Advances in Clinical Medicine 临床医学进展, 2021, 11(3), 1235-1240
Published Online March 2021 in Hans. http://www.hanspub.org/journal/acm
https://doi.org/10.12677/acm.2021.113178

Hans汉斯

智能化手功能训练治疗肩手综合征的研究进展

吕建凯，宫健伟*

滨州医学院康复医学院，山东 烟台
Email: *jwgongfzh@163.com

收稿日期：2021年2月17日；录用日期：2021年3月5日；发布日期：2021年3月25日

摘 要

肩手综合征是卒中后最常见的一种并发症，严重影响患者的预后和康复治疗。肩手综合征的治疗有多种方法，很多研究表明智能化手功能训练对肩手综合征的治疗真实有效。结合肩手综合征的发病机制等因素综述智能化手功训练治疗肩手综合征的研究进展，可为肩手综合征的治疗提供更有效的治疗方法。

关键词

智能化手功能训练，机器人，肩手综合征

Research Progress of Intelligentized Hand Function Training for Shoulder-Hand Syndrome

Jiankai Lv, Jianwei Gong*

Rehabilitation Medical College, Binzhou Medical University, Yantai Shandong
Email: *jwgongfzh@163.com

Received: Feb. 17th, 2021; accepted: Mar. 5th, 2021; published: Mar. 25th, 2021

Abstract

Shoulder-hand syndrome is the most common complication after stroke, which seriously affects the prognosis and rehabilitation of patients. There are many ways to treat shoulder-hand syndrome. Many studies have shown that intelligent hand function training is truly effective in the treatment of shoulder-hand syndrome. Combining the pathogenesis of shoulder-hand syndrome and other factors, reviewing the research progress of intelligent hand training in the treatment of

*通讯作者。

文章引用: 吕建凯, 宫健伟. 智能化手功能训练治疗肩手综合征的研究进展[J]. 临床医学进展, 2021, 11(3): 1235-1240.
DOI: 10.12677/acm.2021.113178

shoulder-hand syndrome can provide more effective treatment methods for the treatment of shoulder-hand syndrome.

Keywords

Intelligent Hand Function Training, Robot, Shoulder-Hand Syndrome

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Open Access

1. 引言

肩手综合征的发病率在逐年升高，患者常表现为上肢的疼痛伴肿胀，如不及时治疗，会出现不可逆性手功能障碍，严重影响患者的生活质量。智能化手功能训练有着无法替代的作用，可帮助治疗师完成长时间的康复治疗，同时具有准确及客观数据，能够直观反映康复效果。通过手功能的训练可减轻患者的症状，同时帮助患者恢复正常的功能，改善患者的生活质量。本文着重讲述了智能化手功能训练对肩手综合征的治疗效果。

2. 肩手综合征

2.1. 定义

脑卒中患者在发病 1~3 个月发生肩痛及其相关功能障碍，限制了上肢的功能活动，具体表现：肩痛、肩部关节障碍合并手的肿痛，后期还会出现肌肉的猥琐、手指关节畸形，影响患侧上肢的功能。

2.2. 病因机制

目前肩手综合征得发生机制尚不明确[1]，其中妨碍静脉回流的腕关节屈曲机制，目前大部分学者倾向于这种观点。1) 交感神经功能障碍：交感神经受刺激后出现血管运动障碍，导致患者肩手部出现肿胀、疼痛等[2]。2) “肩手泵”理论：血液的回流主要靠静脉瓣和淋巴管完成。回流的主要动力是肌肉的收缩活动，肌肉的运动能使脉管收缩和舒张，当肌肉无法活动时，就不能为脉管提供动力，泵的作用减弱甚至消失，以致于血液回流减少[3]。3) 腕关节屈曲，而影响静脉回流，这是瘫痪患者出现 SHS 的最基本的原因[4]。4) 患者体位变化时，由于患者家属或护理人员不正确的牵拉患侧关节，可以引起水肿和疼痛[5]。

2.3. 分期

根据患者的临床症状可分为三期(目前最主要的分期标准)：第 I 期：手部及腕部出现明显肿胀，并伴有肩部的疼痛，活动时疼痛加剧，患者会出现惧怕疼痛，变得不敢活动。随着病情的进展；第 II 期：患者会出现手部肌肉的萎缩，活动受限，并出现手部痉挛，但同时患者肩手部的症状会明显减轻；第 III 期：患侧肌肉明显萎缩，手指甚至会出现畸形，挛缩加重，失去运动功能，导致残疾[6]。

2.4. 治疗方法

肩手综合征的治疗方法主要包括传统的康复手段(PNF 技术：Proprioceptive Neuromuscular Facilitation，即本体感觉神经肌肉促进技术；OT：Occupational Therapy，即作业疗法；中医传统治疗：Traditional

Chinese Medicine Treatment)、物理因子治疗、智能化手功能训练、药物治疗及微创治疗等[4]。目前 SHS 的没有特效药物，众多的治疗手段均有效，不能实现规范化的治疗，缺乏共识，其根本原因是其发病机制尚不明确。未来应该是全方位的联合，联合多种治疗手段治疗 SHS。

3. 智能化手功能训练

随着现代科学技术的发展，越来越先进的仪器及技术应用到临床中，包括 VR 技术，计算机技术，人机互动等技术。手功能机器人具有计算机强大的功能，其准确，可长时间训练，同时可提供训练的客观依据，可以依据患者运动模式及时调整运动输出参数，帮助患者科学训练，是人力所不能及[7]。手部智能化康复训练可以帮助患者完成手的抓握、背屈、伸展训练，有利于患者手部功能的恢复。目前国内外主要的智能化手功能训练有指端控制式机器人、外骨骼式机器人、气动或液动驱动的机器人和 BCI [8] [9] [10] [11]。

3.1. 外骨骼式机器人

外骨骼机器人是可以轻松戴在脑卒中患者手上的一种仿生手，该机器人有 5 个手指，各个手指都有单独的执行器，每个手指都能完成二自由度的活动，其可以实现手指的同步运动，也可完成单个手指的运动，它可以通过调节来适应不同手指大小的患者，实现其实用性；同时该机器人可随身携带，可随时随地进行功能训练，不再受地点及治疗人员的限制。脑卒中患者手部常表现为屈曲状态，此机器人可实现手部功能的重现，有利于患者手功能的恢复[12] [13] [14]。研究指出外骨骼式机器人可以有效改善手功能，还可以训练肢体感觉，刺激感觉，从而有效改善关节活动，恢复运动和感觉功能，并且因其智能化，方便患者进行康复训练，解放了康复治疗师，弥补了传统康复手段的局限性[15]。还有研究提出外骨骼机器人主要包括三个部分：肌电采集系统、肌电控制系统和外骨骼系统。外骨骼机械手包括手指组件和手掌支持平台，其中手指组件采用 4 连杆机构，可进行单个手指的屈伸，通过肌电采集系统采集健手运动时关键肌的表面肌电信号，由肌电控制系统识别，输出健手的动作模式，再由外骨骼系统辅助患手完成相同的动作，以帮助患手功能重建。此研究指出在手部外骨骼机器人辅助下，患手可以完成抓握、伸展等运动，且患者的手功能恢复程度明显[16]。李敏等[17]的研究指出外骨骼式手功能机器人的运动符合人体生理结构，能够帮助患者完成类似手指的主动屈曲运动。易金花等[18]的研究指出外骨骼手功能训练器具有优越的功能，因其仿生性和舒适性，符合手部生理构造，可完成正常人的手指抓握运动，同时具有很强的穿戴性，具有良好的手部功能训练效果。通过佩戴外骨骼式手功能训练器，对比正常人的手指活动范围，患者的手指活动范围约为正常人手指活动范围的一半左右，同时可实现手掌的对掌等功能，对患者手功能的训练具有良好的帮助作用[19]。虽然外骨骼机器人科可以改善患者的手部功能训练，但其造价昂贵，且体积较大，不适合家庭康复。

3.2. 气动或液动驱动的机器人

气动或液动驱动的机器人由四个主要元素组成：由涂层尼龙 PU 制成的手套，带有可调节尺寸的包容腕带，一组气动执行器(安装在手背侧)和一组肌腱(固定在手掌上)。手套的手掌具有双层织物层，允许沿着两条平行的接缝线引导的肌腱绕线，从而形成每个肌腱通道；气动执行器的每个腔室都由一个气密的乳胶气囊组成，通过一个输入/输出通道进行加压或释压。向气囊施加正气压后，腔室将膨胀，织物套筒由于其不可延展性，会膨胀为圆柱形状，空气的压力和织物套的反作用力之间的相互作用力产生了的拉直动力，实现手的一系列运动[20]。哈佛创新研发了一种柔性织物机器人，由三层纺织品缝合成一副带有两个空间的织物。当一气囊或气球被放置在纺织品一个空间内，并施压压力时，气球就会膨胀，导致织物伸展或弯曲。这种织物材料是一种非常坚硬的编织物，当压力达到一定程度时，纺织物变硬，使得

手指拉长[21]。机器人利用患者残存的手指功能，来实现手指的一系列运动，实现手部屈曲、伸展、抓握等运动，以实现手部功能的恢复[22]。Yap HK 等[23]的研究介绍了一种机器人，帮助患者完成手的抓握活动，能够帮助患者获得更大的关节活动范围，并帮助患者更好地控制肢体肌肉运动。此种手部功能机器人，便于携带，适用于家庭或社区康复。

3.3. 脑机接口

BCI 是一种对脑信号作出反应的设备，即在大脑与外部设备之间提供直接的通信路径。BCI 可以通过使用大脑信号来显示大脑活动状态，从而大幅改善患有严重神经系统疾病的人的生活，对中风或其他创伤性脑疾病后的人运动的恢复提供有效的运动控制，还可用于完善肌肉控制[24] [25]。BCI 通过收集反映大脑活动的相关信息，并实时处理它们，目的是在用户环境上执行操作或提供用户对发生在其中的特定过程的反馈。BCI 是他们与环境互动的能力，其中的相关信息可以反馈给治疗师，也可以反馈给用户[26]。有研究表明 BCI 可以实现单个手指的伸展运动，实现患侧手臂或者手臂的功能训练，可以代替传统的手功能训练[27]。而且 BCI 通过计算机技术构建人脑与外界交互的窗口，将大脑复杂的神经活动输出为外部设备可以读取的信号，从而控制外部设备，从而帮助患者运动功能的恢复，也可以把外界信息反馈给大脑，以实现脑神经重塑和功能的恢复[28] [29] [30]。有研究表明利用脑机接口技术，可以实现患者的主观能动性，提高患者康复的意愿，从而提高康复的质量，同时通过反馈刺激，可以刺激神经功能的恢复，促进运动功能的恢复[31] [32]。梁思婕等[33]的临床研究表明 BCI 联合常规康复治疗对上肢功能的恢复具有良好的效果，同时可提高患者自理能力。BCI 旨在实现神经功能的重塑，其本质是反馈，适用于神经传导障碍的患者，但其大脑神经功能是正常的患者。

3.4. 指端控制式机器人

为了改善手功能和精细的运动技能，开发出了电动手指机械手。AMADEO 系统由手指/手部矫形器，可垂直调节的 PC 桌，用于等距力测量的传感器系统以及包含多个治疗模块的集成软件组成。该软件为手指和拇指提供屈曲伸展的运动模式，可以在预设的运动范围内持续完成屈伸运动。通过特定运动和重复性的机器人辅助训练改善上肢的生理运动模式[34] [35]。这项研究发现，卒中后的患者能够成功使用指端控制式机器人设备进行训练，通过六周的功能训练多项运动指标得到了改善[34]。有研究表明机器人辅助手部治疗，通过治疗后在上肢 Fugl-Meyer 评估和九洞钉测试方面有所提高，同时患者感觉运动可塑性得到明显改善[36]。指端控制式机器人可以真实模拟手的生理屈曲伸展运动，促进前臂肌肉收缩舒张，从而促进静脉回流，改善手部功能障碍。比较适用于临床，具有方便可行性。

4. 小结

肩手综合征是脑卒中常见的并发症之一，发生后患者的肢体运动功能降低，影响日常的生活及运动，同时考虑其发生率较高，如不早期治疗会产生严重后果，导致肌肉萎缩，甚至永久失去运动功能[37]。结合上述文章中肩手综合征的发生机制中的“肩手泵”理论，通过智能化手功能训练，卒中患者上肢肌肉得到收缩和舒张，从而为血液的回流提供了动力，从机制上就改善了肩手综合征的临床症状。

综上所述，智能化手功能训练，可以有效改善卒中后上肢功能障碍，为患者减轻痛苦，尽快帮助患者回归家庭、回归社会。SHS 现阶段没有一种治疗手段是特别有效的，故不能仅采用单一手段，应该多方面发展，联合多种手段。最好能够早发现早干预，避免病程的进展，努力帮助患者恢复原有的功能[38]。

参考文献

[1] 潘忠益, 夏杨, 尹晶, 等. 臭氧穴位注射结合体外冲击波治疗肩手综合征的 60 例临床疗效观察[J]. 按摩与康复

医学, 2018, 9(19): 15-17.

[2] 周晶晶. 综合康复治疗脑卒中后肩手综合征的效果分析[J]. 心血管外科杂志(电子版), 2019(1): 69-70.

[3] 李新洲, 陆兰芬. 脑卒中后肩手综合征治疗进展[J]. 右江民族医学院学报, 2014(2): 273-275.

[4] 周游飞, 王德强, 李红卫, 等. 脑卒中后手部活动障碍的研究进展[J]. 中国康复, 2017, 32(2): 151-154.

[5] 仲丽. 中西结合分期施护对脑卒中后肩手综合症疗效的影响[J]. 云南中医中药杂志, 2015, 36(10): 101-102.

[6] 吴圣婕, 雷迈, 谭威, 等. 脑卒中后肩手综合征的病因机制及诊疗进展[J]. 广西医学, 2015, 37(7): 953-955.

[7] 霍耀璞, 王爱民, 赵昌森. 基于力反馈的手功能康复训练系统设计[J]. 测控技术, 2019, 38(8): 6-10.

[8] Nijenhuis, S.M., Prange, G.B., Amirabdollahian, F., *et al*. (2015) Feasibility Study into Self-Administered Training at Home Using an Arm and Hand Device with Motivational Gaming Environment in Chronic Stroke. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, **12**, 89. https://doi.org/10.1186/s12984-015-0080-y

[9] Jeon, H. and Shin, D.A. (2015) Experimental Set Up of P300 Based Brain Computer Interface Using a Bioamplifier and BCI2000 System for Patients with Spinal Cord Injury. *Korean Journal of Spine*, **12**, 119. https://doi.org/10.14245/kjs.2015.12.3.119

[10] Popescu, D., Ivanescu, M., Manoiu-Olaru, S., *et al*. (2015) Development of Robotic Gloves for Hand Rehabilitation Post-Stroke. 20*th International Conference on Control Systems and Computer Science*, Bucharest, 27-29 May 2015, 838-844. https://doi.org/10.1109/CSCS.2015.95

[11] 郭晓辉, 王晶, 徐光华. 手部功能康复机器人研究最新进展[J]. 中国康复医学杂志, 2017, 32(2): 235-240.

[12] Hu, X.L., Tong, K.Y., Wei, X.J., *et al*. (2013) The Effects of Post-Stroke Upper-Limb Training with an Electromyography (EMG)-Driven Hand Robot. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, **23**, 1065-1074. https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2013.07.007

[13] Ockenfeld, C., Tong, R.K.Y., Susanto, E.A., *et al*. (2013) Fine Finger Motor Skill Training with Exoskeleton Robotic Hand in Chronic Stroke: Stroke Rehabilitation. *IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics*, Seattle, 24-26 June 2013, 1-4. https://doi.org/10.1109/ICORR.2013.6650392

[14] Weiss, P., Heyer, L., Munte, T.F., *et al*. (2013) Towards a Parameterizable Exoskeleton for Training of Hand Function after Stroke. *IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics*, Seattle, 24-26 June 2013, 1-6. https://doi.org/10.1109/ICORR.2013.6650505

[15] Decker, M. and Kim, Y. (2017) A Hand Exoskeleton Device for Robot Assisted Sensory-Motor Training after Stroke. *IEEE World Haptics Conference* (*WHC*), Munich, 6-9 June 2017, 436-441. https://doi.org/10.1109/WHC.2017.7989941

[16] 程迎, 高晓平, 陈和木, 等. 手部外骨骼机器人辅助双侧对称性训练与镜像疗法对偏瘫患者手功能的康复效果比较[J]. 安徽医学, 2019, 40(12): 1319-1322.

[17] 李敏, 陈佳洲, 何博, 等. 多段连续结构手功能康复外骨骼运动规划与结构优化[J]. 西安交通大学学报, 2019, 53(10): 1-9.

[18] 易金花, 李继才, 胡鑫, 等. 轻型化外骨骼手功能训练器结构设计及实现[J]. 中国生物医学工程学报, 2014, 33(5): 630-634.

[19] 李继才, 官龙, 胡鑫, 等. 外骨骼式手功能康复训练器结构设计[J]. 中国康复理论与实践, 2013(5): 412-415.

[20] Stilli, A., Cremoni, A., Bianchi, M., *et al*. (2018) AirExGlove—A Novel Pneumatic Exoskeleton Glove for Adaptive Hand Rehabilitation in Post-Stroke Patients. *IEEE International Conference on Soft Robotics* (*RoboSoft*), Livorno, 24-28 April 2018, 579-584. https://doi.org/10.1109/ROBOSOFT.2018.8405388

[21] 周雨. 哈佛创新研发的柔性织物机器人[J]. 中国纤检, 2019(10): 114-115.

[22] Connelly, L., Jia, Y., Toro, M.L., *et al*. (2010) A Pneumatic Glove and Immersive Virtual Reality Environment for Hand Rehabilitative Training After Stroke. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, **18**, 551-559. https://doi.org/10.1109/TNSRE.2010.2047588

[23] Yap, H.K., Lim, J.H., Nasrallah, F., *et al*. (2017) Design and Preliminary Feasibility Study of a Soft Robotic Glove for Hand Function Assistance in Stroke Survivors. *Frontiers in Neuroscience*, **11**, 547. https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00547

[24] Shih, J.J., Krusienski, D.J. and Wolpaw, J.R. (2012) Brain-Computer Interfaces in Medicine. *Mayo Clinic Proceedings*, **87**, 268-279. https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2011.12.008

[25] Wolpaw, J.R., Birbaumer, N., McFarland, D.J., *et al*. (2002) Brain-Computer Interfaces for Communication and Control. *Clinical Neurophysiology*, **113**, 767-791. https://doi.org/10.1016/S1388-2457(02)00057-3

[26] Cincotti, F., Pichiorri, F., Arico, P., *et al*. (2012) EEG-Based Brain-Computer Interface to Support Post-Stroke Motor

Rehabilitation of the Upper Limb. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, San Diego, 28 August-1 September 2012. https://doi.org/10.1109/EMBC.2012.6346871

[27] Daly, J.J., Cheng, R., Rogers, J., *et al*. (2009) Feasibility of a New Application of Noninvasive Brain Computer Interface (BCI): A Case Study of Training for Recovery of Volitional Motor Control after Stroke. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, **33**, 203-211. https://doi.org/10.1097/NPT.0b013e3181c1fc0b

[28] 朱玉连, 梁思捷. 脑机接口技术治疗脑卒中后运动功能障碍研究进展[J]. 康复学报, 2020, 30(2): 162-166.

[29] 刘小燮, 毕胜. 脑机接口技术的康复应用及研究进展[J]. 中国康复医学杂志, 2014, 29(10): 982-986.

[30] 燕桢, 张立新. 脑机接口在康复治疗中的应用[J]. 中国康复医学杂志, 2020, 35(2): 228-232.

[31] 王鑫哲. 脑机接口技术在医疗领域的应用前景分析[J]. 科技传播, 2019, 11(5): 145-146.

[32] 孟飞, 黄军友, 高小榕. 基于脑-机接口技术的上肢康复训练系统[J]. 中国康复医学杂志, 2004, 19(5): 327-329.

[33] 梁思捷, 朱玉连, 王卫宁, 等. 脑机接口技术在脑卒中患者上肢功能障碍康复中的应用[J]. 中国康复医学杂志, 2020, 35(2): 185-188.

[34] Stein, J., Bishop, L., Gillen, G., *et al*. (2011) A Pilot Study of Robotic-Assisted Exercise for Hand Weakness after Stroke. *IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics*, Zurich, 29 June-1 July 2011. https://doi.org/10.1109/ICORR.2011.5975426

[35] Lum, P.S., Godfrey, S.B., Brokaw, E.B., *et al*. (2012) Robotic Approaches for Rehabilitation of Hand Function after Stroke. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, **91**, S242-S254. https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e31826bcedb

[36] Calabrò, R.S., Accorinti, M., Porcari, B., *et al*. (2019) Does Hand Robotic Rehabilitation Improve Motor Function by Rebalancing Interhemispheric Connectivity after Chronic Stroke? Encouraging Data from a Randomised Clinical Trial. *Clinical Neurophysiology*, **130**, 767-780. https://doi.org/10.1016/j.clinph.2019.02.013

[37] 陈莉萍, 王莹, 李海峰, 等. 综合康复治疗脑卒中后肩手综合征的疗效观察[J]. 内蒙古中医药, 2018, 37(11): 84-85.

[38] 张馨月, 周进, 翟裕聪, 等. 脑卒中后肩手综合征非药物疗法的应用现状[J]. 按摩与康复医学, 2019, 10(6): 48-50.