

THIẾT KẾ THIẾT BỊ HỖ TRỢ ĐIỀU TRỊ PHỤC HỒI CHỨC NĂNG CHI TRÊN VÀ CHI DƯỚI CHO BỆNH NHÂN SAU ĐỘT QUY NÃO

DESIGN OF A REHABILITATION DEVICE OF UPPER AND LOWER LIMBS FOR POST STROKE PATIENT

Lê Hoàng Bảo¹, Trần Nguyên Duy Phương¹, Nguyễn Văn Thành¹, Trương Quốc Thanh¹,
Đinh Trường Hoàng Vinh²

¹Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

²Công ty TNHH Công nghệ Cơ khí Việt Nam

TÓM TẮT

Bài báo trình bày thiết kế cơ khí của thiết bị hỗ trợ điều trị phục hồi chức năng vận động chi trên và chi dưới cho bệnh nhân sau đột quỵ não. Số bậc tự do liên quan với các chuyển động chính của thiết bị là 14, gồm 5 bậc tự do ở mỗi cánh tay và 2 bậc tự do ở mỗi chân. Thiết bị cho phép triển khai độc lập hoặc đồng thời các bài tập phục hồi chức năng chi trên và chi dưới ở tư thế nằm. Thiết bị có cấu trúc cơ khí linh hoạt với khả năng điều chỉnh kích thước nhằm đảm bảo phù hợp nhất với thể hình bệnh nhân.

Từ khóa: Phục hồi chức năng; Chi trên và chi dưới; Đột quỵ; 14 bậc tự do.

ABSTRACT

The paper presents the mechanical design of the device to assist in the treatment of upper limb and lower limb motor rehabilitation for post-stroke patients. The number of degrees of freedom associated with the main movements of the device is 14, including 5 degrees of freedom in each arm and 2 degrees of freedom in each leg. The device allows the independent or simultaneous implementation of upper and lower limb rehabilitation exercises in a lying position. The device has a flexible mechanical structure with the ability to adjust the links to ensure a suitable fit for the patient's limbs.

Keywords: Rehabilitation; Upper and lower limbs; Stroke; 14-dof.

1. GIỚI THIỆU

Thiết bị hỗ trợ phục hồi chức năng ngày nay đang được sử dụng rất phổ biến tại các bệnh viện, cơ sở y tế, thậm chí tại gia đình bệnh nhân. Đây là một thiết bị hỗ trợ người bệnh tập các bài tập vật lý trị liệu giúp người bệnh cải thiện thể trạng và khôi phục khả năng vận động sau quá trình điều trị. Các thiết bị này được sử dụng cho bệnh nhân trong giai đoạn hồi phục sau tai nạn, chấn thương nghiêm trọng, phẫu thuật điều trị y tế, đột quỵ, bại não hoặc tổn thương thần kinh.

Hiện nay, có hai loại thiết bị phổ biến để phục hồi chức năng cho bệnh nhân là: thiết bị phục hồi chức năng chi trên và thiết bị phục hồi chức năng chi dưới. Ngoài ra, còn có thiết bị kết hợp được cả phục hồi chức năng chi trên và chi dưới (Bảng 1). Tuy nhiên, các loại thiết bị này hiện nay chưa thể hỗ trợ đầy đủ bậc tự do cần thiết cho cả chi trên lẫn chi dưới.

Để khắc phục các hạn chế trên, bài báo này tập trung thiết kế bộ khung cơ khí của thiết bị hỗ trợ điều trị phục hồi chức năng chi trên và chi dưới cho bệnh nhân sau đột quỵ não. Thiết bị có các ưu điểm như sau: có giường giúp bệnh nhân có thể vừa nằm vừa tập, giường có thể nâng hạ hỗ trợ quá trình tập luyện và chăm sóc, có thể tập được nhiều bài tập, có thể tập kết hợp chi trên và chi dưới.

Bảng 1. Một số thiết bị phục hồi chức năng chi trên và chi dưới

		
BTS ANYMOV [2]	YEECON AI-3 [3]	ZEPU X8 [4]

2. THIẾT KẾ

2.1. Tổng quan thiết bị

Thiết bị hỗ trợ điều trị phục hồi chức năng chi trên và chi dưới cho bệnh nhân sau đột quỵ não (Hình 1) được phát triển từ thiết kế “Lower Limb Rehabilitation Training Component for Bedridden Stroke Patients” [1] là một thiết bị phù hợp với bệnh nhân thuộc dạng tập bị động. Thiết bị bao gồm 14 bậc tự do với 3 phần chính: phần khung, cụm tập chi trên, cụm tập chi dưới.

- Phần khung: Có thể nâng hạ, nâng nghiêng.

- Cụm tập chi trên: Có 5 bậc tự do mô phỏng lại chuyển động của khớp vai và các khớp tay.

- Cụm tập chi dưới: Có 2 bậc tự do mô phỏng lại chuyển động khớp háng và khớp cổ chân.

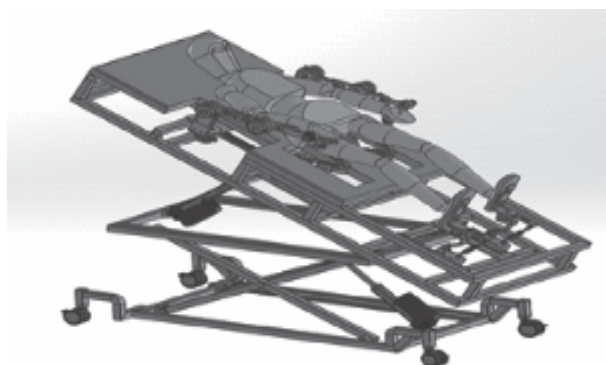
Thiết bị hỗ trợ điều trị phục hồi chức năng chi trên và chi dưới cho bệnh nhân sau đột quỵ não sử dụng bộ khung được nâng, hạ bởi xy lanh điện với các khớp được dẫn động bằng động cơ điện không chổi than (Maxon) và hộp giảm tốc sóng (Harmonic Drive) với những ưu điểm phù hợp với yêu cầu của thiết bị:

+ Linak Linear actuators LA36;

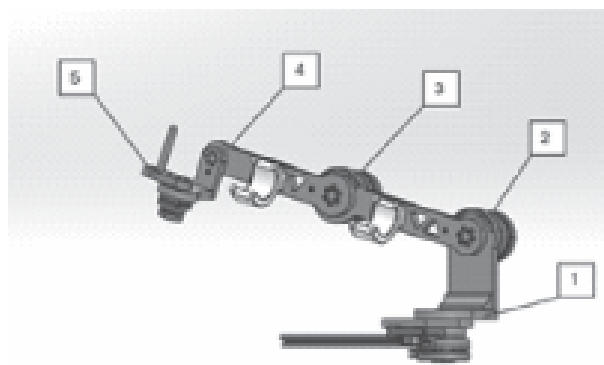
+ Maxon EC 45 flat, brushless, 30 watt và EC 90 flat, brushless, 90 watt;

+ Harmonic drive CFS-11-50-2XH-F và CFS-17-120-2UH.





Hình 1. Thiết kế 3D của thiết bị



Hình 2. Các khớp của cụm tập chi trên

2.2. Cụm tập chi trên

Cụm tập chi trên đáp ứng với chức năng vận động chi trên với 5 chuyển động (Hình 2) được thực hiện qua các khớp: khớp cổ tay, khớp khuỷu tay. Mô phỏng lại các chức năng của cánh tay con người.

Khớp vai có 2 bậc tự do bao gồm các chuyển động: dang - khép, xoay ngoài - xoay trong. Các chuyển động này sẽ tương ứng với khớp 1 và 2.

Khớp khuỷu tay có 1 bậc tự do: gấp - duỗi. Chuyển động này tương ứng với khớp 3.

Khớp cổ tay có 2 bậc tự do, đó là: gấp - duỗi, lắc trái - lắc phải. Hai chuyển động này tương ứng với khớp 4 và 5.

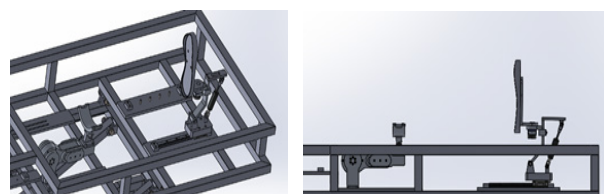
Thiết bị có thể tùy chỉnh chế độ tập luyện, có thể tập luyện một tay hoặc đồng thời cả hai tay. Ngoài ra, hệ thống cho phép điều chỉnh kích thước để phù hợp với thể trạng của từng người tập.

Nhờ thiết kế tối ưu với hệ thống truyền động chính xác, thiết bị này giúp bệnh nhân thực hiện các bài tập nhịp nhàng, hỗ trợ quá trình phục hồi hiệu quả và rút ngắn thời gian điều trị.

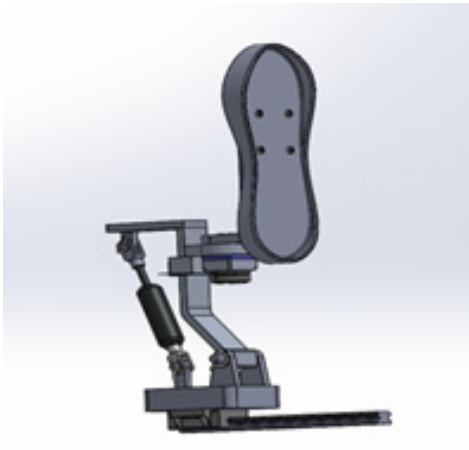
2.3. Cụm tập chi dưới

Cụm tập chi dưới (Hình 3) bao gồm: cụm nâng đùi (Hình 4) và cụm bàn chân (Hình 5) kết hợp với nhau mô phỏng hoạt động gấp - duỗi của cụm khớp háng, và lật sấp - lật ngửa của khớp cổ chân. Trong đó, cụm nâng đùi sẽ đóng vai trò chính trong hoạt động gấp - duỗi của cụm khớp háng khi thực hiện động tác này. Không chỉ khớp háng mà khớp gối và khớp cổ chân cũng tham gia vào quá trình vận động. Cụm bàn chân hoạt động như một bộ phận đỡ, giúp cố định và hỗ trợ bàn chân trong quá trình tập luyện.

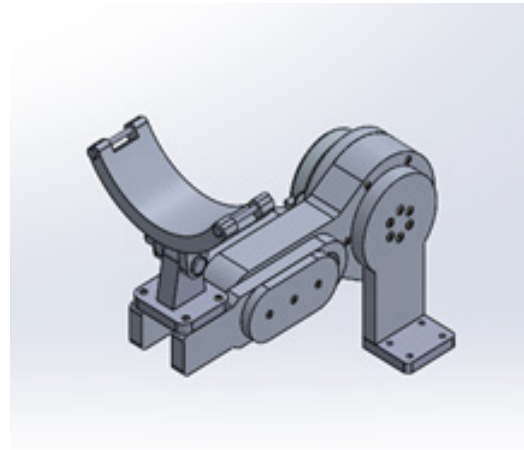
Đồng thời, cụm này cũng thực hiện chuyển động lật sấp - lật ngửa của khớp cổ chân, giúp cải thiện sự linh hoạt và kiểm soát của bàn chân. Đảm bảo bệnh nhân có thể tập luyện an toàn và hiệu quả.



Hình 3. Thiết kế cụm tập chi dưới

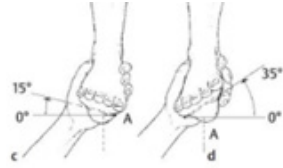


Hình 4. Thiết kế cụm bàn chân



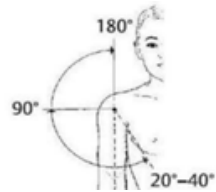
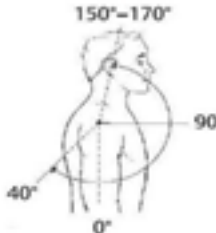
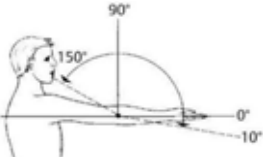
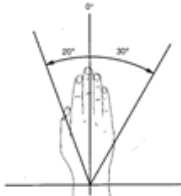
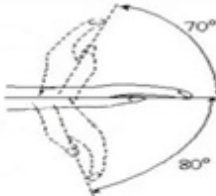
Hình 5. Thiết kế cụm nâng đùi

Bảng 2. Bảng đo tầm vận động của các khớp chi dưới [5]

STT	Loại khớp	Cụm tương ứng của máy	Loại vận động	Tầm vận động cơ thể	Tầm vận động tương ứng của máy	Hình ảnh minh họa
1	Khớp háng	Cụm nâng đùi	Dạng -Khép	130° – 140°	45°	
2	Khớp cổ chân	Cụm bàn chân	Lật sấp - Lật ngửa	15° – 0° – 35°	10° – 0° – 30°	



Bảng 3. Bảng đo tầm vận động của các khớp chi trên [6]

STT	Loại khớp	Khớp tương ứng của máy	Loại vận động	Tầm vận động cơ thể	Tầm vận động tương ứng của máy	Hình ảnh minh họa
1	Khớp vai	Khớp 1	Dạng - Khép	$180^{\circ} - 0^{\circ}$ $20^{\circ} - 40^{\circ}$	$90^{\circ} - 0^{\circ}$	
2	Khớp vai	Khớp 2	Đưa trước - Đưa sau	$40^{\circ} - 0^{\circ}$ $150^{\circ} - 170^{\circ}$	$15^{\circ} - 165^{\circ}$	
3	Khớp khuỷu	Khớp 3	Gấp - Duỗi	$0^{\circ} - 150^{\circ}$	$0^{\circ} - 145^{\circ}$	
4	Khớp cổ tay	Khớp 4	Nghiêng quay - Nghiêng trụ	$30^{\circ} - 0^{\circ} - 20^{\circ}$	$25^{\circ} - 0^{\circ} - 15^{\circ}$	
5	Khớp cổ tay	Khớp 5	Gấp - Duỗi	$80^{\circ} - 0^{\circ} - 70^{\circ}$	$75^{\circ} - 0^{\circ} - 65^{\circ}$	

Bảng 2 và Bảng 3 trình bày về tầm vận động của máy đạt được so với tầm vận động tương ứng của các khớp của cơ thể. Thiết bị được thiết kế để đảm bảo an toàn, kiểm soát tiến độ phục hồi và phù hợp với khả năng vận động hạn chế của người bệnh, do đó không cần tầm vận động tối đa như khớp sinh lý bình thường.

3. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày thiết kế của thiết bị hỗ trợ điều trị phục hồi chức năng cho chi trên và chi dưới. Thiết bị có tổng cộng 14 bậc tự do với chế độ hoạt động độc lập hoặc đồng thời, cho phép mô phỏng tốt nhất các chuyển động cần thiết của các bài tập. Thiết bị có tính linh hoạt với cơ chế điều chỉnh độ dài các khâu để đảm bảo phù hợp nhất cho từng bệnh nhân. ❖

Ngày nhận bài: 01/4/2025

Ngày phản biện: 15/4/2025

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Wang, X.; Feng, Y.; Zhang, J.; Li, Y.; Niu, J.; Yang, Y.; Wang, H. “*Design and Analysis of a Lower Limb Rehabilitation Training Component for Bedridden Stroke Patients*”. In *Machines* 2021, 9, 224.
- [2]. BTS ANYMOV, accessed: March, 30, 2025, [online], available from: <https://industry.hospitals-management.com/suppliers/bts/productspec/1490939217-btsanymov.pdf>.
- [3]. “*A1-3 Lower Limb Intelligent Feedback & Training System*”, Accessed: March. 30, 2025, available from: <https://www.yikangmedical.com/lower-limb-intelligent-feedback-training-system-a1-3.html>
- [4]. “*ZEPUS8 Lower Extremity Feedback Training and Evaluation System by Zepu*”, accessed: March, 30, 2025, [online], available from : https://www.bostonorthoresp.com/ZEPUS8-Lower-Extremity-Feedback-Training-and-Evaluation-System-by-Zepu_p_10779.html.
- [5]. “*Khám khớp háng*”. Phần 1: Các bước cơ bản. accessed: March, 30, 2025, [online], available from : <https://phcn-online.com/2021/05/28/kham-khop-hang-p1/>
- [6]. Catrin Buol, “*Rehabilitation der traumatischen anteriore Schulterluxation*”. Institut für Physiotherapie, Gesundheit, Seite 12 von 49, 2011.