

· 继续教育园地 ·

康复工程在脊髓损伤康复中的应用

胡永善

脊髓损伤(spinal cord injury, SCI)常造成患者截瘫或四肢瘫。SCI 多由高空作业坠落、交通事故、矿难砸伤和体育运动意外等造成的不同程度的颈、胸、腰段椎骨损伤引起的脊髓横贯性伤害,造成损伤平面以下的脊髓神经功能如感觉、运动障碍,引起反射异常以及大小便失禁等相应的病理改变,这就是常说的“四肢瘫”(指颈部脊髓损伤)和“截瘫”(指胸、腰段脊髓损伤)。很多脊髓损伤患者生活不能自理,并且可产生许多合并症。如长期卧床局部皮肤受压产生的压疮;因小便失禁造成的泌尿系感染;长期不能站立引起的骨质疏松甚至骨折;制动引起的关节挛缩、肌肉萎缩;以及脊髓神经破坏导致的痉挛和疼痛;髋关节、膝关节周围异位骨化和下肢静脉血栓等^[1]。另外,由于目前对 SCI 后神经元的损伤的治疗尚无有效方法,易给患者造成极大的心理创伤。康复干预对 SCI 患者功能的恢复非常重要,是治疗 SCI 的主要治疗手段。

康复工程是医学与工程技术相结合的一门学科。在进行康复检查、评定、治疗、训练时,需要一定的设备;为使功能障碍患者恢复或重建功能和实现生活自理均需要相应的装置;重残者的搬运与护理也需要必要的设施。康复工程是 SCI 康复治疗的主要方法之一。我们可以通过运用一些必要的器械、支具帮助患者训练,最终代偿和恢复患者部分的功能。现简单介绍一些 SCI 相关的康复工程器械。

下肢康复机

根据骑车原理,由电机带动,使患者的双腿随着脚踏板的旋转运动做被动圆周运动。预防肌肉萎缩、关节挛缩、褥疮及其他并发症。

减重步行器

通过电动吊带将患者的身体吊起,从而减轻患者步行中身体的重量,让患者在早期下肢不能完全负重的情况下开始步态训练^[2,3],使下肢肌肉获得全面的被动和主动训练^[4]。可配合康复跑步机使用。

康复跑步机

为 SCI 患者专门设计的电动跑步机^[5,6],不同于普通健身跑步机,其特点是扶手长(防止患者侧摔)、传送带宽(≥ 45 cm)、速度慢(启动速度 ≤ 0.2 km/h)。

常用矫形器

步行矫形器的种类较多,应根据患者 SCI 的水平选择适合的矫形器(表 1),最为常见的有截瘫行走器(walkabout)、往复式截瘫步行器(reciprocating gait orthosis, RGO)、改良往复式截

瘫步行器(advanced reciprocating gait orthosis, ARGO)等。

1. Walkabout:适用于胸₁₀平面以下的完全性截瘫患者。是利用钟摆的原理设计而成,当患者穿戴矫形器行走时,躯干和重心向一侧倾斜、移动,使另一侧下肢离开地面,然后重心前移,完成腿摆动的动作。

2. RGO:适用于胸₆以下完全性损伤截瘫患者。当患者一侧髋关节做髋过伸运动时,通过髋关节后方的导索的等长移动,带动另一侧的髋关节做屈曲运动,从而达到带动下肢向前移动目的。

3. ARGO:适用于胸₄以下完全性截瘫患者。作用原理和 RGO 一样,是 RGO 的改进型,主要增加了髋膝关节助伸气压装置,不仅在步行过程中有助动功能,而且在坐位和站位的转换过程中也可得到助动功能的帮助,患者在使用过程中稳定性大大提高,能量的消耗也降低不少。

表 1 SCI 水平与步行矫型器的选择

脊髓损伤水平	无助动步行矫型器康复目标	助动型步行矫型器康复目标
胸 ₁ ~胸 ₅	应用骨盆带长下肢支具及腋拐进行支具站立训练	应用 ARGO 及肘拐进行站立训练或训练性步行
胸 ₆ ~胸 ₁₀	应用骨盆带长下肢支具及腋拐进行训练性步行	应用 ARGO 及肘拐进行社区近距离实用步行(胸 ₄ 以下)
胸 ₁₁ ~胸 ₁₂	应用骨盆带长下肢支具及腋拐进行室内实用性步行	应用 ARGO 及肘拐进行社区实用步行
腰 ₁	应用长下肢支具及腋拐进行室内实用性步行	应用 ARGO 及肘拐进行社区实用步行
腰 ₂	应用长下肢支具及腋拐室内或社区近距离实用性步行	应用 ARGO 及肘拐进行社区实用步行
腰 ₃ ~腰 ₄	应用短下肢支具及肘拐社区实用步行	无必要应用助动型步行矫型器
腰 ₅ ~骶 ₁	用足托及单拐进行社区步行	
骶 ₂	社区步行	

功能性电刺激系统

通过人工电子装置代替损伤神经刺激其控制的靶器官,以实现其功能。用人工植入的肌电控制系统代替大脑与肌肉的联系,以重建肌肉的功能^[7]。截瘫行走用功能性电刺激系统一般就是将电极置于患者体表或体内^[3]。具体植入方式可分为无创式、半植入式、植入式。下肢站立行走功能涉及两侧下肢,需要的肌肉较多,且对本体的平衡控制要求高。因此,下肢神经假体的制作难度较上肢大,即使安装了神经假体,患者仍需手扶框架平衡器才能站稳行走。这方面以美国克利夫兰的凯斯西部保留地大学和退伍军人事物局及神经控制公司合作研制的 CWRU/VA 站立神经假体较为成熟,已经应用 12 例并观察至少 4 年以上^[8]。结果证明,对截瘫患者,能达到独立在水平方向和上下方向转移身体、站立行走;对低位颈椎四肢瘫患者,虽然不能独立转移身体,但患者也能从该装置获得巨大帮

助^[9]。

训练方法:①对于不完全截瘫,应尽早开始并很有机会将其伸展膝关节的肌力恢复到完全依靠自己的力量站住的程度。为了恢复走路功能,除刺激股四头肌之外,还应集中在远侧肌群,特别是足的背屈肌的刺激。刺激应达到两种作用,即下垂足的背屈与模仿走路摇摆期的屈肌反应。②对于完全性截瘫,则需先刺激股四头肌,使其力量增加到可承受自身体重站立。待站立稳定后,即可与不完全截瘫患者一样在功能性电刺激系统的帮助下,进行行走训练。

智能假肢

利用人体信息来控制机器人运动,它更具有人的功能和特征,实现人的肢体运动,用来弥补肢残人的功能障碍,是人、机有机结合的产物,它就像人体的某一部分,由人控制其自如的运动,是机器人发展的高级阶段。从上世纪 80 年代开始,这方面的研究出现了突破性的进展,最近几年更是诞生了众多的数学模型和计算机算法,几乎能够实时地把神经放电活动翻译成计算机屏幕上的光标运动,或者假肢的运动轨迹。美国斯坦福大学开发的 ProVAR 系统,可以用语言、头部轨迹跟踪系统控制,该系统主要为那些无法活动,但可以与外界沟通,具有正常感知能力的残疾人设计。最近,《Nature》发表了美国匹兹堡大学的一项最新研究成果^[10]。实验人员将一个微电极阵列植入到恒河猴大脑的运动区,采集多个神经细胞的放电信号,经过计算机的实时处理,转换成电动假肢的控制命令。经过一段时间的训练,猴子学会了用自己的大脑神经信号直接控制假肢的运动,抓取食物喂到自己的嘴里。在此过程中,猴子对抓取力度和假肢运动轨迹的控制达到了很高的准确度,几乎把假肢当成了自己的手臂来“使用”。这项研究中包含的 3 项关键技术:运动轨迹翻译算法、电动假肢的自然控制、使用者的适应性训练,对将来在人类身上实现大脑控制的智能假肢具有重要的启发意义。值得一提的是,这项研究中使用的电动假肢是由我国中科院上海科生假肢有限公司设计制造的独立日常生活而设计的。

康复机器人

21 世纪,康复工程的专家开始研究利用康复机器人来提高治疗质量,帮助康复治疗师进行康复锻炼,促进患者的功能恢复,从而减轻康复治疗师的工作量^[11]。

1. 自动训练的技术:即使用机器人对患者进行康复训练。如 Lokomat 系统采用的增强反馈训练,使渐进的功能性运动治疗成为可能。它以神经可塑性为原理,神经系统疾病患者可以通过连续不断的重复训练使日常生活活动能力得到训练和改进。Lokomat 自动化步态训练的优势在于:①生理步态模式;②训练时间更长;③脚部负荷力增加;④只需 1 个治疗师,尤其适用于人工功能训练困难的患者。

2. 护理机器人:可以在病房或残疾人家庭中代替护理人员的一些工作。单臂护理机器人可按照残疾人的意志,拿取远处的东西,辅助残疾人进水、进食、进药等。长期卧床而意识健全的重残人,可在病房、家庭中使用日常生活护理机器人

系统,在相应机构的配合下可实现的护理项目有:体位变换、大小便的排泄、躯体移动、饮食料理、信息传递(通讯)、紧急逃离等。

环境控制器

四肢不能活动的重残患者,其嘴、牙和颈部的动作还能受脑神经的支配,因此可以利用这些尚存的活动能力。可通过这些器官控制一些开关,按照编好的程序表达自己的意愿,操作一些家庭设施,如吹气表示打开电视、吸气表示关掉电视等。我国清华大学电机系和中国康复研究中心已合作研制成功了一套生活环境控制系统,可望在近期内批量生产。

SCI 的康复目标是尽可能地使患者恢复运动功能,提高日常生活活动能力与生活质量,回归社会。康复训练是一个长期的过程,随着社会的进步,康复工程在残疾康复领域起着越来越重要的作用,而且随着康复工程学与现代医学的紧密结合,一些具有实用意义的研究成果将发挥更重要的作用。

(测试题见本期 807 页,答题卡见本期 856 页)

参 考 文 献

- [1] 俞利琴. 脊髓损伤的护理和康复指导. 现代中西医结合杂志, 2007, 16: 4869-4870.
- [2] Galvez JA, Budovitch A, Harkema SJ, et al. Quantification of therapists' manual assistance on the leg during treadmill gait training with partial body-weight support after spinal cord injury. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc, 2007, 2007: 4028-4032.
- [3] Postans NJ, Hasler JP, Granat MH, et al. Functional electric stimulation to augment partial weight-bearing supported treadmill training for patients with acute incomplete spinal cord injury: a pilot study. Arch Phys Med Rehabil, 2004, 85: 604-610.
- [4] Behrman AL, Harkema SJ. Locomotor training after spine cord injury: a series of case studies. Phys Ther, 2008, 80: 688-700.
- [5] Dietz V. Body weight supported gait training: from laboratory to clinical setting. Brain Res Bull, 2008, 76: 459-463.
- [6] Mehrholz J, Kugler J, Pohl M. Locomotor training for walking after spinal cord injury. Cochrane Database Syst Rev, 2008, 16: CD006676.
- [7] Mushahwar VK, Jacobs PL, Normann RA, et al. New functional electrical stimulation approaches to standing and walking. J Neural Eng, 2007, 4: 181-197.
- [8] Krebs HI, Volpe BT, Aisen ML, et al. Increasing productivity and quality of care: robot-aided neuro-rehabilitation. J Rehabil Res Dev, 2000, 37: 639-652.
- [10] Hopkin M. Monkeys move robotic arm using brain power. Nature, 2008, 28: 347-354.
- [11] Emken JL, Harkema SJ, Beres-Jones JA, et al. Feasibility of manual teach-and-replay and continuous impedance shaping for robotic locomotor training following spinal cord injury. IEEE Trans Biomed Eng, 2008, 55: 322-334.

(收稿日期: 2008-11-12)

(本文编辑: 阮仕衡)