发现女性的手形影响握力的输出^[29];España-Romero等的研究中也发现手形影响儿童的握力测试结果^[2]。Wu等关于中国人的结果显示,手长与握力呈正相关^[19]。仅有Firrell和

Crain的研究未发现握力同形态学参数有任何关联^[30]。受制于不同的受试者选取标准,实验仪器和方法的差别,所得的结论存在一定的差异。因此,在今后关于握力的相关研究中,应详尽考虑身体的形态学参数对于握力的影响。

6 利手

研究发现,利手习惯影响握力的测量结果。学龄前儿童的利侧和非利侧上肢握力未见显著性差异^[1]。青少年的握力利侧平均大于非利侧2.53 kg^[25]。成年人握力皆发现利侧大于非利侧^[24,27,31]。临床上,通常通过与健侧上肢的握力比较来评估患侧的功能康复,由于利侧不同,评估结果可能存在一定的偏差。未来的研究中应该计算国人利侧和非利侧握力的偏差值,进而通过健侧的上肢握力校正患侧的力量输出情况,对患侧上肢的康复进行准确的评估。

7 职业

职业是影响握力测试结果的又一影响因素。Budziareck等发现,体力劳动者和脑力劳动者之间的握力未见显著性差异^[24]。但Werle^[23]和Angst^[32]的研究皆显示,握力和所从事职业的体力活动水平明显相关。Günther等的研究指出,职业和握力未有任何关联^[26]。Werle^[23]和Angst^[32]的研究对所有的职业进行了较为细致的体力活动水平划分,而Günther等仅将受试者的职业简单地分为蓝领、白领和主妇^[26],因此提示在研究职业和握力的相关性时,应该参照Werle^[23]和Angst^[32]的研究,对从事职业的体力活动水平进行明确定义。

8 疾患

身体的疾患可能会影响上肢握力的输出,但是在此领域的相关研究报道较少。Shechtman等按照损伤的分类和等级将832名老年人分为轻微损伤组(该组受试者不能被划分在其他损伤组,但是对受试者的日常活动能力造成影响)、视觉损伤组、运动功能损伤组和认知功能损伤组,并对所有老年人进行握力测试,测试结果显示,轻微损伤组和视觉损伤组的握力明显大于运动功能损伤组和认知功能损伤组,其他各组间比较均未见显著性差异^[33]。

9 握宽

握宽(grip span)是指抓握握力计时设置的宽度,可能会影响握力测试的结果。España-Romero等关于儿童的握力研究证实,握宽影响握力的测试结果^[2];Ruiz等关于青少年的握力研究也证实握宽影响握力测量^[3];Yan等的研究显示,握宽影响年轻人握力的输出^[34];Ruiz-Ruiz等的研究也证实成年人的握力受握宽影响^[29]。然而Firrell等的研究中却显示,握力的测试结果不受握宽的影响^[30],这一研究受试者的年龄范围比较宽泛(4~78岁)。上述冲突的结论提示受试者的筛选条件和实验方法差异可能会影响最后的结论。多数国内的研究对于握宽少有提及,仅江征等的研究引用了Firrell等的研究结论,将握宽设置为45 mm^[35]。握宽是握力测量中一个不容忽视的影响因素。

10 身体姿势

身体姿势是影响握力测试的重要因素之一。几乎所有的实验研究都对测试姿势进行了规范,要求研究中的受试者保持相

同的测试姿势。为了对研究结果之间进行横向比较以及制定相应受试群体握力的参考标准, ASHT 规定了握力的测试标准。其要求包括: 受试者端坐, 肩关节稍内收且处于中立位, 肘关节屈曲 90°, 前臂和腕关节处于中立位^[20]。大部分英文报道采用该测试姿势。国内采用较广的姿势为《国民体质测试报告》中规定的测试姿势: 受试者身体直立, 两脚自然分开与肩同宽, 两臂斜下垂, 掌心向内, 用最大力紧握内外握柄^[36]。焦伟国等比较 32 名健康青年分别采用上述两种测试姿势握力输出的区别, 结果发现 ASHT 的结果较小(左手 1.1 kg, 右手 2 kg), 两种测试姿势握力输出结果的差异可能是由于站立位时下肢的感觉反馈较强, 中枢神经系统调解下肢肌肉的协同收缩, 以及肘关节周围肌肉伸展情况下粗、细肌丝的有效重叠比休息位增加, 出现更好的收缩效果^[37]。上肢的关节角度变化以及躯干的角度变化均会引起握力测试结果的改变。

10.1 上肢关节角度变化

研究证实, 肩关节、肘关节、前臂和腕关节的角度影响握力的输出。Su 等比较肘关节完全伸展时肩关节前屈 0°、90°和 180°以及肘关节屈曲 90°时肩关节前屈 0° 4 种姿势对于握力的影响, 结果显示在肩关节前屈 180°肘关节完全伸展的姿势下, 握力输出最大, 而在肩关节中立位肘关节屈曲 90°时握力最小; 肘关节完全伸展的测试姿势下, 握力明显大于肘关节屈曲的测试姿势^[21]。

Kuzala 和 Vargo 在 ASHT 推荐测试姿势的基础上比较了肘关节不同角度时握力的差异, 握力从大到小的测试姿势依次为肘关节伸直、屈曲 45°、屈曲 90°和屈曲 135°^[38]。Oxford 的研究中同样发现肘关节伸直的姿势下握力更大^[39]。Desrosiers 等发现, 中老年人利侧握力在肘关节伸直和屈曲 90°时未见显著性差异^[9]。Shyam 等对于非利侧肘关节伸直和屈曲 90°的握力比较同样未见显著性差异^[40]。

De Smet^[41]和 Richards^[42]的研究证实, 前臂角度变化影响握力的测试结果。De Smet 等的研究显示, 腕关节放松或固定的状态下, 男性受试者前臂旋前的握力明显小于中立位和前臂旋后的姿势; 女性受试者腕关节放松状态下的测试结果同男性的结果一致; 但是腕关节固定姿势下, 前臂旋后时的握力明显大于中立位和旋前时^[41]。Richards 等发现, 前臂旋前时的握力最大, 其次是中立位, 旋后时的握力最小^[42]。

腕关节的角度也影响握力的测试。Lamoreaux 等发现, 腕关节尺偏(平均 41°)的握力输出明显小于腕关节桡偏(平均 26°)^[43]。Fong 等发现, 腕关节背伸 15°或 30°, 尺偏 0°时的握力明显大于中立位和尺偏 15°时的握力^[44]。

以上的研究皆证明, 上肢关节角度的变化均会影响握力的输出。在今后的相关研究中, 应全面考虑上肢关节角度的变化, 应对其有一定的定义和规范。

10.2 体位变化

研究显示, 仰卧位、坐位和直立位影响握力输出。Watanabe 等^[45]和 Boadella 等^[46]发现, 站立位的握力输出比坐位时稍大, 但两者间无统计学差异。从神经生理学角度来讲, 站立位

下肢的感觉反馈要强于坐位。Boadella 等测试的高度为 0.46 m, 但不知道 Watanabe 等的测试高度。如果坐位的测试高度较低, 则不足以阻滞下肢的感觉反馈信息; 如果增加座位高度使双脚悬空, 对受试者的握力进行比较, 可以验证下肢的感觉传入信息是否会影响握力的输出。

11 心理学因素

视听觉、鼓励言语、动机等心理学因素同样影响握力输出。Weiss-Lambrou 等比较无外部反馈信息、视觉反馈、听觉反馈和视听觉结合反馈 4 种测试条件下握力输出, 发现视觉反馈下握力输出较大, 但是同其他比较无显著性差异^[47]。Ties Molenaar 等发现, 7~9 岁和 10~12 岁年龄组儿童非利手的握力输出在视觉反馈条件下明显增加^[48]。Jung 等比较指令类型、听觉反馈和视觉反馈对于最大握力输出的影响, 结果显示这 3 种影响因素皆会提高握力输出的最大值和减小达峰时间^[14]。Weinstock-Zlotnick 的研究同样发现, 视觉反馈可以明显增加握力输出^[49]。Desrosiers 等对不同疾患的患者握力输出在即时视觉反馈、正常的语言鼓励、大声语言鼓励、即时视觉反馈结合正常音量的语言鼓励和即时视觉反馈结合大声语言鼓励 5 种测试条件下的差异, 发现患者只有在大声语言鼓励条件下的握力输出出现显著性差异^[50]。Jasper 等研究生理节律变化对于握力的影响, 其结果发现凌晨 6 时动机水平最低时, 握力的输出也最低^[51]。因此握力相关研究的实验设计时, 应全面考虑心理因素对于实验结果的影响。

综上所述, 握力测试受诸多影响因素的制约。建议今后关于握力的相关研究中充分考虑以上影响因素, 尽量降低相关因素对于研究结论的影响; 同时建议国内的行业委员会也针对性地制定相关的测试标准, 对于测试仪器、测试姿势和测试方案进行相关的约束和规范, 使国内握力测试结果的横向比较更趋合理, 并建立有效的数据库。

【参考文献】

- [1] Bear-Lehman J, Kafko M, Mah L, et al. An exploratory look at hand strength and hand size among preschoolers [J]. *J Hand Ther*, 2002, 15 (4): 340-346.
- [2] España-Romero V, Artero EG, Santaliestra-Pasias AM, et al. Hand span influences optimal grip span in boys and girls aged 6 to 12 years [J]. *J Hand Surg Am*, 2008, 33(3): 378-384.
- [3] Ruiz JR, España-Romero V, Ortega FB, et al. Hand span influences optimal grip span in male and female teenagers [J]. *J Hand Surg Am*, 2006, 31(8): 1367-1372.
- [4] Chung KC. Clinical research in hand surgery [J]. *J Hand Surg Am*, 2010, 35(1): 109-120.
- [5] Bohannon RW, Peolsson A, Massy-Westropp N, et al. Reference values for adult grip strength measured with a Jamar dynamometer: a descriptive meta-analysis [J]. *Physiotherapy*, 2006, 92(1): 11-15.
- [6] 杨延颀, 周谋望, 黄东锋. 最大握力和握力检测用于脑卒中患者上肢功能评定的研究[J]. *中国康复医学杂志*, 2008, 23(5): 395-397.
- [7] 王刚, 瓮长水, 王军. 握力检查在神经根型颈椎病疗效评价中的应用[J]. *中国康复医学杂志*, 2007, 22(3): 256-257.
- [8] Giampaoli S, Ferrucci L, Cecchi F, et al. Hand-grip strength predicts incident disability in non-disabled older men [J]. *Age Ageing*, 1999, 28

- (3): 283-288.
- [9] Desrosiers J, Bravo G, Hebert R, et al. Impact of elbow position on grip strength of elderly men [J]. *J Hand Ther*, 1995, 8(1): 27-30.
- [10] Tietjen-Smith T, Smith SW, Martin M, et al. Grip strength in relation to overall strength and functional capacity in very old and oldest old females [J]. *Phys Occup Ther Geriatr*, 2006, 24(3): 63-78.
- [11] Visser M, Deeg DJ, Lips P, et al. Skeletal muscle mass and muscle strength in relation to lower-extremity performance in older men and women [J]. *J Am Geriatr Soc*, 2000, 48(4): 381-386.
- [12] 侯公林,赵娜,陈锐勇,等. 氢氧暴露对潜水员最大握力和手眼协调能力的影响[J]. *航天医学与医学工程*, 2011, (2): 108-110.
- [13] 刘何庆,丁立,袁修干,等. 低温加压条件下 EVA 手套的力量分析[J]. *北京航空航天大学学报*, 2010, (11): 1311-1314, 1342.
- [14] Jung MC, Hallbeck MS. Quantification of the effects of instruction type, verbal encouragement, and visual feedback on static and peak handgrip strength [J]. *Int J Industrial Ergonomics*, 2004, 34(5): 367-374.
- [15] 段亚景,王宁华. 握力测量的研究进展[J]. *中国康复理论与实践*, 2009, 15(10): 948-951.
- [16] 瓮长水,侯惠如,王娜,等. Jamar 握力器对老年男性的重测信度和测量误差[J]. *中国康复理论与实践*, 2010, 16(1): 3-5.
- [17] 欧阳亚涛,徐艳文. BTE Primus 多功能康复系统握力器信度和效度研究[J]. *中国康复理论与实践*, 2007, 13(8): 766-767.
- [18] Massy-Westropp N, Rankin W, Ahern M, et al. Measuring grip strength in normal adults: reference ranges and a comparison of electronic and hydraulic instruments [J]. *J Hand Surg Am*, 2004, 29(3): 514-519.
- [19] Wu SW, Wu SF, Liang HW, et al. Measuring factors affecting grip strength in a Taiwan Chinese population and a comparison with consolidated norms [J]. *Appl Ergon*, 2009, 40(4): 811-815.
- [20] Mathiowetz V, Kashman N, Volland G, et al. Grip and pinch strength: normative data for adults [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 1985, 66(2): 69-74.
- [21] Su CY, Lin JH, Chien TH, et al. Grip strength in different positions of elbow and shoulder [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 1994, 75(7): 812-815.
- [22] Frederiksen H, Hjelmborg J, Mortensen J, et al. Age trajectories of grip strength: cross-sectional and longitudinal data among 8,342 Danes aged 46 to 102 [J]. *Ann Epidemiol*, 2006, 16(7): 554-562.
- [23] Werle S, Goldhahn J, Drerup S, et al. Age- and gender-specific normative data of grip and pinch strength in a healthy adult Swiss population [J]. *J Hand Surg Eur Vol*, 2009, 34(1): 76-84.
- [24] Budziareck MB, Pureza DRR, Barbosa-Silva MC. Reference values and determinants for handgrip strength in healthy subjects [J]. *Clin Nutr*, 2008, 27(3): 357-362.
- [25] Clerke AM, Clerke JP, Adams RD. Effects of hand shape on maximal isometric grip strength and its reliability in teenagers [J]. *J Hand Ther*, 2005, 18(1): 19-29.
- [26] Günther CM, Bürger A, Rickert M, et al. Grip strength in healthy Caucasian adults: reference values [J]. *J Hand Surg Am*, 2008, 33(4): 558-565.
- [27] Crosby CA, Wehbe MA, Mawr B. Hand strength: normative values [J]. *J Hand Surg Am*, 1994, 19(4): 665-670.
- [28] Luna-Heredia E, Martin-Pena G, Ruiz-Galiana J. Handgrip dynamometry in healthy adults [J]. *Clin Nutr*, 2005, 24(2): 250-258.
- [29] Ruiz-Ruiz J, Mesa JL, Gutierrez A, et al. Hand size influences optimal grip span in women but not in men [J]. *J Hand Surg Am*, 2002, 27(5): 897-901.
- [30] Firrell JC, Crain GM. Which setting of the dynamometer provides maximal grip strength [J]. *J Hand Surg Am*, 1996, 21(3): 397-401.
- [31] Incel NA, Ceceli E, Durukan PB, et al. Grip strength: effect of hand dominance [J]. *Singapore Med J*, 2002, 43(5): 234-237.
- [32] Angst F, Drerup S, Werle S, et al. Prediction of grip and key pinch strength in 978 healthy subjects [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2010, 11: 94.
- [33] Shechtman O, Mann WC, Justiss MD, et al. Grip strength in the frail elderly [J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2004, 83(11): 819-826.
- [34] Yan JH, Downing JH. Effects of aging, grip span, and grip style on hand strength [J]. *Res Q Exerc Sport*, 2001, 72(1): 71-77.
- [35] 江征,王诗忠,廖军,等. 福建省健康大学生 111 名握力及握力的测试[J]. *中国组织工程研究与临床康复*, 2010, 14(50): 9452-9456.
- [36] 国家体育总局群体司. 2000 年国民体质监测报告[M]. 北京:人民体育出版社, 2002: 41.
- [37] 焦伟国,瓮长水,朱才兴,等. 两种标准化的握力测试方式对健康青年握力测试结果的影响[J]. *中国康复理论与实践*, 2008, 14(3): 266-267.
- [38] Kuzala EA, Vargo MC. The relationship between elbow position and grip strength [J]. *Am J Occup Ther*, 1992, 46(6): 509-512.
- [39] Oxford KL. Elbow positioning for maximum grip performance [J]. *J Hand Ther*, 2000, 13(1): 33-36.
- [40] Shyam KAJ, Parmar V, Ahmed S, et al. A study of grip endurance and strength in different elbow positions [J]. *J Orthop Traumatol*, 2008, 9(4): 209-211.
- [41] De Smet L, Tirez B, Stappaerts K. Effect of forearm rotation on grip strength [J]. *Acta Orthop Belg*, 1998, 64(4): 360-362.
- [42] Richards LG, Olson B, Palmiter-Thomas P. How forearm position affects grip strength [J]. *Am J Occup Ther*, 1996, 50(2): 133-138.
- [43] Lamoreaux L, Hoffer MM. The effect of wrist deviation on grip and pinch strength [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1995, (314): 152-155.
- [44] Fong PW, Ng GY. Effect of wrist positioning on the repeatability and strength of power grip [J]. *Am J Occup Ther*, 2001, 55(2): 212-216.
- [45] Watanabe T, Owashi K, Kanauchi Y, et al. The short-term reliability of grip strength measurement and the effects of posture and grip span [J]. *J Hand Surg Am*, 2005, 30(3): 603-609.
- [46] Boadella JM, Kuijer PP, Sluiter JK, et al. Effect of self-selected hand-grip position on maximal handgrip strength [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2005, 86(2): 328-331.
- [47] Weiss-Lambrou R, Dutil E. The effect of differing feedback conditions on grip strength: A pilot study [J]. *Occup Ther J Res*, 1986, 6(2): 93-103.
- [48] Ties Molenaar HM, de Kraker M, Zuidam JM, et al. Visual feedback and weight reduction of a grip strength dynamometer do not increase reliability in healthy children [J]. *J Hand Ther*, 2010, 23(3): 272-279, 280.
- [49] Weinstock-Zlotnick G, Bear-Lehman J, Yu TY. A test case: does the availability of visual feedback impact grip strength scores when using a digital dynamometer [J]. *J Hand Ther*, 2011, 24(3): 266-275, 276.
- [50] Desrosiers J, Rochette A, Boutin C. Impact of immediate visual feedback and verbal encouragement on grip strength [J]. *Scand J Occup Ther*, 1998, 5(1): 25-29.
- [51] Jasper I, Haussler A, Baur B, et al. Circadian variations in the kinematics of handwriting and grip strength [J]. *Chronobiol Int*, 2009, 26(3): 576-594.

(收稿日期:2013-04-08 修回日期:2013-06-25)