



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106422203 B

(45)授权公告日 2018.11.16

(21)申请号 201611036601.3

A63B 71/06(2006.01)

(22)申请日 2016.11.23

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号

CN 104869353 A, 2015.08.26, 说明书第42-105段, 附图1-11.

申请公布号 CN 106422203 A

CN 105902273 A, 2016.08.31, 说明书第64-106段, 附图1-4.

(43)申请公布日 2017.02.22

(73)专利权人 佛山科学技术学院

US 5957813 A, 1999.09.28, 全文.

地址 528000 广东省佛山市江湾一路18号

CN 102886102 A, 2013.01.23, 全文.

(72)发明人 陈惠卿 陈国杰

CN 105700689 A, 2016.06.22, 全文.

(74)专利代理机构 广州三环专利商标代理有限公司 44202

审查员 程诗

代理人 胡枫

(51)Int.Cl.

A63B 23/16(2006.01)

A63B 23/14(2006.01)

A63B 24/00(2006.01)

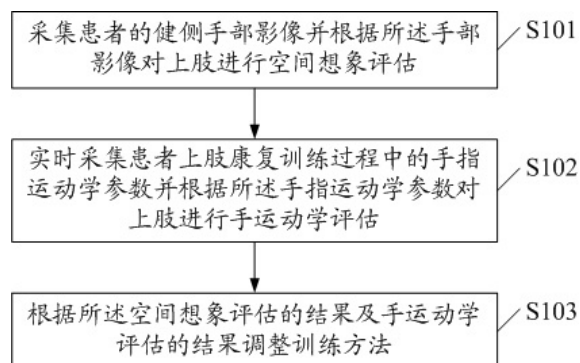
权利要求书2页 说明书10页 附图3页

(54)发明名称

一种基于镜像疗法的光电多模态反馈的上肢康复训练方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于镜像疗法的光电多模态反馈的上肢康复训练方法,包括:采集患者的健侧手部影像并根据所述手部影像对上肢进行空间想象评估;实时采集患者上肢康复训练过程中的手指运动学参数并根据所述手指运动学参数对上肢进行手运动学评估;根据所述空间想象评估的结果及手运动学评估的结果调整训练方法。采用本发明,可通过视觉镜像、多感官反馈技术以及空间传感控制技术的结合对患者直接进行中枢刺激,激活大脑运动,感觉皮层,提高手功能康复治疗效果,缓解资源紧张,进而从技术上弥补国内外手功能康复的不足。



1. 一种基于镜像疗法的光电多模态反馈的上肢康复训练方法,其特征在于,包括:
采集患者的健侧手部影像并根据所述手部影像对上肢进行空间想象评估;
实时采集患者上肢康复训练过程中的手指运动学参数并根据所述手指运动学参数对上肢进行手运动学评估;

根据所述空间想象评估的结果及手运动学评估的结果调整训练方法,所述训练方法包括基础动作训练方法及功能动作训练方法;所述基础动作训练方法包括:肢体放大或缩小视觉反馈训练、不对称镜像视觉反馈训练及非同步反馈训练。

2. 如权利要求1所述的上肢康复训练方法,其特征在于,所述采集患者的健侧手部影像并根据所述手部影像对上肢进行空间想象评估的方法包括:

通过摄像设备采集患者的健侧手部影像;

根据所述手部影像重构训练镜像;

患者判断所述训练镜像所对应的手部类型,所述手部类型包括左手及右手;

统计所述患者的判断过程中的判断参数,所述判断参数包括总正确率、患侧判断正确率、健侧判断正确率、总训练时间及单张影像判断时间。

3. 如权利要求1所述的上肢康复训练方法,其特征在于,所述实时采集患者上肢康复训练过程中的手指运动学参数并根据所述手指运动学参数对上肢进行手运动学评估的方法包括:

在智能手套内设置空间传感器,且所述空间传感器的位置与目标关节的位置相对应,所述目标关节包括拇指指间关节、拇指掌指关节、四指近节指间关节、掌指关节及腕关节;

患者佩戴智能手套并完成训练动作,所述训练动作包括健手舒展动作、健手握拳动作及患手握拳动作;

所述空间传感器采集每一训练动作中目标关节的运动学数据,所述运动学数据包括矢状轴运动角度变化及力量变化;

根据运动学数据确定患手的康复指数。

4. 如权利要求3所述的上肢康复训练方法,其特征在于,所述根据运动学数据确定患手的康复指数的方法包括:

在健手舒展动作时,空间传感器分别提取目标关节的矢状轴角度 A_n ;

在健手握拳动作时,空间传感器分别提取目标关节的矢状轴角度 B_n ;

在患手握拳动作时,空间传感器分别提取目标关节的矢状轴角度 C_n ;

根据公式 $K_n = (A_n - B_n) / (C_n - B_n)$ 计算患手的第一康复指数 K_n ,其中, $n=1$ 表示拇指指间关节, $n=2$ 表示拇指掌指关节, $n=3$ 表示食指近节指间关节, $n=4$ 表示食指掌指关节, $n=5$ 表示中指近节指间关节, $n=6$ 表示中指掌指关节, $n=7$ 表示无名指近节指间关节, $n=8$ 表示无名指掌指关节, $n=9$ 表示小拇指近节指间关节, $n=10$ 表示小拇指掌指关节, $n=11$ 表示腕关节。

5. 如权利要求3所述的上肢康复训练方法,其特征在于,所述根据运动学数据确定患手的康复指数的方法包括:

在健手舒展动作时,空间传感器分别提取目标关节的力量 D_n ;

在健手握拳动作时,空间传感器分别提取目标关节的力量 E_n ;

在患手握拳动作时,空间传感器分别提取目标关节的力量 F_n ;

根据公式 $M_n = (D_n - E_n) / (F_n - E_n)$ 计算患手的第二康复指数 M_n ,其中, $n=1$ 表示拇指指间关节, $n=2$ 表示拇指掌指关节, $n=3$ 表示食指近节指间关节, $n=4$ 表示食指掌指关节, $n=5$ 表示中指近节指间关节, $n=6$ 表示中指掌指关节, $n=7$ 表示无名指近节指间关节, $n=8$ 表示无名指掌指关节, $n=9$ 表示小拇指近节指间关节, $n=10$ 表示小拇指掌指关节, $n=11$ 表示腕关节。

6.如权利要求1所述的上肢康复训练方法,其特征在于,所述实时采集患者上肢康复训练过程中的手指运动学参数并根据所述手指运动学参数对上肢进行手运动学评估的方法包括:

患者佩戴训练手套,所述训练手套上设有标志点且所述标志点的位置与特征点的位置一一对应,所述特征点包括指间关节及手腕;

通过摄像设备采集佩戴有训练手套的患者的手部图像,所述手部图像包括健手舒展图像、健手握拳图像及患手握拳图像;

分别提取每一手部图像中的标志点,所述标志点的位置即特征点的位置;

根据每一手部图像中特征点的位置确定患手的康复指数。

7.如权利要求6所述的上肢康复训练方法,其特征在于,所述根据每一手部图像中特征点的位置确定患手的康复指数的方法包括:

在健手舒展图像中分别提取健手舒展时各指间关节与手腕之间的距离 G_n ;

在健手握拳图像中分别提取健手握拳时各指间关节与手腕之间的距离 H_n ;

在患手握拳图像中分别提取患手尝试紧握拳时各指间关节与手腕之间的距离 I_n ;

根据公式 $X_n = (G_n - H_n) / (I_n - H_n)$ 计算患手的康复指数 X_n ,其中, $n=1$ 表示食指, $n=2$ 表示中指, $n=3$ 表示无名指, $n=4$ 表示小拇指。

8.如权利要求1所述的上肢康复训练方法,其特征在于,所述实时采集患者上肢康复训练过程中的手指运动学参数并根据所述手指运动学参数对上肢进行手运动学评估的方法包括:

通过摄像设备采集患者的手部图像,所述手部图像包括健手舒展图像、健手握拳图像及患手握拳图像;

分别提取每一手部图像中的手部轮廓;

分别提取每一手部轮廓中的特征点,所述特征点包括指尖及掌心;

根据每一手部图像中特征点的位置确定患手的康复指数。

9.如权利要求8所述的上肢康复训练方法,其特征在于,所述根据每一手部图像中特征点的位置确定患手的康复指数的方法包括:

在健手舒展图像中分别提取健手舒展时各指尖与掌心之间的距离 P_n ;

在健手握拳图像中分别提取健手握拳时各指尖与掌心之间的距离 Q_n ;

在患手握拳图像中分别提取患手尝试紧握拳时各指尖与掌心之间的距离 R_n ;

根据公式 $Y_n = (P_n - Q_n) / (R_n - Q_n)$ 计算患手的康复指数 Y_n ,其中, $n=1$ 表示食指, $n=2$ 表示中指, $n=3$ 表示无名指, $n=4$ 表示小拇指。

一种基于镜像疗法的光电多模态反馈的上肢康复训练方法

技术领域

[0001] 本发明涉及医学技术领域,尤其涉及一种基于镜像疗法的光电多模态反馈的上肢康复训练方法。

背景技术

[0002] 我国上肢残疾并伴功能障碍者超过400百万人,其中绝大部分为手功能(手的感觉、运动功能)障碍。在我国,随着偏瘫患者数量的逐年增加,患者运动功能的康复越来越多地引起人们的重视。尤其是手功能恢复对患者的日常生活能力影响很大,也是康复治疗中难以解决的问题之一,已成为现代康复医学的研究热点。

[0003] 目前,国内有穿戴式手功能康复机器人,针对关节运动,表面机电信号的辨识等进行研究,但手功能康复途径单一。1998年,Altschuler在28届美国神经科学年会上首次报告镜像疗法应用于脑卒中后运动功能康复,至此镜像疗法应用从运动恢复、控制,动作观察、学习等方面进行研究。但是通过大脑中枢的数字镜像反馈引导性光电多模态康复设备研发在国内还属空白,国外具有专业手功能康复机构,针对工伤患者进行精细化训练,研究手部肌肉群体的力量控制,但是根据医院镜像反馈训练、空间引导训练多反馈等设备研发也非常少。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题在于,提供一种基于镜像疗法的光电多模态反馈的上肢康复训练方法,可通过视觉镜像、多感官反馈技术以及空间传感控制技术的结合对患者直接进行中枢刺激,激活大脑运动,感觉皮层,提高手功能康复治疗效果。

[0005] 为了解决上述技术问题,本发明提供了一种基于镜像疗法的光电多模态反馈的上肢康复训练方法,包括:采集患者的健侧手部影像并根据所述手部影像对上肢进行空间想象评估;实时采集患者上肢康复训练过程中的手指运动学参数并根据所述手指运动学参数对上肢进行手运动学评估;根据所述空间想象评估的结果及手运动学评估的结果调整训练方法。

[0006] 作为上述方案的改进,所述采集患者的健侧手部影像并根据所述手部影像对上肢进行空间想象评估的方法包括:通过摄像设备采集患者的健侧手部影像;根据所述手部影像重构训练镜像;患者判断所述训练镜像所对应的手部类型,所述手部类型包括左手及右手;统计所述患者的判断过程中的判断参数,所述判断参数包括总正确率、患侧判断正确率、健侧判断正确率、总训练时间、单张影像判断时间等。

[0007] 作为上述方案的改进,所述训练方法包括基础动作训练方法及功能动作训练方法;所述基础动作训练方法包括:肢体放大或缩小视觉反馈训练、不对称镜像视觉反馈训练及非同步反馈训练。

[0008] 作为上述方案的改进,所述实时采集患者上肢康复训练过程中的手指运动学参数并根据所述手指运动学参数对上肢进行手运动学评估的方法包括:在智能手套内设置空间

传感器,且所述空间传感器的位置与目标关节的位置相对应,所述目标关节包括拇指指间关节、拇指掌指关节、四指近节指间关节、掌指关节及腕关节;患者佩戴智能手套并完成训练动作,所述训练动作包括健手舒展动作、健手握拳动作及患手握拳动作;所述空间传感器采集每一训练动作中目标关节的运动学数据,所述运动学数据包括矢状轴运动角度变化及力量变化;根据运动学数据确定患手的康复指数。

[0009] 作为上述方案的改进,所述根据运动学数据确定患手的康复指数的方法包括:在健手舒展动作时,空间传感器分别提取目标关节的矢状轴角度 A_n ;在健手握拳动作时,空间传感器分别提取目标关节的矢状轴角度 B_n ;在患手握拳动作时,空间传感器分别提取目标关节的矢状轴角度 C_n ;根据公式 $K_n = (A_n - B_n) / (C_n - B_n)$ 计算患手的第一康复指数 K_n ,其中, $n=1$ 表示拇指指间关节, $n=2$ 表示拇指掌指关节, $n=3$ 表示食指近节指间关节, $n=4$ 表示食指掌指关节, $n=5$ 表示中指近节指间关节, $n=6$ 表示中指掌指关节, $n=7$ 表示无名指近节指间关节, $n=8$ 表示无名指掌指关节, $n=9$ 表示小拇指近节指间关节, $n=10$ 表示小拇指掌指关节, $n=11$ 表示腕关节。

[0010] 作为上述方案的改进,所述根据运动学数据确定患手的康复指数的方法包括:在健手舒展动作时,空间传感器分别提取目标关节的力量 D_n ;在健手握拳动作时,空间传感器分别提取目标关节的力量 E_n ;在患手握拳动作时,空间传感器分别提取目标关节的力量 F_n ;根据公式 $M_n = (D_n - E_n) / (F_n - E_n)$ 计算患手的第二康复指数 M_n ,其中, $n=1$ 表示拇指指间关节, $n=2$ 表示拇指掌指关节, $n=3$ 表示食指近节指间关节, $n=4$ 表示食指掌指关节, $n=5$ 表示中指近节指间关节, $n=6$ 表示中指掌指关节, $n=7$ 表示无名指近节指间关节, $n=8$ 表示无名指掌指关节, $n=9$ 表示小拇指近节指间关节, $n=10$ 表示小拇指掌指关节, $n=11$ 表示腕关节。

[0011] 作为上述方案的改进,所述实时采集患者上肢康复训练过程中的手指运动学参数并根据所述手指运动学参数对上肢进行手运动学评估的方法包括:患者佩戴训练手套,所述训练手套上设有标志点且所述标志点的位置与特征点的位置一一对应,所述特征点包括指间关节及手腕;通过摄像设备采集佩戴有训练手套的患者的手部图像,所述手部图像包括健手舒展图像、健手握拳图像及患手握拳图像;分别提取每一手部图像中的标志点,所述标志点的位置即特征点的位置;根据每一手部图像中特征点的位置确定患手的康复指数。

[0012] 作为上述方案的改进,所述根据每一手部图像中特征点的位置确定患手的康复指数的方法包括:在健手舒展图像中分别提取健手舒展时各指间关节与手腕之间的距离 G_n ;在健手握拳图像中分别提取健手握拳时各指间关节与手腕之间的距离 H_n ;在患手握拳图像中分别提取患手尝试紧握拳时各指间关节与手腕之间的距离 I_n ;根据公式 $X_n = (G_n - H_n) / (I_n - H_n)$ 计算患手的康复指数 X_n ,其中, $n=1$ 表示食指, $n=2$ 表示中指, $n=3$ 表示无名指, $n=4$ 表示小拇指。

[0013] 作为上述方案的改进,所述实时采集患者上肢康复训练过程中的手指运动学参数并根据所述手指运动学参数对上肢进行手运动学评估的方法包括:通过摄像设备采集患者的手部图像,所述手部图像包括健手舒展图像、健手握拳图像及患手握拳图像;分别提取每一手部图像中的手部轮廓;分别提取每一手部轮廓中的特征点,所述特征点包括指尖及掌心;根据每一手部图像中特征点的位置确定患手的康复指数。

[0014] 作为上述方案的改进,所述根据每一手部图像中特征点的位置确定患手的康复指数的方法包括:在健手舒展图像中分别提取健手舒展时各指尖与掌心之间的距离 P_n ;在健

手握拳图像中分别提取健手握拳时各指尖与掌心之间的距离 Q_n ；在患手握拳图像中分别提取患手尝试紧握拳时各指尖与掌心之间的距离 R_n ；根据公式 $Y_n = (P_n - Q_n) / (R_n - Q_n)$ 计算患手的康复指数 Y_n ，其中， $n=1$ 表示食指， $n=2$ 表示中指， $n=3$ 表示无名指， $n=4$ 表示小拇指。

[0015] 实施本发明，具有如下有益效果：

[0016] 本发明将通过视觉镜像、多感官反馈技术以及空间传感控制技术的结合对患者直接进行中枢刺激，激活大脑运动，感觉皮层，提高手功能康复治疗效果，缓解资源紧张，进而从技术上弥补国内外手功能康复的不足。具体地：

[0017] (1) 通过摄像机采集健侧手部影像，经镜像处理后反馈患者，并针对在进行空间想象训练时患者左右手判断情况，评估患者患手感知能力、空间想象部分训练改善情况。评估过程中由镜像视觉反馈主导的康复训练设备，通过特殊的视觉反馈达到激活患者感觉、运动皮层，进而促进功能恢复。同时，患者通过实时评估结果的同步反馈，能调整训练中自我感知能力与注意力集中情况，提高训练效率。

[0018] (2) 针对手运动功能障碍患者，聚焦手指精细运动构建手运动学评估系统，通过采集手部主要关节矢状轴运动角度、力量变化，实时分析手运动学改变，并将结果以生物反馈形式反馈患者，调整其余反馈形成同步反馈，进而到达评估目的。

[0019] (3) 综合视觉镜像与多种模式反馈并结合实时评估结果进行同步刺激，从而进行各类手功能康复训练（如：肢体放大或缩小视觉反馈训练、不对称镜像视觉反馈训练及非同步反馈训练），针对性强。

附图说明

[0020] 图1是本发明基于镜像疗法的光电多模态反馈的上肢康复训练方法的流程图；

[0021] 图2是图1中“采集患者的健侧手部影像并根据所述手部影像对上肢进行空间想象评估”的流程图；

[0022] 图3是图1中“实时采集患者上肢康复训练过程中的手指运动学参数并根据手指运动学参数对上肢进行手运动学评估”的第一实施例流程图；

[0023] 图4是图1中“实时采集患者上肢康复训练过程中的手指运动学参数并根据手指运动学参数对上肢进行手运动学评估”的第二实施例流程图；

[0024] 图5是图1中“实时采集患者上肢康复训练过程中的手指运动学参数并根据手指运动学参数对上肢进行手运动学评估”的第三实施例流程图。

具体实施方式

[0025] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图对本发明作进一步地详细描述。仅此声明，本发明在文中出现或即将出现的上、下、左、右、前、后、内、外等方位用词，仅以本发明的附图为准，其并不是对本发明的具体限定。

[0026] 参见图1，图1显示了本发明基于镜像疗法的光电多模态反馈的上肢康复训练方法的流程图，包括：

[0027] S101，采集患者的健侧手部影像并根据所述手部影像对上肢进行空间想象评估，从而通过特殊的视觉反馈达到激活患者感觉、运动皮层，进而促进功能恢复。

[0028] S102，实时采集患者上肢康复训练过程中的手指运动学参数并根据所述手指运动

学参数对上肢进行手运动学评估。

[0029] S103,根据所述空间想象评估的结果及手运动学评估的结果调整训练方法。

[0030] 具体地,所述训练方法包括基础动作训练方法及功能动作训练方法。

[0031] 需要说明的是,基础动作训练方法中治疗师根据患者评估结果(空间想象评估的结果及手运动学评估的结果)选择具有临床治疗价值的手部动作。其中,手部动作依据国际通用上肢康复功能评定量表,一共包括24项(如:握拳、钩状抓握、拇指屈伸、拇指内收外展、侧捏)。训练过程中持续给予受训者声音指令、适当给予图片或影像提示,并结合手部运动学生物反馈形成引导性康复反馈;训练开始前,患者跟着运动指导视频进行学习,然后自行训练;训练一组为10次,组数可以自由调整,每组训练完毕有40s整体时间,可控治疗师为患者进行放松。

[0032] 进一步,基础动作训练方法包括:肢体放大或缩小视觉反馈训练、不对称镜像视觉反馈训练及非同步反馈训练三种模式,可有效丰富反馈类型和刺激模式。具体地:

[0033] 肢体放大或缩小视觉反馈训练:指通过将局部肢体放大或缩小,异常的视觉信息输入能对大脑感觉、运动皮质进行重塑到达疼痛抑制,甚至降低水肿等的目的。

[0034] 不对称镜像视觉反馈训练(“假镜像”视觉反馈训练):指将一侧手影像复制到对侧,不添加镜像处理;通过这样的模式构建“假镜像”视觉反馈,为临床科研进行对照,探究治疗机制。

[0035] 非同步反馈训练:指通过将预先采集的健侧运动影像进行处理,在患侧倒叙或随机播放,形成与健手运动不同步的镜像视觉反馈;通过此类异常反馈,提高患手感知力。

[0036] 另外,功能动作训练方法通过在肢体远端开展有目的性的复合动作,促进上肢功能恢复,利于为患者后期回归家庭和社会;功能动作训练将结合触觉、本体感觉训练等,包括利用日常生活可能接触的物品、作业治疗辅具等构建不同类型的深浅感觉刺激。

[0037] 因此,本发明结合听觉、触觉、本体感觉等多种反馈,同步给予患者刺激,并将实时结果以生物反馈形式作用于患者引出正性反馈。

[0038] 如图2所示,所述采集患者的健侧手部影像并根据所述手部影像对上肢进行空间想象评估的方法包括:

[0039] S201,通过摄像设备采集患者的健侧手部影像。

[0040] S202,根据所述手部影像重构训练镜像。

[0041] 需要说明的是,重构训练镜像是指对手部影像进行镜像处理。

[0042] S203,患者判断所述训练镜像所对应的手部类型。

[0043] 所述手部类型包括左手及右手。

[0044] S204,统计所述患者的判断过程中的判断参数,所述判断参数包括总正确率、患侧判断正确率、健侧判断正确率、总训练时间、单张影像判断时间等。

[0045] 由上可知,本发明针对在进行空间想象训练时患者左右手判断情况,通过模拟现实环境,把患者融入一个虚拟的空间,增加虚拟环境与本体感知的训练可根据训练需要做肢体左右判断能力训练(left/right judgment),患者左手运动时环境中的虚拟肢体为右手动作,该训练旨在提高患者大脑视觉皮层活性,感知视觉反馈的能力和注意力,为后续康复训练做准备。因此,本发明中通过判断参数,可有效评估患者患手感知能力、空间想象部分训练改善情况;优选地,评估结果以折线图等图表形式表现,同时,数据存入患者数据库,

供后期大宗病例分析。

[0046] 另外,本发明针对手运动功能障碍患者,聚焦手指精细运动开发的手运动学评估系统,旨在通过采集手部主要关节矢状轴运动角度、力量变化,实时分析手运动学改变,并将结果以生物反馈形式反馈患者,调整其余反馈形成同步反馈。具体地,“实时采集患者上肢康复训练过程中的手指运动学参数并根据所述手指运动学参数对上肢进行手运动学评估的方法”包括,“基于空间传感器的智能评估手部设备、带标记的手部图像识别、不作标记的手部图像识别”三种,下面结合具体地的实施例对该三种方法进行具体阐述。

[0047] 如图3所示,所述实时采集患者上肢康复训练过程中的手指运动学参数并根据所述手指运动学参数对上肢进行手运动学评估的方法包括:

[0048] S301,患者佩戴智能手套并完成训练动作。

[0049] 所述训练动作包括健手舒展动作、健手握拳动作及患手握拳动作。其中,所述健手舒展动作是指患者的健手完全舒展时的动作,动作要求手指和掌背紧贴基准面并且各手指之间相互分开;所述健手握拳动作是指患者的健手握拳时的动作,动作要求掌背紧贴基准面;所述患手握拳动作是指患者的患手尝试紧握拳时的动作,动作要求掌背紧贴基准面。

[0050] S302,空间传感器采集每一训练动作中目标关节的运动学数据。

[0051] 所述运动学数据包括矢状轴运动角度变化及力量变化。

[0052] 本发明中需采用特殊的智能手套对目标关节的运动学参数进行采集,方便佩戴,使本发明不会受到光照、背景等外界环境的干扰。具体地,在智能手套内设置空间传感器,并使所述空间传感器的位置与目标关节的位置相对应,所述目标关节包括拇指指间关节、拇指掌指关节、四指近节指间关节、掌指关节及腕关节。所述空间传感器优选为针织柔性传感器,可进一步提高智能手套的舒适度。

[0053] S303,根据运动学数据确定患手的康复指数。

[0054] 具体地,所述根据运动学数据确定患手的康复指数的方法包括:

[0055] a1,在健手舒展动作时,空间传感器分别提取目标关节的矢状轴角度 A_n 。

[0056] 具体地,舒展时健手拇指指间关节的矢状轴角度为 A_1 ,舒展时健手拇指掌指关节的矢状轴角度为 A_2 ,舒展时健手食指近节指间关节的矢状轴角度为 A_3 ,舒展时健手中指近节指间关节的矢状轴角度为 A_4 ,舒展时健手无名指近节指间关节的矢状轴角度为 A_5 ,舒展时健手小拇指近节指间关节的矢状轴角度为 A_6 ,舒展时健手食指掌指关节的矢状轴角度为 A_7 ,舒展时健手中指掌指关节的矢状轴角度为 A_8 ,舒展时健手无名指掌指关节的矢状轴角度为 A_9 ,舒展时健手小拇指掌指关节的矢状轴角度为 A_{10} ,舒展时健手腕关节的矢状轴角度为 A_{11} 。

[0057] a2,在健手握拳动作时,空间传感器分别提取目标关节的矢状轴角度 B_n 。

[0058] 具体地,握拳时健手拇指指间关节的矢状轴角度为 B_1 ,握拳时健手拇指掌指关节的矢状轴角度为 B_2 ,握拳时健手食指近节指间关节的矢状轴角度为 B_3 ,握拳时健手中指近节指间关节的矢状轴角度为 B_4 ,握拳时健手无名指近节指间关节的矢状轴角度为 B_5 ,握拳时健手小拇指近节指间关节的矢状轴角度为 B_6 ,握拳时健手食指掌指关节的矢状轴角度为 B_7 ,握拳时健手中指掌指关节的矢状轴角度为 B_8 ,握拳时健手无名指掌指关节的矢状轴角度为 B_9 ,握拳时健手小拇指掌指关节的矢状轴角度为 B_{10} ,握拳时健手腕关节的矢状轴角度为 B_{11} 。

[0059] a3,在患手握拳动作时,空间传感器分别提取目标关节的矢状轴角度 C_n 。

[0060] 具体地,握拳时患手拇指指间关节的矢状轴角度为 C_1 ,握拳时患手拇指掌指关节的矢状轴角度为 C_2 ,握拳时患手食指近节指间关节的矢状轴角度为 C_3 ,握拳时患手中指近节指间关节的矢状轴角度为 C_4 ,握拳时患手无名指近节指间关节的矢状轴角度为 C_5 ,握拳时患手小拇指近节指间关节的矢状轴角度为 C_6 ,握拳时患手食指掌指关节的矢状轴角度为 C_7 ,握拳时患手中指掌指关节的矢状轴角度为 C_8 ,握拳时患手无名指掌指关节的矢状轴角度为 C_9 ,握拳时患手小拇指掌指关节的矢状轴角度为 C_{10} ,握拳时患手腕关节的矢状轴角度为 C_{11} 。

[0061] a4,根据公式 $K_n = (A_n - B_n) / (C_n - B_n)$ 计算患手的第一康复指数 K_n ,其中, $n=1$ 表示拇指指间关节, $n=2$ 表示拇指掌指关节, $n=3$ 表示食指近节指间关节, $n=4$ 表示食指掌指关节, $n=5$ 表示中指近节指间关节, $n=6$ 表示中指掌指关节, $n=7$ 表示无名指近节指间关节, $n=8$ 表示无名指掌指关节, $n=9$ 表示小拇指近节指间关节, $n=10$ 表示小拇指掌指关节, $n=11$ 表示腕关节。

[0062] 具体地,患手拇指指间关节的第一康复指数为 $(A_1 - B_1) / (C_1 - B_1)$,患手拇指掌指关节的第一康复指数为 $(A_2 - B_2) / (C_2 - B_2)$,患手食指近节指间关节的第一康复指数为 $(A_3 - B_3) / (C_3 - B_3)$,患手中指近节指间关节的第一康复指数为 $(A_4 - B_4) / (C_4 - B_4)$,患手无名指近节指间关节的第一康复指数为 $(A_5 - B_5) / (C_5 - B_5)$,患手小拇指近节指间关节的第一康复指数为 $(A_6 - B_6) / (C_6 - B_6)$,患手食指掌指关节的第一康复指数为 $(A_7 - B_7) / (C_7 - B_7)$,患手中指掌指关节的第一康复指数为 $(A_8 - B_8) / (C_8 - B_8)$,患手无名指掌指关节的第一康复指数为 $(A_9 - B_9) / (C_9 - B_9)$,患手小拇指掌指关节的第一康复指数为 $(A_{10} - B_{10}) / (C_{10} - B_{10})$,患手腕关节的第一康复指数为 $(A_{11} - B_{11}) / (C_{11} - B_{11})$ 。

[0063] 另外,所述根据运动学数据确定患手的康复指数的方法还包括:

[0064] b1,在健手舒展动作时,空间传感器分别提取目标关节的力量 D_n 。

[0065] 具体地,舒展时健手拇指指间关节的力量为 D_1 ,舒展时健手拇指掌指关节的力量为 D_2 ,舒展时健手食指近节指间关节的力量为 D_3 ,舒展时健手中指近节指间关节的力量为 D_4 ,舒展时健手无名指近节指间关节的力量为 D_5 ,舒展时健手小拇指近节指间关节的力量为 D_6 ,舒展时健手食指掌指关节的力量为 D_7 ,舒展时健手中指掌指关节的力量为 D_8 ,舒展时健手无名指掌指关节的力量为 D_9 ,舒展时健手小拇指掌指关节的力量为 D_{10} ,舒展时健手腕关节的力量为 D_{11} 。

[0066] b2,在健手握拳动作时,空间传感器分别提取目标关节的力量 E_n 。

[0067] 具体地,握拳时健手拇指指间关节的力量为 E_1 ,握拳时健手拇指掌指关节的力量为 E_2 ,握拳时健手食指近节指间关节的力量为 E_3 ,握拳时健手中指近节指间关节的力量为 E_4 ,握拳时健手无名指近节指间关节的力量为 E_5 ,握拳时健手小拇指近节指间关节的力量为 E_6 ,握拳时健手食指掌指关节的力量为 E_7 ,握拳时健手中指掌指关节的力量为 E_8 ,握拳时健手无名指掌指关节的力量为 E_9 ,握拳时健手小拇指掌指关节的力量为 E_{10} ,握拳时健手腕关节的力量为 E_{11} 。

[0068] b3,在患手握拳动作时,空间传感器分别提取目标关节的力量 F_n 。

[0069] 具体地,握拳时患手拇指指间关节的矢状轴角度为 F_1 ,握拳时患手拇指掌指关节的矢状轴角度为 F_2 ,握拳时患手食指近节指间关节的矢状轴角度为 F_3 ,握拳时患手中指近节指间关节的矢状轴角度为 F_4 ,握拳时患手无名指近节指间关节的矢状轴角度为 F_5 ,握拳

时患手小拇指近节指间关节的矢状轴角度为F6,握拳时患手食指掌指关节的矢状轴角度为F7,握拳时患手中指掌指关节的矢状轴角度为F8,握拳时患手无名指掌指关节的矢状轴角度为F9,握拳时患手小拇指掌指关节的矢状轴角度为F10,握拳时患手腕关节的矢状轴角度为F11。

[0070] b4,根据公式 $M_n = (D_n - E_n) / (F_n - E_n)$ 计算患手的第二康复指数 M_n ,其中, $n=1$ 表示拇指指间关节, $n=2$ 表示拇指掌指关节, $n=3$ 表示食指近节指间关节, $n=4$ 表示食指掌指关节, $n=5$ 表示中指近节指间关节, $n=6$ 表示中指掌指关节, $n=7$ 表示无名指近节指间关节, $n=8$ 表示无名指掌指关节, $n=9$ 表示小拇指近节指间关节, $n=10$ 表示小拇指掌指关节, $n=11$ 表示腕关节。

[0071] 具体地,患手拇指指间关节的第二康复指数为 $(D1-E1)/(F1-E1)$,患手拇指掌指关节的第二康复指数为 $(D2-E2)/(F2-E2)$,患手食指近节指间关节的第二康复指数为 $(D3-E3)/(F3-E3)$,患手中指近节指间关节的第二康复指数为 $(D4-E4)/(F4-E4)$,患手无名指近节指间关节的第二康复指数为 $(D5-E5)/(F5-E5)$,患手小拇指近节指间关节的第二康复指数为 $(D6-E6)/(F6-E6)$,患手食指掌指关节的第二康复指数为 $(D7-E7)/(F7-E7)$,患手中指掌指关节的第二康复指数为 $(D8-E8)/(F8-E8)$,患手无名指掌指关节的第二康复指数为 $(D9-E9)/(F9-E9)$,患手小拇指掌指关节的第二康复指数为 $(D10-E10)/(F10-E10)$,患手腕关节的第二康复指数为 $(D11-E11)/(F11-E11)$ 。

[0072] 因此,本发明针对手运动功能障碍患者,聚焦手指的精细运动,通过在智能手套中单指集成空间传感器,开发手运动学评估系统,采集手部主要关节矢状轴运动角度变化、力量的变化,使患者通过单指屈曲度测试,即可快速、精确地计算出康复指数(如,第一康复指数及第二康复指数),从而将患者的康复情况转换为数字量,对比健侧评定的运动数据,实时分析手运动学改变,并将结果以生物反馈形式反馈患者,调整其余反馈形成同步反馈,有效地指导医师对患者的康复情况进行评估,进一步完善康复计划,以选择具有临床治疗价值的手部动作。

[0073] 如图4所示,所述实时采集患者上肢康复训练过程中的手指运动学参数并根据所述手指运动学参数对上肢进行手运动学评估的方法包括:

[0074] S401,患者佩戴训练手套。

[0075] 需要说明的是,所述训练手套上设有标志点且所述标志点的位置与特征点的位置一一对应,所述特征点包括指间关节及手腕。优选地,可以通过在所述训练手套的标志点上套设不同颜色的彩色环来区分不同的标志点,所述彩色环可以为塑料环。

[0076] S402,通过摄像设备采集佩戴有训练手套的患者的手部图像。

[0077] 所述手部图像包括健手舒展图像、健手握拳图像及患手握拳图像。其中,所述健手舒展图像是指患者的健手完全舒展时的图像,图像要求手指和掌背紧贴基准面并且各手指之间相互分开;所述健手握拳图像是指患者的健手握拳时的图像,图像要求掌背紧贴基准面;所述患手握拳图像是指患者的患手尝试紧握拳时的图像,图像要求掌背紧贴基准面。

[0078] 进一步,所述实时采集患者的手部图像时,手部下方使用与手部颜色有较大反差的背景(如,黑色)作为背景,摄像设备的摄像头俯视掌心采集图像。

[0079] S403,分别提取每一手部图像中的标志点,所述标志点的位置即特征点的位置。

[0080] 需要说明的是,本发明中患者佩戴设置有标志点的训练手套以辅助进行手部特定位置的定位。由于本发明对特征点进行了标记,因此,可以有效简化图像处理的过程,只需

在手部图像中根据彩色环确定不同标志点的位置,即可确定特征点。同时,由于标记点的存在大大简化了图像识别的过程,因此也提高了测量过程的稳定性和准确性,且不易受到外部光照条件的影响。

[0081] S404,根据每一手部图像中特征点的位置确定患手的康复指数。

[0082] 需要说明的是,所述根据每一手部图像中特征点的位置确定患手的康复指数时,可根据拇指位置区分左右手,即根据拇指位置判断手部图像是健手的手部图像还是患手的手部图像。

[0083] 具体地,所述根据每一手部图像中特征点的位置确定患手的康复指数的方法包括:

[0084] c1,在健手舒展图像中分别提取健手舒展时各指间关节与手腕之间的距离 G_n 。

[0085] 具体地,舒展时健手食指的指间关节与手腕之间的距离为 G_1 ,舒展时健手中指的指间关节与手腕之间的距离为 G_2 ,舒展时健手无名指的指间关节与手腕之间的距离为 G_3 ,舒展时健手小拇指的指间关节与手腕之间的距离为 G_4 。

[0086] c2,在健手握拳图像中分别提取健手握拳时各指间关节与手腕之间的距离 H_n 。

[0087] 具体地,握拳时健手食指的指间关节与手腕之间的距离为 H_1 ,握拳时健手中指的指间关节与手腕之间的距离为 H_2 ,握拳时健手无名指的指间关节与手腕之间的距离为 H_3 ,握拳时健手小拇指的指间关节与手腕之间的距离为 H_4 。

[0088] c3,在患手握拳图像中分别提取患手尝试紧握拳时各指间关节与手腕之间的距离 I_n 。

[0089] 具体地,握拳时患手食指的指间关节与手腕之间的距离为 I_1 ,握拳时患手中指的指间关节与手腕之间的距离为 I_2 ,握拳时患手无名指的指间关节与手腕之间的距离为 I_3 ,握拳时患手小拇指的指间关节与手腕之间的距离为 I_4 。

[0090] c4,根据公式 $X_n = (G_n - H_n) / (I_n - H_n)$ 计算患手的康复指数 X_n ,其中, $n=1$ 表示食指, $n=2$ 表示中指, $n=3$ 表示无名指, $n=4$ 表示小拇指。

[0091] 具体地,患手食指的康复指数为 $(G_1 - H_1) / (I_1 - H_1)$,患手中指的康复指数为 $(G_2 - H_2) / (I_2 - H_2)$,患手无名指的康复指数为 $(G_3 - H_3) / (I_3 - H_3)$,患手小拇指的康复指数为 $(G_4 - H_4) / (I_4 - H_4)$ 。

[0092] 因此,本发明通过摄像设备采集患者的手部图像,并从手部图像中提取特征点,从而根据手部图像中特征点的位置快速、精确地计算患手的康复指数,实现了将患者的康复情况转换为数字量,有效地指导医师对患者的康复情况进行评估,进一步完善康复计划,以选择具有临床治疗价值的手部动作。另外,本发明中患者佩戴设置有标志点的训练手套以辅助进行手部特定位置的定位。由于本发明对特征点进行了标记,因此,可以有效简化图像处理的过程,只需在手部图像中根据彩色环确定不同标志点的位置,即可确定特征点。同时,由于标记点的存在大大简化了图像识别的过程,因此也提高了测量过程的稳定性和准确性,且不易受到外部光照条件的影响。

[0093] 如图5所示,所述实时采集患者上肢康复训练过程中的手指运动学参数并根据所述手指运动学参数对上肢进行手运动学评估的方法包括:

[0094] S501,通过摄像设备采集患者的手部图像。

[0095] 所述手部图像包括健手舒展图像、健手握拳图像及患手握拳图像。其中,所述健手

舒展图像是指患者的健手完全舒展时的图像,图像要求手指和掌背紧贴基准面并且各手指之间相互分开;所述健手握拳图像是指患者的健手握拳时的图像,图像要求掌背紧贴基准面;所述患手握拳图像是指患者的患手尝试紧握拳时的图像,图像要求掌背紧贴基准面。

[0096] 进一步,所述实时采集患者的手部图像时,手部下方使用与手部颜色有较大反差的顏色(如,黑色)作为背景,摄像设备的摄像头俯视掌心采集图像。

[0097] S502,分别提取每一手部图像中的手部轮廓。

[0098] 采用二值化方法分别提取每一手部图像中的手部轮廓。

[0099] S503,分别提取每一手部轮廓中的特征点,所述特征点包括指尖及掌心。

[0100] S504,根据每一手部图像中特征点的位置确定患手的康复指数。

[0101] 需要说明的是,所述根据每一手部图像中特征点的位置确定患手的康复指数时,可根据拇指位置区分左右手,即可根据拇指位置判断手部图像是健手的手部图像还是患手的手部图像。

[0102] 具体地,所述根据每一手部图像中特征点的位置确定患手的康复指数的方法包括:

[0103] d1,在健手舒展图像中分别提取健手舒展时各指尖与掌心之间的距离 P_n 。

[0104] 具体地,舒展时健手食指与掌心之间的距离为 P_1 ,舒展时健手中指与掌心之间的距离为 P_2 ,舒展时健手无名指与掌心之间的距离为 P_3 ,舒展时健手小拇指与掌心之间的距离为 P_4 。

[0105] d2,在健手握拳图像中分别提取健手握拳时各指尖与掌心之间的距离 Q_n 。

[0106] 具体地,握拳时健手食指与掌心之间的距离为 Q_1 ,握拳时健手中指与掌心之间的距离为 Q_2 ,握拳时健手无名指与掌心之间的距离为 Q_3 ,握拳时健手小拇指与掌心之间的距离为 Q_4 。

[0107] d3,在患手握拳图像中分别提取患手尝试紧握拳时各指尖与掌心之间的距离 R_n 。

[0108] 具体地,握拳时患手食指与掌心之间的距离为 R_1 ,握拳时患手中指与掌心之间的距离为 R_2 ,握拳时患手无名指与掌心之间的距离为 R_3 ,握拳时患手小拇指与掌心之间的距离为 R_4 。

[0109] d4,根据公式 $Y_n = (P_n - Q_n) / (R_n - Q_n)$ 计算患手的康复指数 Y_n ,其中, $n=1$ 表示食指, $n=2$ 表示中指, $n=3$ 表示无名指, $n=4$ 表示小拇指。

[0110] 具体地,患手指指的康复指数为 $(P_1 - Q_1) / (R_1 - Q_1)$,患手指指的康复指数为 $(P_2 - Q_2) / (R_2 - Q_2)$,患手指指的康复指数为 $(P_3 - Q_3) / (R_3 - Q_3)$,患手指指的康复指数为 $(P_4 - Q_4) / (R_4 - Q_4)$ 。

[0111] 因此,本发明通过摄像设备采集患者的手部图像,并从手部图像中提取特征点,从而根据手部图像中特征点的位置快速、精确地计算患手的康复指数,实现了将患者的康复情况转换为数字量,有效地指导医师对患者的康复情况进行评估,进一步完善康复计划,以选择具有临床治疗价值的手部动作。同时,本发明不需要对患者的手部进行标识,也不需要佩戴任何仪器、设备,可有效减轻患者的负担,加快检查效率。

[0112] 由上可知,本发明综合视觉镜像与多种模式反馈并结合实时评估结果进行同步刺激,从而进行各类手功能康复训练。评估系统基本原理为:通过摄像机采集健侧手部影像,经镜像处理后反馈患者;通过传感器或图像分析技术采集手指运动学数据,到达评估目的;

进而以生物反馈结合视听觉、触觉、本体感觉等形式反馈患者,形成正性强化,并通过视觉与神经反馈达到激活患者感觉、运动皮层,进而促进训练、恢复肌体功能。

[0113] 以上所述是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也视为本发明的保护范围。

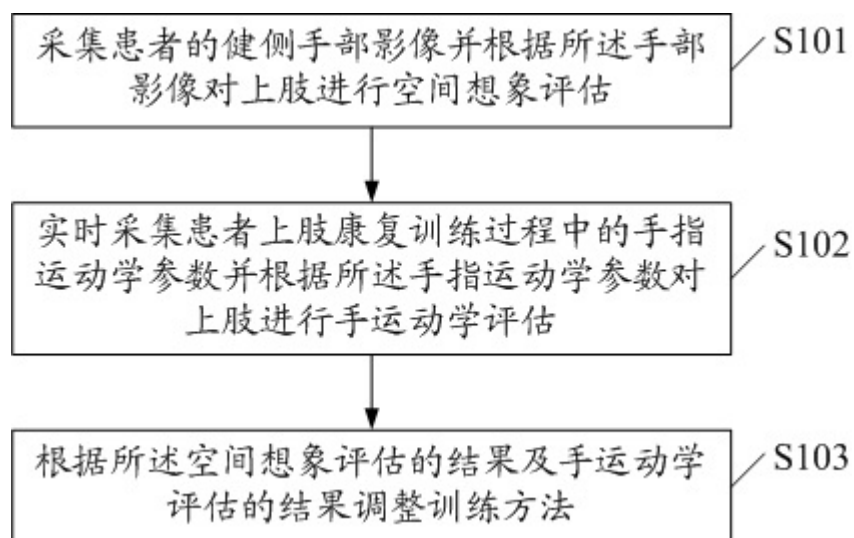


图1

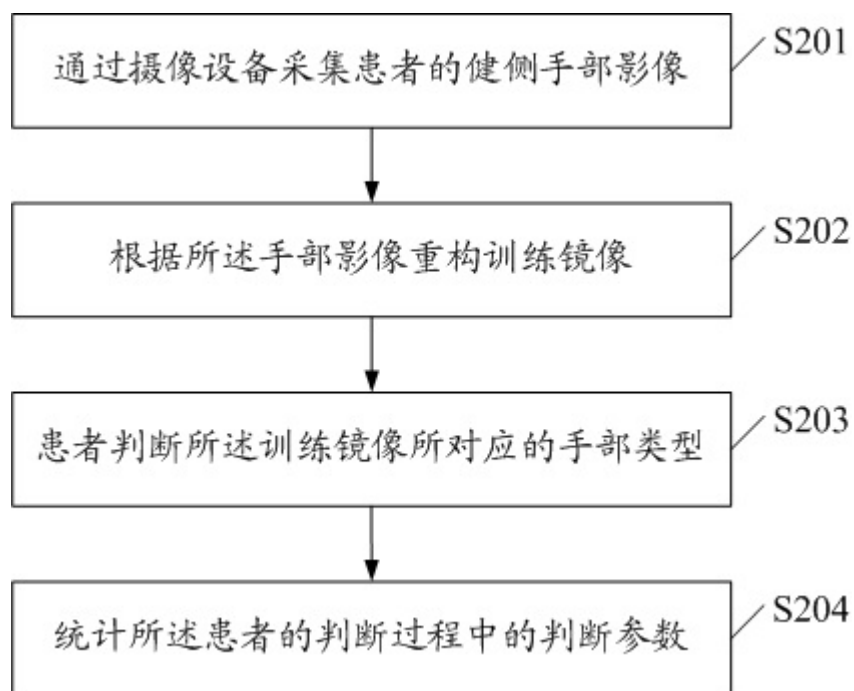


图2

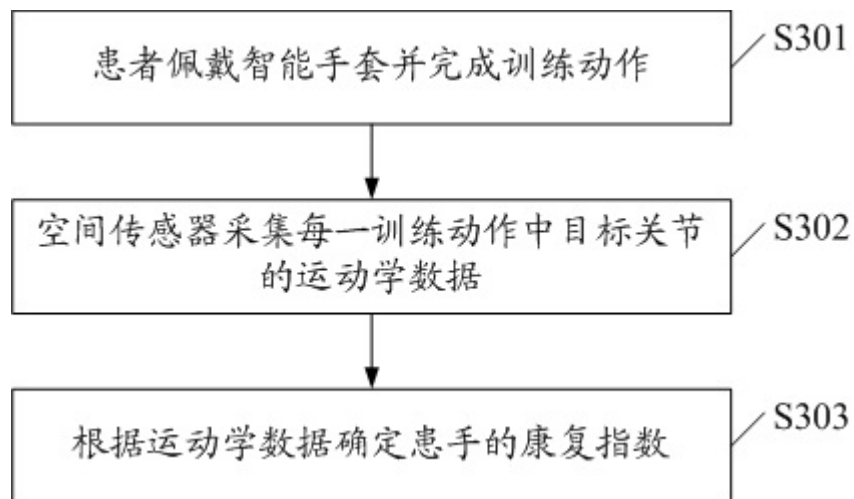


图3

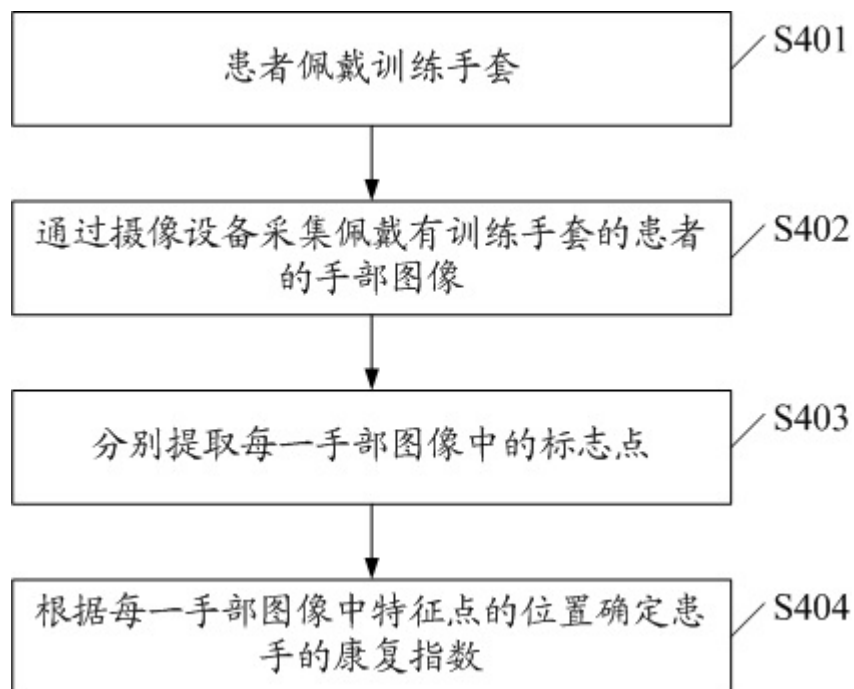


图4

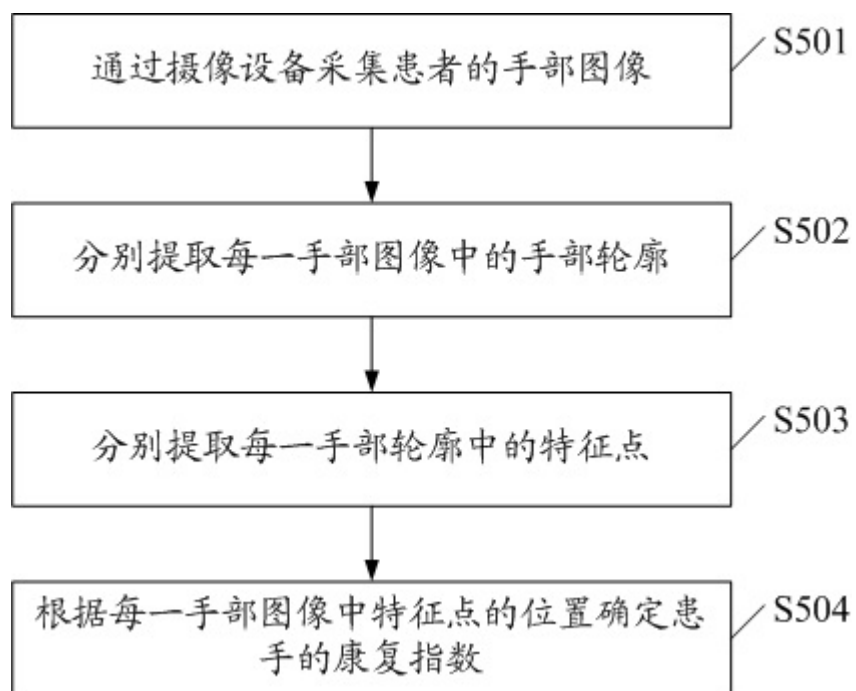


图5