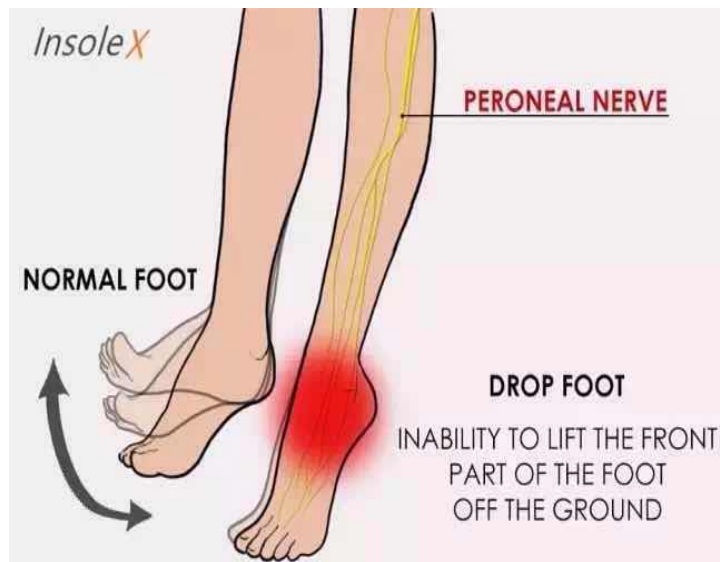




步态诱发功能性电刺激 对足下垂的影响

林雨薇	14364011
李雪宜	14364014
陈怡静	14364017
沈玉贤	14364019
谢运娟	14364020

足下垂



瘫痪中患者最常见后遗症之一

坐位骨神经腓肠肌痉挛麻痺跖屈位且
完全不能背屈与内、外翻

下肢瘫痪

治疗方法



器械矯形器

目录

1 / 作用机制与评估

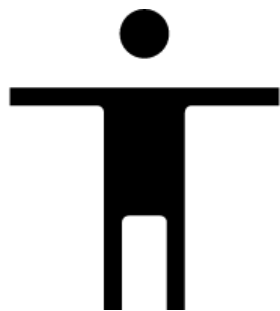
2 / 参数与影响

3 / 对比与联合运用

作用机制



大脑可塑性
再学习理论



肢体运动和感觉功能的恢复



改善局部血液循环
增加组织血流量

仪器构成

电刺激器

控制器

刺激电极

反馈系统

数据分析系统

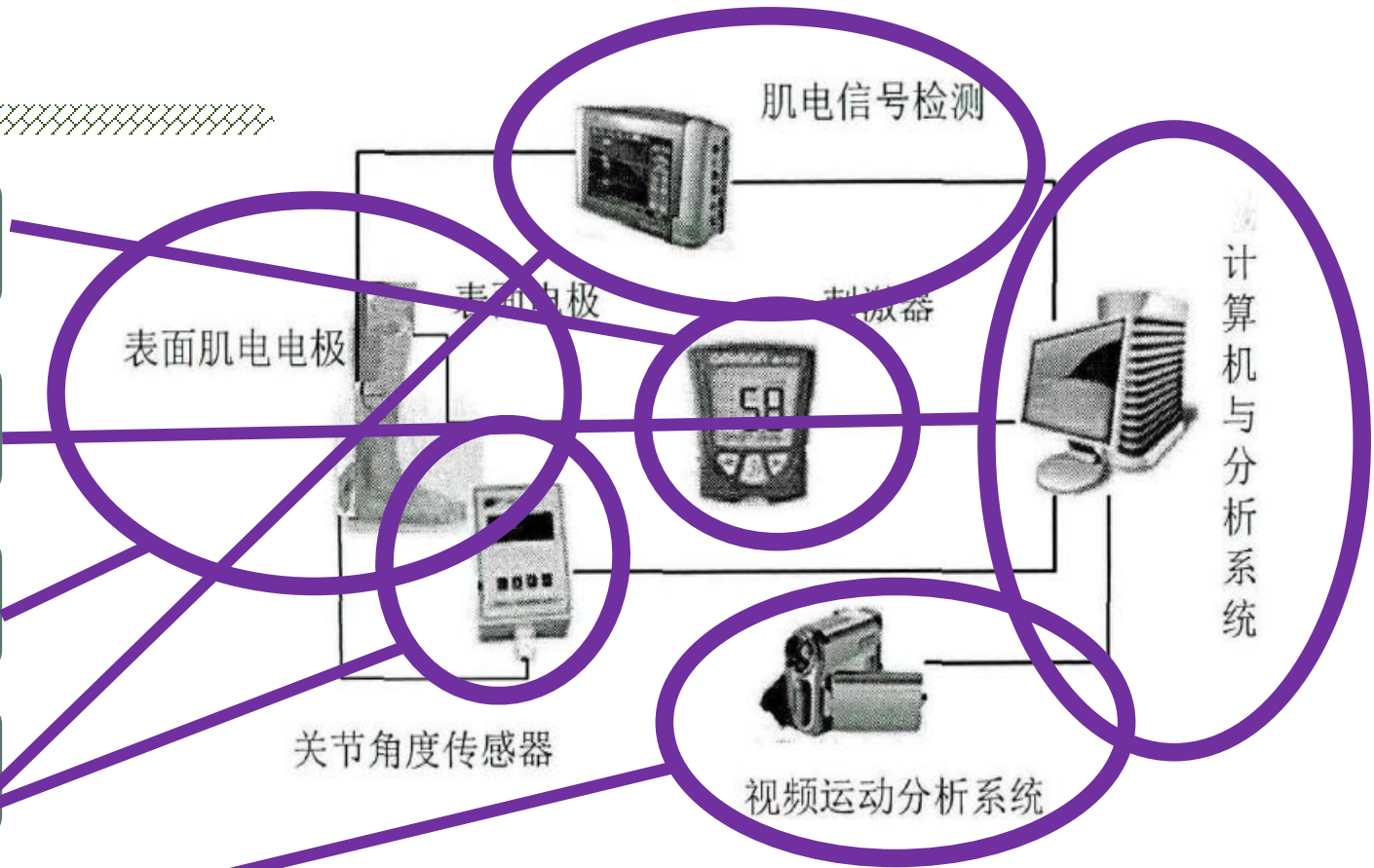


图 1-2 FES 系统实现平台示意图

发展史及临床效果

足下垂的功能电刺激进展

1962年

最早应用单侧单通道刺激，用以纠正足下垂（ J Lancet, 1962 ）

2011年

30例病例：基础治疗+步态诱发FES治疗
下肢步行功能有明显改善

表现：步速、体位转移能力、上下楼梯能力

2013年

一项随机对照研究显示：FES组痉挛的发展明显减慢

表现：肌张力、跟腱反射、踝阵挛

ref:刘翠华, 中国康复医学杂志, 2011
游国清, 中国实用医药, 2013



植入式

完全植入式 控制输入

手术刺激效果高
生物兼容性高
精度高
电极迁移
功耗小

皮下式 体积小
不美观

(a) 完全植入式电刺激 (b) 皮下电刺激

针形电极引起感染

表面式

控制输入

非侵入式，操作简单
电皮肤阻力去除
无生物相容性和感染
使用成本低

表面式

(c) 经皮表面电刺激

适宜使用

1. 下肢运动神经无损伤症状稳定且精神稳定
2. 肌肉萎缩神经重压损伤粘连
3. 踝关节运动肌肉运动有固有感
4. 通过其他肌群代偿能使足跟提起

评估方法



Step Test 评定

卒中患者运动
功能评估量表
(MAS)

10 m最大步行速度
(10 m MWS) 测试

下肢运动功能评定
(Fugl-Meyer)

上下8 个台阶时间

01

02

03

04

05

Fugl-Meyer 量表

Fugl-Meyer assessment , FMA

17 项

评定下肢功能

3 等级

0-2分

34 分

得分越高
下肢分离运动越好

评估方法



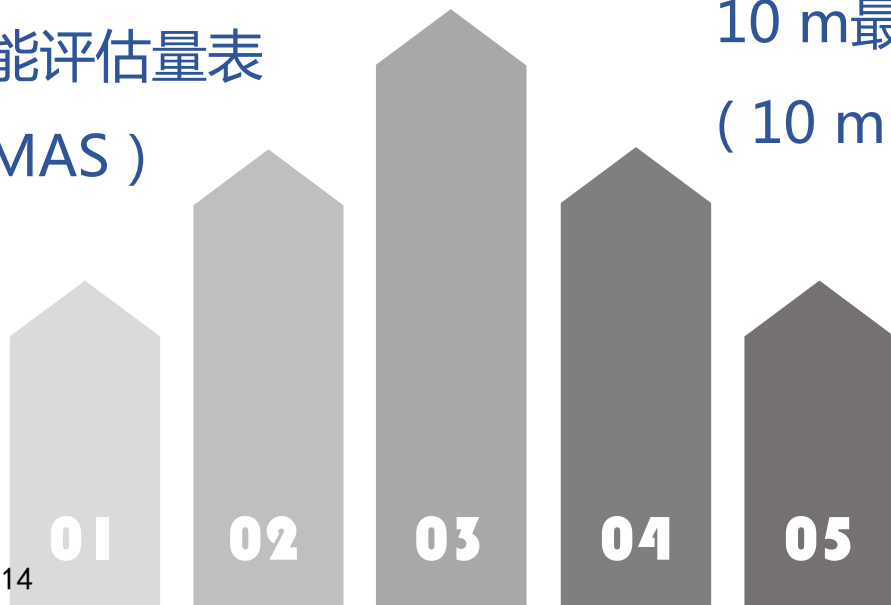
Step Test 评定

卒中患者运动
功能评估量表
(MAS)

10 m最大步行速度
(10 m MWS) 测试

下肢运动功能评定
(Fugl-Meyer)

上下8 个台阶时间



10 m MWS

标记

彩色胶带
起点
3 m 点
13 m 点
终点

时间

3米点 → 13米点

精确到0.1秒

3 次

每个患者各
测试3次

最快速度

取评测最快
一次数值

用m/min 描
述评测值



目录

1 / 作用机制与评估

2 / 参数与影响

3 / 对比与联合运用

仪器参数设置

大量实验证明，电刺激不论电场类型、脉冲频率、波刺激源的类型、刺激波形、刺激强度、治疗目的等，均具有促进周围神经再生的作用

Type

Wave Shape

FES在实际的临床应用中应该根据患者的实际情况，刺激强度、治疗目的等不断调整刺激频率等

Intensity

Frequency

刺激源类型

电流刺激源

电压刺激源

幅值

20—100mA

20—200V

特点

刺激强度一致性好
但其实现电路复杂

实现电路简单
可控性好

仪器参数设置



刺激源的类型

Type



刺激波形

Wave Shape



刺激强度

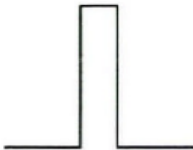
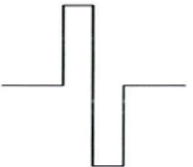
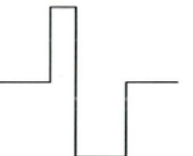
Intensity



刺激频率等

Frequency

刺激波形

	波形	优势	缺陷
单向脉冲波		稳定性好	容易产生肌肉疲劳
双向脉冲波 (临床常用)		组织内正负电荷平衡，可以缓解肌肉疲劳	稳定性稍差于单向脉冲波
不对称双向脉冲波		能引起更强的肌肉反应，训练效果好	实现方式复杂

仪器参数设置



刺激源的类型

Type



刺激波形

Wave Shape



刺激强度

Intensity



刺激频率等

Frequency

刺激强度

∩ 阈上刺激

∩ 刺激强度越大，肌肉收缩越明显

∩ 选择适合患者的参数进行刺激

仪器参数设置



刺激源的类型

Type



刺激波形

Wave Shape



刺激强度

Intensity



刺激频率

Frequency

刺激频率

∫∫ 在一定的时间内，刺激频率越高，对肌肉的刺激次数越多，它和肌肉的疲劳程度及疼痛程度密切相关

∫∫ 通常临床上施加的刺激频率范围为10~100Hz

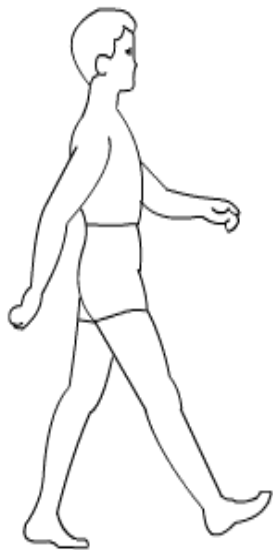
治疗剂量

- 对患侧腓总神经、胫前肌进行电刺激治疗
 - 根据患者踝关节背伸、内翻程度调节
- 正负电极片位置及具体适应的刺激量
- 20-30min/次，1-2次/d，每周5-6次



ref:单莎瑞, 中国康复医学杂志2013,

改善步态的原理



🏠 步态传感器

检测步行时小腿前后摆动的位置和速度启动装置，辅助患者按正确步态行走，提高患者的行走能力

🏠 摆动相开关接通

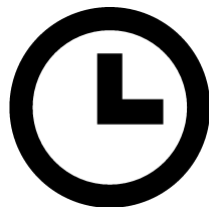
电流刺激腓神经和胫骨前肌，使踝背屈

🏠 站立相开关断开

电刺激停止



功能性电刺激对足下垂步态 时空参数的影响



支撑相

踝关节对整体的步态
姿态影响最大

双支撑相

单支撑相

步行周期

摆动相



参数

步宽

反映患者平衡功能

步频

反映行走的节奏性和稳定性

步速

反映偏瘫患者步行能力的指标

步长

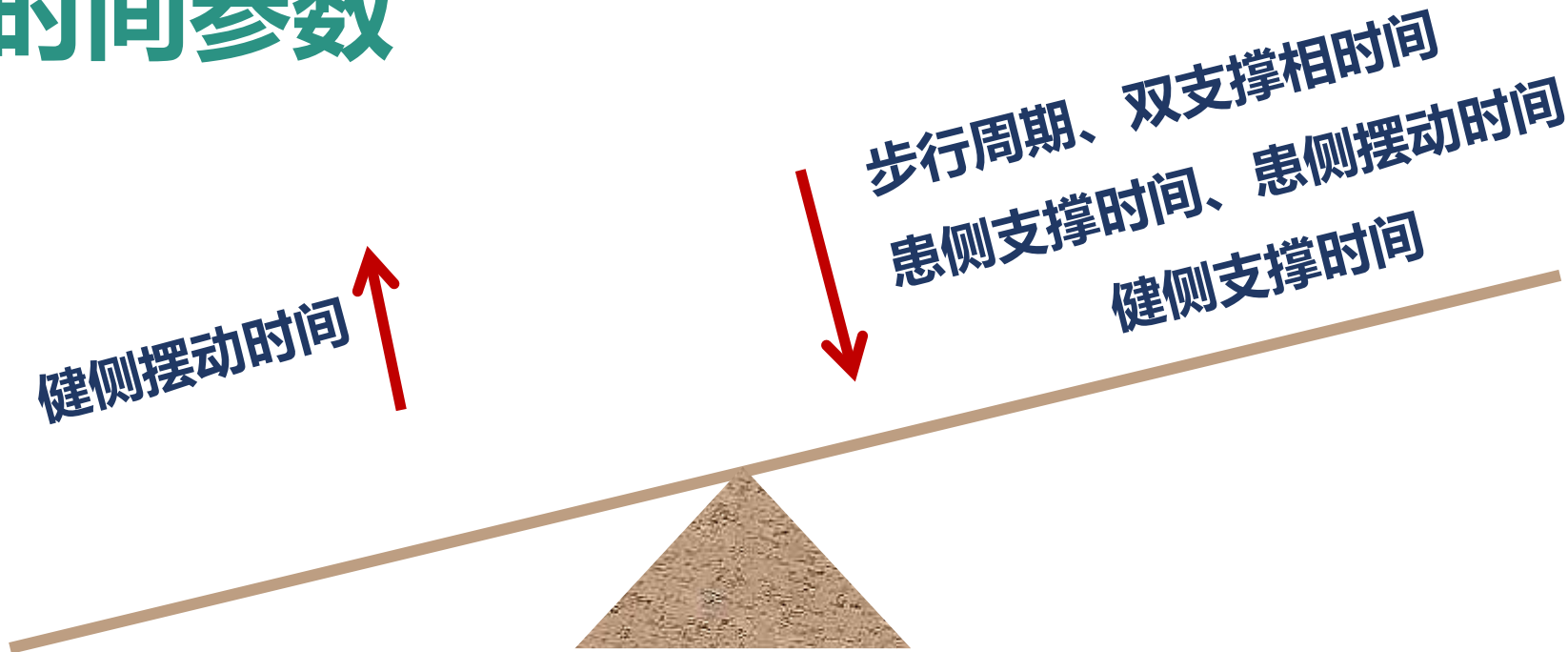
步幅

ref:1. 励建安, 中华物理医学与康复杂志, 2006

2. Kavanagh JJ. J Neuroeng Rehabil, 2009

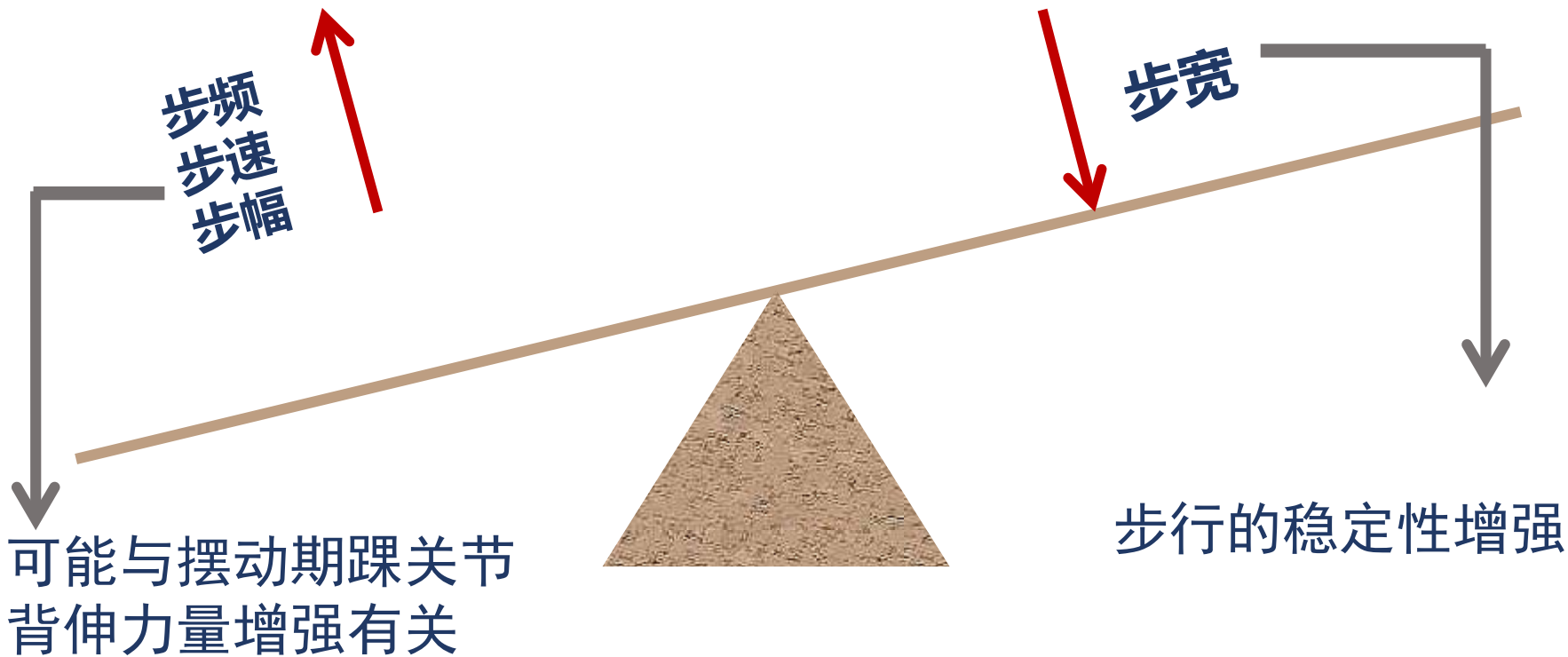
3. 王正雷, 中国矫形外科杂志, 2002

时间参数



与其它治疗方法相比,使用功能性电刺激的患者在步行周期、双支撑相时间上的改善程度更大

空间参数



目录

1 / 作用机制与评估

2 / 参数与影响

3 / 对比与联合运用

AFO VS FES

治疗方法

适用人群

卒中，多发性硬化，颅脑损伤，脑瘫

中枢神经系统疾病

治疗方式

FES与AFO对步态的改善无明显差别

被动治疗
结合有意识的主动活动

治疗效果

但能增加神经肌肉连接，增加肌力

提高神经可塑性
增强神经肌肉强度
心血管功能
加强部分Hebb突触连接

踝足功能

减少踝足跖屈和外翻角度

不减少

新发展——功能性电刺激与其他 技术的联合应用



功能性电刺激配合减重训练

减重支持步行训练

大大降低治疗师
工作量



提高下肢功能、平衡
能力，步行功能

功能性电刺激同步虚拟现实技术



胫前肌进行电刺激治疗的同时让患者在平板上步行

增强患者参与度，提高治疗效果

结合功能性活动，有助于重返社会

功能性电刺激联合下肢康复机器人



- Lokomat下肢机器人忽略踝关节的参数设置及踝部肌肉用力反馈情况，影响部分踝关节控制差的偏瘫患者的步行训练。
- 在患侧下肢摆动相时刺激足背屈动作，并达到步态最优化，然后在Lokomat下肢康复机器人上进行步行训练。

Reference

- [1]刘翠华,张盘德,容小川,等. 步态诱发功能性电刺激对脑卒中足下垂患者的疗效观察[J].中国康复医学杂志,2011,26(12):1136-1139.
- [2]游国清,廖琳,梁慧英,等. 功能性电刺激改善早期脑卒中患者偏瘫下肢功能的随机对照研究[J].中国实用医药,2013,8(3):4-7.
- [3]徐旭东,金奕,赵媛,邬闻文,王秀东.功能性电刺激对脑卒中足下垂患者步行矫正效果的系统评价[J].中国循证医学杂志 2013, 13(6): 735~740
- [4]黄怡, 万新炉, 潘翠环, 叶正茂, 高春华. 功能性电刺激对脑卒中足下垂患者步行能力的影响[J]. 神经损伤与功能重建.2014 ,5 (9):231-232
- [5]刘翠华,张盘德,容小川,林楚克,李桂恩,邓红艳. 步态诱发功能性电刺激结合康复训练对脑卒中足下垂患者的临床疗效[J]. 中国老年学杂志.2014 ,12(34):6882-6884
- [6]张定国,朱向阳. 功能性电刺激研究在中国的回顾、现状与展望[J].中国康复理论与实践,2010,16:848-850.
- [7]陈婉真.用于治疗足下垂的功能性电刺激表面电极的仿真与优化设计.深圳大学硕士学位论文
- 1.Lynch C L, Popovic MR. functional electrical stimulation[J]. Control Systems, IEEE, 2008, 28(2):40-50
- [8]单莎瑞,黄国志,曾庆,汪孝红.步态诱发功能性电刺激对脑卒中后足下垂患者步态时空参数的影响[J].中国康复医学杂志2013,28(6): 558—563
- [9]陈默.基于功能性电刺激的足下垂步态矫正方法及系统实现.博士学位论文.
- [10]励建安,孟殿怀.步态分析的临床应用[J].中华物理医学与康复杂志,2006,28(7):500—504.
- [11]王正雷,徐林,姜洪和,等.SPR 治疗成人脑外伤后下肢痉挛的步态分析及诱发电位研究(附47 例术后6 年随访分析)[J].中国矫形外科杂志,2002,9(3):247—249.
- [12]李菁,黄华尧,陈清法,陈莉.功能性电刺激辅助步行设备配合减重训练对脑卒中患者下肢功能的影响[J].中国康复医学杂志2015,30(8): 786—789
- [13]刘燕平,罗佳,杨京辉,等.足下垂助行仪联合 Lokomat 下肢康复机器人对脑卒中患者步行功能的疗效[J].中国康复理论与实践,2016,22(8):921-926.
- [14]Kavanagh JJ. Lower trunk motion and speed- dependenceduring walking[J]. J Neuroeng Rehabil, 2009,6(9):1—10.
- [15]Kesar TM, Perumal R, Jancosko A, et al.Novel patterns of functional electrical stimulationhave an immediate effect on dorsiflexor musclefunction in gait for people post-stroke [J]. PhysTher, 2010, 90: 55-66.
- [16]Hakansson NA, Kesar T, Reisman D, et al.Effects of fast functional electrical stimulationgait training on mechanical recovery inpost-stroke gait [J]. Artif organs, 2011, 35:217-220.
- [17]Sarah Prenton, BSc (Hons), PGCert, Kristen L. FUNCTIONAL ELECTRICAL STIMULATION VERSUS ANKLE FOOT ORTHOSES FOR FOOT-DROP: A META-ANALYSIS OF ORTHOTIC EFFECTS [J] Rehabil Med 2016; 48: 646—656

~~THANK YOU~~