



先天性手部和手指缺损儿童修复的功能结果评估

EVALUATION OF THE RESULTS OF FUNCTIONAL PROSTHETICS IN CHILDREN WITH CONGENITAL DEFECTS OF THE HAND AND FINGERS

© A. V. Kruglov^{1, 2}, I. V. Shvedovchenko³

¹ North-West Scientific-Practical Center of Rehabilitation and Prosthetics “Ortetika”, Saint Petersburg, Russia;

² Prosthetic and Orthopedic Center “ScolioLogic.ru”, Saint Petersburg, Russia;

³ Federal Scientific Center of Rehabilitation of the disabled named after G.A. Albrecht of the Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia

Received: 01.03.2019

Revised: 27.05.2019

Accepted: 06.06.2019

背景。不同上肢缺损患者功能性修复结果的评估是现代修复学所关注的问题。为有非功能性手部残肢的患者提供功能性修复并非全领域概念。它是指非典型和试验修复。当新的功能性人工义手出现时，还没有对修复结果进行评估的算法。

目标。本研究旨在评估对有先天性手部和手指缺损儿童安装主动式假体的功能修复结果。

材料与方法。我们对 67 名有先天性手部缺损的患儿进行观察，其中 22 名患儿被纳入试验修复组。采用小型试验站对手部残余功能进行客观评价。测试站模拟半机械人康复设备用户的国际比赛任务，用户可以执行一系列测试，每一项测试获得一定数量的评估分值。采用在俄罗斯经过验证的 DASH 调查表，对测试站的样本进行手部功能的主观评价。

结果。在有类似于临近手掌关节的手截肢的手发育不全患者中，出现了提供主动式人工义手的最佳主观评价。主动式人工义手的最低功能分值出现在 1-5 个手指的缺趾畸性和发育不全的患者中，与手部较高的残余功能有关。

结论。除了培训功能以外，小型试验站还可提供诊断功能，因为它可以评估不同程度肢缺损患者的功能性修复结果，包括手部和手指缺损。试验站的研究结果与 DASH 调查表的结果相关。

关键词：先天性手部缺损；假体；功能；Cybathlon。

Background. Evaluation of the result of functional prosthetics in patients with different upper limb defects is a topical problem of modern prosthetics. Providing patients with non-functional hand stumps with functional prostheses is not wide-scale and refers to atypical and experimental prosthetics. While new functional prosthetic hands appear, there is no algorithm for evaluating the results of prosthetics.

Aim. This study aimed to evaluate the result of functional prosthetics in children with congenital defects of the hand and fingers by active prostheses.

Materials and methods. We observed 67 children with congenital hand defects, of which 22 were included in the experimental prosthetics group. Bench test station was used for an objective assessment of the residual function of the hand. The booth imitated the tasks of an international competition for the users of Cybathlon rehabilitation equipment and allowed users to perform a series of tests, for each of which a certain number of evaluation points were awarded. Samples at the stand were supplemented with a subjective assessment of the function of the hand using the DASH questionnaire validated in Russia.

Results. The best subjective assessment of the supply of an active prosthetic hand was determined in the patients with underdeveloped hand similar to the truncation of the hand proximal to the metacarpophalangeal joints. The lowest functionality score of the active prosthetic hand was obtained in cases of ectrodactyly and hypoplasia of 1-5 fingers, which was associated with a high residual functionality of the hand.

Conclusions. In addition to training functions, the developed bench test station serves a diagnostic function as it evaluates the results of functional prosthetics in patients with upper limb defects in different levels, including defects on the hand and fingers. The results of the study on the station correlate with the results of the DASH questionnaire.

Keywords: congenital defects of the hand; prosthesis; functionality; Cybathlon.

背景

评估上肢缺损患者的功能性修复结果是现代修复学亟需解决的问题。但是,对修复结果的评估没有传统标准。国外厂家生产的手部和手指假体饱受诟病,因为产品握力较小且非常脆弱 [1]。新的主动式假体通常未经过正确测试,因为厂家使用三维 (3D) 打印技术,且没有医生的参与。在过去的 3 年时间,3D 打印技术迅速发展 [2]。同时,该技术成本相对较低,可被大众所使用 [3, 4]。采用 3D 打印技术,可以根据所选择材质和打印技术,对不同握力的高精度产品进行小批量和计件生产 [5]。多数情况下,采用这种方式生产的技术原型未经过评估或测试。

通常,对修复结果的客观分析的测试是基于从不同位置和距离患者的不同距离取放不同形状和大小的物品,在不同方向移动物品,以及用手指假体按比例移动 [6, 7]。

不同难度测试的特点是掌握使用假体的技能的某种程度,假体结构的正确性,以及集体的最终功能机结果 [8-10]。2016 年,由国家机器人研究能力中心为使用仿生假体或其他机械设备的辅助设备用户组织的首届国际半机器人运动会在苏黎世举办 [11]。针对功能性上肢假体用户的半机器人路线作为构造可同时解决三个任务的测试站基础:评估假体的功能结果,作为培训假体使用的综合设施,和辅助设备用户为比赛做准备的模拟器。

我们旨在评估对有先天性手部和手指缺损儿科患者安装主动式假体的功能修复的结果。

材料与方法

对六十七名有先天性手部缺损的患者进行监控。其中 22 名患者被纳入试验修复组。其中男孩与女孩的畸形比例分别为 44% 和 56%。我们注意到,左上肢先天性缺损患者的比例较大 (69% 为左上肢,31% 为右上肢)。

研究招募了有以下类型先天性手部缺陷的儿科患者:

- 第 1 组:手部减少发育不全患者,对应于掌指关节近端的手残肢,即:四名患者的 I-V 指短指畸形、发育不全 (其中三名患者为成对发育不全);三名患者的 II-V 指短指畸形、发育不全 (其中一名患者为成对发育不全);五名患者 II-IV 指缺指畸形、发育不全。
- 第 2 组:手部减少发育不全患者,对应于掌指关节远端的手部和手指残肢和斜切除,即:八名患者的 I-V 指缺指畸形、发育不全。两名患者纵向缺指畸形。

儿科患者的平均年龄为 6.3 ± 3.8 岁。两组在年龄、性别、缺陷侧和修复类型方面具有类似性 (主要/重复)。

针对儿科患者设计出先进的主动式人工义手,包括一个高温硫化硅胶活动衬套和一个假体正畸基托聚合物载体桶,附着于铰链式人工手指。通过手腕关节的屈曲运动产生推力来操纵手指。假体还可以有一个相反的人工铰链式拇指,可以被动调节相反角度

(图 1) 在很多病例中, 在医疗需要的情况下, 可设计有内嵌金属元件的全硅胶主动式假体。

在研究中使用了一个模拟半机械人技术用户的国际比赛任务的测试站, 用户可以执行一系列测试, 每一项测试获得一定数量的分值。对动作类型进行评估, 即: 旋入和旋出照明灯中的灯泡-10 分; 通过圆环, 手持圆环把手, 沿曲线路径-10 分; 在平行的水平和垂直位置之间移动衣夹-每个衣夹 2 分 (总共五个衣夹); 在水平和垂直位置之间移动衣夹-每个衣夹 4 分 (总共五个衣夹); 拧开/旋紧瓶盖-5 分 (图 2)。如果测试由双侧手部切除或发育不全的患者进行, 对左手和右手的结果单独记录。

该研究方法对受试者用假体持续进行某项动作进行评价。时间不限定; 对任务执行情况记录。针对儿科患者的任务以游戏的形式进行, 以避免过度的心理压力。以研究的形式记录了最高分值。

在修复前, 对手部进行检查, 以评价手部的残余功能, 并在手部安装主动式假体的初期修复后对手部进行检查, 并培训患者使用假体, 以评价功能修复的结果。



图 1. 主动式人工义手

采用在俄罗斯经过验证的手臂、肩膀和手部残疾 (DASH) 调查表, 对测试站的样本进行手部功能的主观评价。研究人员进行了三次问卷调查: 修复前; 对患者个人进行有关如何使用主动式人工义手的培训之后; 以及根据电话沟通使用假体 6 个月后。如果儿科患者的年龄小于 9 岁, 在填写调查表时, 考虑患者的看法。

对测试站的变化和 DASH 变量进行统计分析。两次测量可变测试站。因此其值应为“第 1 次测量” (修复前) 和“第 2 次测量” (培训如何使用主动式假体后)。三次测量可变 DASH。因此其值应为“第 1 次测量”、“第 2 次测量”和“第 3 次测量” (使用假体 6 个月后的长期结果)。除了对所取得的数据进行传统的统计处理之外, 还采用了邓肯事后测验对混合实验方案的变量进行双向分析, 以分析测试站变化与 DASH 变量之间的差异。一个因素 (先天性手部缺损组) 是组间变量, 另一个因素 (测量) 是组内变量。

结果

表 1 显示了对“先天性手部缺损组”定量变量不同值进行比较的统计分析结果。



图 2. 评估修复结果和进行假体使用培训的测试站

表 1

分析每组先天性手部缺损的变量测试站和 DASH 的指标变化*

指标	先天性手部缺损组		p
	M ± S 第 1 组	M ± S 第 2 组	
年龄	6.4 ± 3.7	6.1 ± 4.1	0.8889
测试站, 修复前	12.8 ± 14.6	46.0 ± 8.8	<0.0001
测试站, 修复后	40.6 ± 9.3	39.0 ± 17.1	0.4972
DASH, 修复前	33.2 ± 10.5	16.8 ± 7.1	0.0006
DASH, 修复后	19.4 ± 8.4	26.9 ± 9.1	0.0608
DASH, 长期	17.7 ± 7.1	31.9 ± 7.8	0.0005

表 2

分析每组先天性手部缺损的测试站可变指标的变化*

先天性手部缺损组	M ± S, 修复前	M ± S, 修复后	修复前和修复后的差异 (%)	p
1	12.8 ± 14.6	40.6 ± 9.3	217.1	0.0010
2	46.0 ± 8.8	39.0 ± 17.1	-15.2	0.0679

表 3

分析每组先天性手部缺损的 DASH 可变指标的变化*

先天性手部缺损组	M ± S (%), 修复前	M ± S (%), 修复后	M ± S (%), 长期	p
1	33.2 ± 10.5	19.4 ± 8.4 (-41.5)	17.7 ± 7.1 (-46.7)	<0.0001
2	16.8 ± 7.1	26.9 ± 9.1 (60.2)	31.9 ± 7.8 (89.8)	0.0008

表 4

对第 1 组和第 2 组测试站变量进行比较的邓肯事后测验的分析结果 (仅为统计学意义水平)*

先天性手部缺损组	期间	{1}	{2}	{3}	{4}
1	修复前		0.000065	0.000055	0.000125
1	修复后	0.000065		0.302873	0.754001
2	修复前	0.000055	0.302873		0.081904
2	修复后	0.000125	0.754001	0.081904	

表 5

对第 1 组和第 2 组 DASH 变量进行比较的邓肯事后测验的分析结果 (仅为统计学意义水平)*

先天性手部缺损组	期间	{1}	{2}	{3}	{4}		
1	修复前		0.000056	0.000033	0.000073	0.089370	0.705667
1	修复后	0.000056		0.469156	0.477114	0.034086	0.001025
1	长期	0.000033	0.469156		0.800311	0.013114	0.000305
2	修复前	0.000073	0.477114	0.800311		0.000246	0.000033
2	修复后	0.089370	0.034086	0.013114	0.000246		0.043270
2	长期	0.705667	0.001025	0.000305	0.000033	0.043270	

注释: *灰色高亮显示的单元格显示统计学意义数据。

根据表 1 中数据的分析结果, 我们得出结论: 第 2 组中测试站变量的值明显高于第 1 次测量中的值 ($p < 0.0001$), 并且在第 2 次测量中, 各组间的这些值没有差异 ($p = 0.4972$)。在第 1 次测量中, 第 1 组的 DASH 变量明显较高 ($p = 0.0006$)。重复测量时, 两组的值相同 ($p = 0.0608$)。第 3 次测量时, 第 2 组的值已经超过了第 1 组 ($p = 0.0005$)。

指标的该等变化表示, 第 1 组使用试验主动式假体取得了积极的效果, 这一点也得到了使用假体 6 个月后的分析中 DASH 变量指标的证实。而第 2 组使用假体后手功能仅显示出恶化, 这一点得到了主观和客观的证实。

表 2 显示了对每个先天性手部缺损组的测试站变量变化进行统计分析的结果。

表 2 数据证实了之前得出的结论: 第 1 组第一次测量时的测试站变量值显著增加 ($p = 0.0010$)。即: 该组患者使用主动式人工义手极大地改善了手功能。在第 2 组中, 指标没有明显变化 ($p = 0.0679$)。在修复前, 该组患者有客观较高的残余手功能。使用主动式假体没有改善测试站测试。在一些病例中, 甚至出现了恶化的结果。

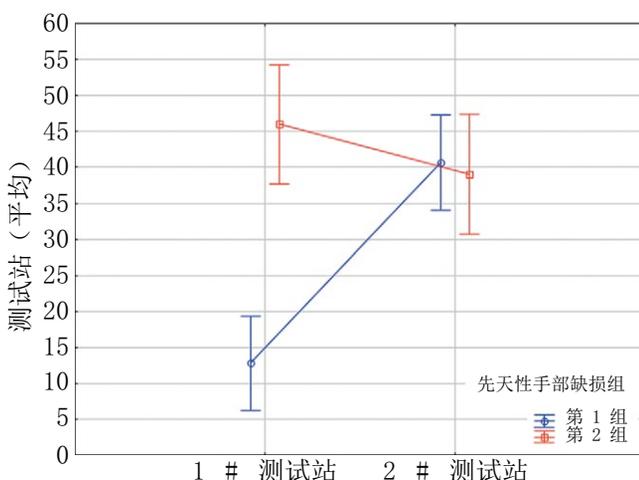


图 3. 第 1 次和第 2 次测量时, 第 1 组和第 2 组的测试站变量指标变化

表 3 显示了对每个先天性手部缺损组的 DASH 变量变化进行统计分析的结果。

在第 1 组中, 第 2 次和第 3 次测量的 DASH 指标分别降低了 41.5% 和 46.7%, 表示在假体修复后和使用主动式假体 6 个月后, 手功能得到了主观改善。在第 2 组中, DASH 指标增加, 主观证实了使用主动式假体后, 手功能状态恶化。

通过邓肯事后测验分析 (表 4) 我们得出, 在第 1 次测量时, 第 1 组的测试站变量指标与第 2 组有明显差异 ($p < 0.0001$), 而在第 2 次测量时变为相等 ($p = 0.7540$) (图 3)。

在比较第 1 组和第 2 组的 DASH 变量时, 邓肯事后测验分析结果 (表 5) 表明, 在第 1 次测量时, 第 1 组的指标明显超过第 2 组 ($p < 0.0001$)。而在第 2 次测量时, 第 2 组的指标明显超过第 1 组 ($p = 0.0341$)。在第 3 次测量时, 观察到了相同的差异 ($p = 0.0003$) (图 4)。

因此, 基于测试站测试的手部残余功能的客观分析结果与患者对其手部缺损状况的主观认知互相关。

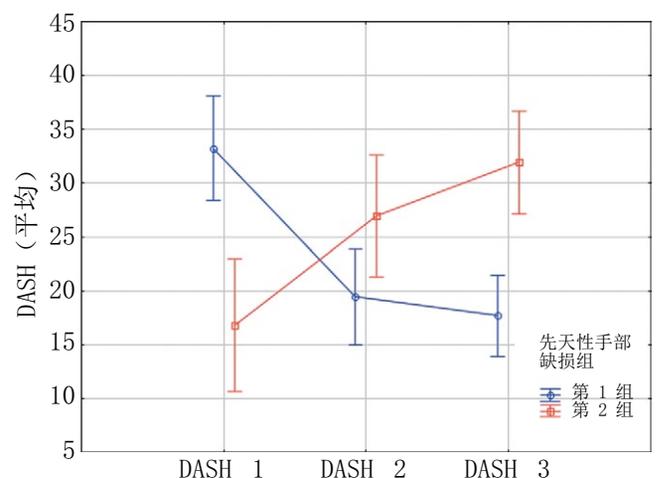


图 4. 第 1 次、第 2 次和第 3 次测量时, 第 1 组和第 2 组的 DASH 变量指标变化

讨论

当我们对测试站变量变化进行分析时发现,在有先天性手部缺损的患者中(对应于掌指关节近端的手残肢),该指标出现显著变化,即:该组中第二次测量(即:在安装主动式人工义手修复后)的测试站变量值较高。并且,有掌指关节远端手部和手指残肢和斜切除的第2组患者中未发现明显变化。在修复前,该组患者客观有较高的手部残余功能,提供主动式假体未能改善测试站测试。在一些病例中,甚至出现恶化的结果。

第1组中修复后测试站变量指标的显著正向变化,以及在第2次测量时检测到的,和6个月后保持的DASH变量减少,说明了对有手部减少发育不全(对应于掌指关节近端的手残肢)的患者安装所提供设计的主动式人工义手的有效性。

因此,先天性手部缺损应被视为安装该种假体的指征。意即:短指畸形,I-V指发育不全;短指畸形,II-V指发育不全;以及缺指畸形,II-IV指发育不全。

当建议有这些缺损的患者安装主动式人工义手时,应考虑对桡腕关节功能进行评估,移动范围应为至少 30° ,以及手部和手指屈肌和伸肌。因为其肌力与假体人工手指的握力成正比。

第2组没有正向变化的原因是该类别患者的残余手功能水平较高,这一点表现在测试台测试和调查表数据中。对该手残肢安装主动式假体将导致假载体桶对残余活动产生限制,常常使情况更加恶化。此外,在这种情况下所设计出的假体常常超出正常手部尺寸。因此,安装所提出设计的主动式人工义手的禁忌应为类似于手指水平切除的先天性手部缺损(从头到近端和远端趾骨)。

结论

通过所进行的研究,我们可以对儿科患者安装主动式人工义手修复术的功能结果进行评估,并了解其适用症。

经证实,对于有对应于掌指关节近端切除的手部发育不全患者,出现安装主动式人工义手的最佳主观评估。这一点被具有满意的测试台测试结果的DASH调查表指标的变化所证实(26.1 ± 8.0 ; $p < 0.0001$)。尽管测试台测试分值较低,但儿科患者对使用主动式人工义手的主观反应更为肯定。针对对应于腕骨近端切除的先天性手部缺损,由于对患者手部残余部分的补偿活动能力较低,因此患者则更倾向于有外部能量来源的假体。

对于缺指畸形和I-V指发育不全患者,主动式人工义手功能结果最低。在该病例中,手部保持足够高的残余功能,安装主动式假体并未提高其功能。

本研究中的测试台为诊断性测试台,因为它可以评估手部残余功能,有不同程度四肢缺损的患者的功能修复结果(包括手部和手指水平的缺损),也可以执行培训功能。它可以培训患者如何使用主动式假体以及成功完成半机器人路线的技能。研究中有关测试台的结果与DASH调查表结果一致。

其他信息

资金来源。本研究无资金支持。

利益冲突。作者声明,不存在与发表本文相关的明显或潜在利益冲突。

伦理审查。作为法定代表人,所有患者的父母书面同意参与本研究,以及处理和

发表个人资料。根据赫尔辛基医学宣言的原则，发表文章经过西北康复与修复“矫正术”科学与实践中心伦理委员会许可（2019年2月15日1号方案）。论文提出的研究结果对于患者的个人身份进行去识别化，符合修订于2000年的世界医学协会人体医学研究伦理原则的赫尔辛基宣言的伦理标准以及经2003年6月19日俄罗斯联邦卫生部第266号令批准的俄罗斯联邦临床实践规则。研究参与者及其法定代表人了解研究的目的、方法和预期利益，以及与参与研究有关的风险和不适。

作者贡献

A. V. Kruglov 参与材料收集与处理，对取得的数据进行分析，以及撰写文章。

I. V. Shvedovchenko 制定研究的概念和设计并编辑文章。

References

- Xu K, Liu H, Zhang Z, Zhu X. Wrist-powered partial hand prosthesis using a continuum whiffle tree mechanism: A case study. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*. 2018;26(3):609-618. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2018.2800162>.
- Ibrahim AM, Jose RR, Rabie AN, et al. Three-dimensional printing in developing countries. *Plast Reconstr Surg Glob Open*. 2015;3(7):e443. <https://doi.org/10.1097/GOX.0000000000000298>.
- Hoy MB. 3D printing: making things at the library. *Med Ref Serv Q*. 2013;32(1):94-99. <https://doi.org/10.1080/02763869.2013.749139>.
- Gerstle TL, Ibrahim AM, Kim PS, et al. A plastic surgery application in evolution: three-dimensional printing. *Plast Reconstr Surg*. 2014;133(2):446-451. <https://doi.org/10.1097/01.prs.0000436844.92623.d3>.
- Агейкин А.В. 3D-моделирование и 3D-принтинг как новый этап в развитии сосудистого протезирования // Огарев-Online. – 2017. – № 7. – С. 3. [Ageykin AV. 3D modeling and 3D printing as a new stage in the development of vascular prosthetics. *Ogarrev-online*. 2017;(7):3. (In Russ.)]
- Zuniga J, Katsavelis D, Peck J, et al. Cyborg beast: a low-cost 3D-printed prosthetic hand for children with upper-limb differences. *BMC Res Notes*. 2015;8:10. <https://doi.org/10.1186/s13104-015-0971-9>.
- thingiverse.com [Internet]. Zuniga JM. Cyborg Beast [cited 2019 May 20]. Available from: <http://www.thingiverse.com/thing:261462>.
- Руководство по протезированию и ортезированию / Под ред. М.А. Дымочки, А.И. Суховеровой, Б.Г. Спивака. – 3-е изд. – М., 2016. [Rukovodstvo po protezirovaniyu i ortezirovaniyu. Ed. by M.A. Dymochka, A.I. Suhoverova, B.G. Spivak. 3rd ed. Moscow; 2016. (In Russ.)]
- Физическая и реабилитационная медицина: национальное руководство / Под ред. Г.Н. Пономаренко. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. [Fizicheskaya i reabilitatsionnaya meditsina: natsional'noe rukovodstvo. Ed. by G.N. Ponomarenko. Moscow: GEOTAR-Media; 2016. (In Russ.)]
- Gordon AM, Magill RA. Motor learning: Application of principles to pediatric rehabilitation. In: *Physical therapy for children*. Ed. by S.K. Campbell. 3rd ed. Philadelphia: Saunders; 2011. P. 157.
- bbc.com [Internet]. Lewington L. Cybathlon: Battle of the bionic athletes [cited 2019 May 20]. Available from: <http://www.bbc.com/news/technology-37605984>.

Information about the authors

Anton V. Kruglov — MD, Orthopedic and Trauma Surgeon, North-West Scientific-Practical Center of Rehabilitation and Prosthetics “Ortetika”; the Head of Upper Limb Prosthetic Department, Prosthetic and Orthopedic Center “Scoliologic.ru”, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-3811-5773>; eLibrary SPIN: 3312-5350. E-mail: kruglov@scoliologic.ru.

Igor V. Shvedovchenko — MD, PhD, D.Sc., Professor, Scientific supervisor of Federal Scientific Center of Rehabilitation of the Disabled named after G.A. Albrecht of the Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0003-4618-328X>; eLibrary SPIN: 3326-0488. E-mail: schwed.i@mail.ru.