

· 综述 ·

精细触觉与平衡功能关系的研究进展

朱 奕¹ 王 彤¹

1 概述

平衡(balance)是指人体处在的一种姿势或稳定状态下,以及不论处于何种位置时,当运动或受到外力作用时,控制其身体重心在身体支撑面上以保持身体直立姿势不至于跌倒的一种能力。长期以来的研究认为,人体平衡感觉输入包括 3 个方面:前庭(vestibular)、视觉(visual)和本体感觉(proprioceptive)系统。人们很早就认识到前庭输入对于平衡维持、听觉、视觉刺激定位的重要性。视觉对于身体低频率的晃动具有稳定作用;当前庭系统障碍时,视觉对站立位姿势控制的影响更大,对视觉依赖程度的增加可以通过实验证明:在周围视觉环境快速变化或者阻断视觉输入时,会出现更大的身体摆动;也可以通过日常生活中在复杂多变视觉环境时出现身体失去平衡的主诉增多来反映^[1]。本体感觉系统通过位于肌腱、关节和内脏的本体感受器,感觉身体各部位的相对位置和运动,有人认为其作用在维持平衡中较前庭和视觉小^[2]。平衡功能中枢对感觉信息有复杂的调节整合作用,且个体差异比较大^[2-3]。

但是,近十年来,Holden M 等^[4]发现手指对周围环境的轻接触可以减少躯体摆动幅度,提示上肢躯体感觉参与了姿势反应的调控,提出了触觉参与平衡感觉输入的可能性,这就打破了前人研究一贯认为的平衡感觉输入只包括三个系统的观念,本文将综述这方面的研究进展。

2 手指精细触觉影响人体平衡功能的研究

触觉分为粗略触觉和精细触觉,粗略触觉沿浅感觉传导途径上行,精细触觉或辨别觉沿深感觉传导途径上行。手部皮肤的触觉非常灵敏,其两点辨别距离在食指指腹可达到 2mm,手指其他部分在 4mm,手掌为 10mm^[5],而其他皮肤一般是 2cm 左右,这是因为手指尖的触觉感受器分布最为丰富。通常手部触觉感受器可分为四种:快速适应的小接受区(fast adapting with small receptive fields, FA I),快适应大接受区(fast adapting with large receptive fields, FA II),慢适应小接受区(slowly adapting with small fields, SA I)和慢适应大接受区(slowly adapting with large fields, SA II)。Johansson RS^[6]通过实验证明:皮肤形态变化主要由 FA I 和 FA II 控制,而且它们只对皮肤形态变化产生反应。其他两种主要对动态变化敏感。FA I 和 SA I 比较小,它们具有很精细的皮肤接受区域,主要在手指尤其是指尖,说明其编码详细的空间定位信息。因此,指尖对于手指和接触面之间的相对运动及静态的力非常敏感。Westling 等^[9]通过研究抓握过程发现,接触区域的 FA I 单位在抓握力增加的初始阶段高度激活,大部分 FA I 单位都是如此。手指尖具有 97%SA I, 82% SA II, 76% FA I 和 30%FA II。另外,绝大部分皮肤形状改变也就是触觉产生是在抓握力小于 1N 的力时发生,其产生冲动的力一般

在 0.2—0.5N 之间。

早在 1994 年,Holden 等研究了 12 例正常人在分别在睁眼、闭眼时,食指不接触、以很小的力(<1N)轻接触和不限制力的大小接触稳定的接触杆时身体摆动的情况。他们发现在蒙眼的受试者中,手指的轻接触减少了大约 61%的平均摆动幅度,不限制接触力大小时能减少 75%的摆动幅度,而 1N (100g)的力从物理学计算上只能使压力中心的摆动减少 2.3%(约 0.2mm);甚至是能正常使用视觉时,轻触觉也能增加平衡^[4]。1995 年 Jeka JJ 等^[7]研究了以上两种接触力接触不同粗糙程度的稳定平面对身体摆动的影响,发现不同粗糙程度的表面对平衡影响没有区别,但轻接触时能发现控制平衡的肌肉肌电活动增加,认为指尖轻接触的信息通过结合手臂的本体感觉信息从而提供了身体摆动的信息,最终通过控制平衡肌肉的活动来减小身体摆动,而重接触时主要是借助机械性支撑的作用来减小身体摆动。1996 年,他们研究了两组各为 5 例正常视力的人与先天性盲人,分别取垂直与斜向使用拐杖以小于 2N 的力量支撑,发现所有的人使用拐杖后与不使用拐杖人都能减小身体摆动,而斜向的拐杖比垂直方向的拐杖有效得多^[8]。1997 年 Jeka 等^[9]进一步研究了节律性振动的触觉信号对姿势的影响,发现接触振动频率为 0.1—0.5Hz 的金属杆,发现身体摆动与振动频率高度相关,提示指尖体感信息的速度觉部分影响了躯体平衡。1999 年 Lackner 等^[10]在实验中发现,手指的精细触觉在双侧前庭功能缺失的患者中能减少身体摆动。睁眼或闭眼情况下,手指小于 1N 的轻接触力都能延长在黑暗中站立的时间,同时认为轻触觉比视觉降低身体摆动作用更大。同样,轻触觉与较大力量的接触在盲人中同样能保持站立的稳定。目前为止几乎在神经病变、小脑疾病、酒醉者所有患者中手指的姿势稳定作用都测试过了,2003 年,Dickstein 等^[11]对足部有外周神经病变的糖尿病的患者进行研究,发现在患者中,指尖轻接触和重接触都无法缩短自动姿势反应的时间,但重接触能降低身体摆动幅度;对照组中,重接触和轻接触能增强原始姿势反射的敏感性,认为体感的代偿作用能够用于缩短滑动和步行中姿势反射的潜伏期。上述研究结果说明手具有替代足和腿部体感信息的潜力。说明触觉对于身体具有一定的稳定作用。

尽管目前对于触觉是否能影响平衡是有争议的,对于指尖精细触觉增加身体稳定性的机制研究仍在开展;Dickstein 等^[11]认为指尖轻接触提供了皮肤的信息,加上本体感觉信息可提供上肢形态的变化、方向和身体摆动的速度传入中枢神经系统。与此类似,Jeka 等^[12]认为其产生机制可能有两种,一

1 南京医科大学第一附属医院,江苏省人民医院康复医学科,210029

作者简介:朱奕,女,硕士研究生

收稿日期:2006-02-06

种与指尖触觉提供了躯干以外的身体摆动的代偿信息, 另一种是指尖触觉提供的更精确的体感信息, 因为指尖的两点辨别距离为 2mm, 而脚底的两点辨别距离为 10mm, 这正好分别与指尖接触时与不接触时身体的平均摆动幅度近似。另外, 他们研究发现, 如果在患者未知的情况下, 接触平面震动时会出现姿势反应(患者身体会随着接触面的频率摆动)。患者会发生有节律的摆动大大超过可察觉的极限, 但患者会认为该平面是稳定的^[12]; 这个研究证实: 触觉通过指尖感受到的躯体与接触面的相对速度来调整平衡。速度依赖的躯体感觉影响身体活动的神经生理学基础在外周和中枢神经系统已被很好的阐述过。这些结果第一次被用于解释体感输入对躯体平衡的影响。小于 4 岁的儿童的体感输入对平衡影响较小, 且对频率不如成人敏感^[13]。

3 其他触觉因素对人体平衡功能影响的研究

另外还有一些对脚底触觉、肩膀和腿被动的接触等研究也确认了触觉在维持平衡功能的稳定性中具有一定的作用, 有些在机制上提出了不同的看法^[14-17]。Mark W 等^[14]对 8 例正常人、14 例外周神经损伤的糖尿病患者和 25 例 70—79 岁的老年人进行肩膀和小腿的分别被动接触研究, 发现肩部的被动接触比腿部更能减低身体摆动, 认为其机制与本体感觉输入类似, 而并非与触觉提供的空间信息有关; 而且在蒙眼时和正常站立时身体摆动较大的人种更为明显, 解释为摆动明显时接受的被动接触信息更强。Anne Kavounoudias 等^[15]认为脚底的触觉能够引起身体摆动, 因为同样是 20Hz 的震动刺激, 对脚底的刺激能够比对胫前肌的刺激更明显的引起身体摆动。在发现脚部皮肤振动觉对姿势定向作用之后, Roll 等^[16]又发现脚底的触觉传入为垂直方向的姿势提供信息, 脚底感觉输入可能与踝关节本体感觉输入联合处理后起到姿势的稳定作用, 但是他们通过研究认为脚底触觉输入是通过本体感觉来影响姿势反应的。Vijaya Krishnamoorthy 等^[17]通过比较手指触觉、头部和颈部主动接触对身体摆动的影响, 发现头颈部的接触比手指接触能更有效的降低身体摆动, 认为是因为头颈部能够更直接的提供躯干摆动的信息, 而手指的摆动信息还要结合手和手臂的关节位置信息。

4 研究触觉对平衡功能影响的意义

触觉作为一种感觉输入对平衡功能产生影响的研究, 突破了以往人们认为平衡的感觉输入只有前庭、视觉和本体感觉三条途径的观点, 是对平衡理论的补充和完善。其研究的意义在于: ①进一步研究人体平衡控制的机制, 探索平衡不同输入系统之间的相互关系和作用。②可以进一步明确拐杖使用的机制: 拐杖除了机械性支撑以外, 通过手掌触觉信息的输入提供了空间的定位信息, 可以降低身体的摆动^[9]。一些研究发现斜向比垂直使用拐杖能更明显地降低身体摆动, 这对在平衡功能训练的患者中拐杖的使用角度具有指导意义^[8]。也有人认为拐杖使用后稳定性增加与心理因素有关, 心理上的安全感降低了身体摆动。Andersson 等^[18]发现前庭功能障碍的患者眩晕发作与中枢活动、压力和疲劳有关, 认为心理因素会影响姿势控制。Redfern 等^[19-20]研究了健康年轻人的反应时间在

维持不同难度的姿势时的差异, 发现姿势控制不受中枢活动的影响, 但维持姿势会延长反应时间。但 James R 等^[21]通过实验发现假想接触某一稳定物体并不能降低身体摆动。因此, 心理因素在平衡中的作用尚待进一步明确。③创立新的平衡训练方法: 外周神经损伤患者、前庭功能障碍患者、老年人平衡功能减退等患者中, 采用触觉训练的方法, 增加脚底和手部的触觉敏感性, 可有利于平衡功能的改善。

5 目前研究中存在的问题和今后研究的方向

国外指尖精细触觉与平衡功能关系研究开展已有十余年, 国内尚没有这方面的研究, 目前研究者们对触觉影响平衡的确定性和产生机制还存在争议。上述研究中还存在一些不够完善之处: ①支撑因素、心理因素的排除: 手指接触稳定平面所提供的力量虽然很小, 但毕竟存在支撑因素, 如何完全排除, 需要进一步的实验改进研究; 心理因素对平衡功能存在一定的影响, 但上述研究中大部分没有排除心理因素的作用, 这一点上仍需要进行深入研究。②作用机制仍不明确, 触觉是否通过空间定向对平衡功能起作用, 还是通过本体感觉途径起作用, 仍存在一些争论^[14]。③上述研究均局限于实验室研究, 尚未见触觉影响平衡的相关机制应用于临床的研究报道。④检测的技术: 重心计算的方法多以压力中心和头部摆动作为身体摆动的信息, 没有充分考虑肢体活动对重心的影响以及重心与压力中心之间的误差等。

今后的研究方向为: ①进一步改进研究方法和检测手段, 以确定指尖精细触觉对平衡功能影响的可信性。②进一步明确产生的机制和神经生理学基础。③基于上述研究, 创立新的平衡功能训练方法, 指导临床上平衡功能患者的拐杖使用与平衡功能训练。

参考文献

- [1] Redfern MS, Yardley L, Bronstein AM. Visual influences on balance[J]. J Anxiety Disord, 2001, 15(1-2): 81-94.
- [2] 郭丽敏, 迟放鲁. 姿势平衡中的感觉相互作用[J]. 上海医学, 2003, 26(4): 258-261.
- [3] Jeka JJ. Light touch contact as a balance aid[J]. Phys Ther, 1997, 77: 476-487.
- [4] Holden M, Ventura J, Lackner JR. Stabilization of posture by precision contact of the index finger[J]. J Vest Res, 1994, 4(4): 285-301.
- [5] Schmidt RF, Tews G. Physiologie des Menschen[M]. 23 edition. Berlin: Springer Verlag, 1987.
- [6] Johansson RS. Tactile sensibility in the human hand: receptive field characteristics of mechanoreceptive units in the glabrous skin area[J]. J Physiol(Lond), 1978, 281: 101-123.
- [7] Jeka JJ, Lackner JR. The role of haptic cues from rough and slippery surfaces in human postural control[J]. Exp Brain Res, 1995, 103(2): 267-276.
- [8] Jeka JJ, Easton RD, Bentzen BL, et al. Haptic cues for orientation and postural control in sighted and blind individuals[J]. Percept Psychophys, 1996, 58(3): 409-423.
- [9] John J, Jeka, Gregor Schöner, Tjeerd Dijkstra. Coupling of fingertip somatosensory information to head and body sway[J]. Exp Brain Res, 1997, 113: 475-483.
- [10] James R, Lackner, Paul DiZio, John Jeka, et al. Precision contact of the fingertip reduces postural sway of individuals with bilateral vestibular loss[J]. Exp Brain Res, 1999, 126: 459-466.

- [11] Dickstein R, Peterka RJ, Horak FB. Effects of light fingertip touch on postural responses in subjects with diabetic neuropathy[J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 2003, 74(5): 620—626.
- [12] Jeka JJ, Schoner G, Dijkstra T, et al. Coupling of fingertip somatosensory information to head and body sway [J]. Exp Brain Res, 1997, 113: 475—483.
- [13] Barela JA, Jeka JJ, Clark JE. Postural control in children. Coupling to dynamic somatosensory information[J]. Exp Brain Res, 2003, 2003, 150(4): 434—442.
- [14] Mark W, Rogers, Daniel L, Wardman, Stephen R, et al. Passive tactile sensory input improves stability during standing[J]. Exp Brain Res, 2001, 136: 514—522.
- [15] Anne Kavounoudias, Régine Roll, Jean-Pierre Roll. Foot sole and ankle muscle inputs contribute jointly to human erect posture regulation[J]. Journal of Physiology, 2001, 532(3): 869—878.
- [16] Roll R, Kavounoudias A, Roll JP. Cutaneous afferents from human plantar sole contribute to body posture awareness[J]. Neuroreport, 2002, 13(15): 1957—1961.
- [17] Vijaya Krishnamoorthy, Harm Slijper, Mark L. Latash. Effects of different types of light touch on postural sway [J]. Exp Brain Res, 2002, 147: 71—79.
- [18] Andersson G, Hagnebo C, Yardley L. Stress and symptoms of Meniere's disease: a time series analysis[J]. Journal of Psychosomatic Research, 1997, 43: 595—603.
- [19] Lucy Yardley, Mark S. Redfern. Psychological factors influencing recovery from balance disorders [J]. Anxiety Disorders, 2001, 15(1—2): 107—119.
- [20] Redfern MS, Jennings JR. Postural sway and attention[C]. Proceedings of the North American Congress on biomechanics. Waterloo, Ontario, Canada, 1998.
- [21] James R. Lackner, Ely Rabin, Paul DiZio. Stabilization of posture by precision touch of the index finger with rigid and flexible filaments[J]. Exp Brain Res, 2001, 139: 454—464.

· 综述 ·

肌电诱发的神经肌肉电刺激在偏瘫康复治疗中的作用*

郑 萍¹

脑血管疾病是一种常见病、多发病。据报道,在美国每年有 70 万人新患脑血管疾病,其中 75% 存在上肢功能障碍^[1]。众所周知,脑血管病偏瘫的患者腕手不能背伸是比较常见的,丧失这一功能也是手功能恢复的首要障碍,通常训练腕手的背伸功能是训练手抓握功能的第一步。临床工作中,在传统的 PT、OT 训练方法的基础上不断有新的治疗方法产生。如应用神经肌肉电刺激疗法、生物反馈技术等,这些治疗方法在临床上均取得了明显的疗效。

1 神经肌肉电刺激

神经肌肉电刺激 (neuromuscular electrical stimulation, NMES) 是近年来在偏瘫康复治疗中应用较广泛的方法之一。1961 年 Lieberman 等^[2]首先应用表面电极刺激偏瘫患者下肢腓神经,引发患者的踝关节产生背伸、外翻的动作。在临床上,可直接利用神经肌肉电刺激,来刺激患肢体表或与之相对应的周围神经,通过刺激突触前膜对肌梭反射的抑制作用^[3],在早期可维持瘫痪肌肉的收缩能力,在痉挛期可降低偏瘫患者上肢的肌张力^[4],增强瘫痪肢体的肌肉力量^[5],改善患侧肩关节半脱位及肩关节疼痛,扩大肩关节活动范围^[6],提高患者的运动功能和日常生活动作能力^[7]。

在临床上已有许多文献报道。如 Chae J 等^[8]选用 46 例脑卒中患者随机分为两组,治疗组予腕伸肌和手指伸肌的神经肌肉电刺激治疗,对照组予同样部位的安慰性电刺激,1h/d,在治疗开始及 4 周、12 周分别用 FMA、FIM 对上肢运动功能和日常生活动作能力进行评测,试验表明 4 周及 12 周治疗组 FMA 评分有显著提高,而 FIM 评分无明显变化。以上数据表明:神经肌肉电刺激可以促进脑卒中患者上肢功能的恢

复,但是由于样本数量少,所以不能看到在日常生活动作能力方面有显著的提高。

2 生物反馈技术

生物反馈技术 (biofeedback techniques) 是指应用电子仪器,将人们正常情况下意识不到的身体生理活动和生理功能 (如肌电、肌张力、血压等) 变化,转变为可以被人感觉到的信号,如声音、图像等,再让患者根据这些可感觉到的信号学会在一定范围内通过意识调控内脏器官或机体的活动,纠正偏离正常范围机体功能的一种治疗方法^[9]。对于偏瘫患者的治疗来说,在早期,可以提高肌肉的兴奋性;在后期,可降低痉挛肢体的肌张力^[10],增强患肢肌力以及肌肉运动的灵活性^[11]、协调性,改善垂足、肩关节半脱位等症状,提高髋、膝关节的控制能力^[12]。目前在临床上以表面肌电生物反馈在脑卒中后偏瘫中的应用最为成熟^[13-14]。如 Piron L 等^[15]对 24 例发病在 3 个月以内的缺血性脑血管病患者进行了研究,将他们随机分为 2 组,治疗组与对照组各为 12 例。其中治疗组通过计算机应用虚拟环境训练方法训练患者的上肢功能。通过计算机系统,患者可以在屏幕上直接看到所要训练肌肉的肌电值,且能听到扬声器发出的声音信号,根据该值的变化,患者进行收缩、放松等动作的训练,以便使患者逐渐通过反馈信号控制瘫痪肌肉的功能。而对照组 12 例,针对患者上肢应用常规康复训练方法。经过 5—7 周,1 次/天,5 次/周的治疗,发现治

* 审校:纪树荣 (中国康复研究中心, 100068)

1 北京友谊医院物理康复科, 100050

作者简介:郑萍,女,硕士,主治医师

收稿日期:2005-11-24