

phương thức thở máy không xâm nhập cho cả nhóm tăng CO<sub>2</sub> máu và giảm O<sub>2</sub> máu, vì vậy kết quả nghiên cứu có thể bị ảnh hưởng. Đặc biệt, khi đại dịch COVID-19 xảy ra, mũ trùm đầu được sử dụng rộng rãi và được chứng minh cải thiện rõ rệt tình trạng khó thở, phân áp oxy máu động mạch, giảm tỷ lệ phải đặt ống nội khí quản, bệnh nhân dung nạp tốt với hệ thống... và giảm lây nhiễm cho nhân viên y tế [4].

## V. KẾT LUẬN

Các chỉ số PaCO<sub>2</sub>, điểm khó thở Borg và bảng điểm HACOR có thể dự đoán khả năng thành công trong phương thức thở máy không xâm nhập qua mũ trùm đầu ở bệnh nhân suy hô hấp cấp. Thông khí nhân tạo không xâm nhập qua mũ trùm đầu có giá trị trong điều trị bệnh lý phù phổi cấp, còn với nhóm viêm phổi và đợt cấp COPD còn chưa rõ ràng.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Kempker J.A., Abril M.K., Chen Y. và cộng sự.** (2020). The Epidemiology of Respiratory Failure in the United States 2002–2017: A Serial Cross-Sectional Study. *Critical Care Explorations*, 2(6), e0128.
2. **Carron M., Freo U., BaHammam A.S. và cộng sự.** (2013). Complications of non-invasive ventilation techniques: a comprehensive qualitative review of randomized trials. *British Journal of Anaesthesia*, 110(6), 896–914.
3. **Esquinas Rodriguez A.M., Papadakos P.J., Carron M. và cộng sự.** (2013). Clinical review: Helmet and non-invasive mechanical ventilation in critically ill patients. *Crit Care*, 17(2), 223.
4. **Amirfarzan H., Cereda M., Gaulton T.G. và cộng sự.** (2021). Use of Helmet CPAP in COVID-19 – A practical review. *Pulmonology*, 27(5), 413–422.
5. **Hong S., Wang H., Tian Y. và cộng sự.** (2021). The roles of noninvasive mechanical ventilation with helmet in patients with acute respiratory failure: A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE*, 16(4), e0250063.
6. **Vũ Văn Đình** (2003), *Suy Hô Hấp Cấp. Hồi Sức Cấp Cứu Toàn Tập*, Nhà xuất bản Y học.
7. **Bộ Y tế** (2020). Hướng dẫn chẩn đoán và điều trị bệnh phổi tắc nghẽn mạn tính. .
8. **Vo Viet H., Nguyen Van M., và Tran Xuan T.** (2018). The early use of non-invasive ventilation for acute respiratory failure in icu. *JMP*, 8(4), 23–27.
9. **Phan Thị Lan Hương** (2020). Áp dụng bảng điểm HACOR trong dự đoán kết quả thành công của thở máy không xâm nhập trên bệnh nhân suy hô hấp cấp. Luận văn thạc sĩ Y học - Trường đại học Y Hà Nội.
10. **Carron M, Freo U, Zorzi M, Ori C** (2010). Predictors of failure of noninvasive ventilation in patients with severe community-acquired pneumonia. *J Crit Care*, 25:540-514.

## CHẾ TẠO NẸP CỔ BÀN CHÂN BẰNG CÔNG NGHỆ IN 3D

Lê Phan Hoàng Chiêu<sup>1</sup>, Lê thị Hạ Quyên<sup>2</sup>, Nguyễn Hoài Nam<sup>2</sup>

### TÓM TẮT

**Đặt vấn đề:** Dụng cụ chỉnh hình cổ bàn chân (AFO) đóng vai trò quan trọng trong việc phục hồi chức năng của bệnh nhân. Tuy nhiên, phương pháp truyền thống chế tạo nẹp AFO tại Việt Nam hiện chưa đáp ứng được yêu cầu chất lượng và thời gian cho điều trị. Quy trình thủ công phức tạp và dựa nhiều vào kỹ năng của kỹ thuật viên dụng cụ chỉnh hình, dẫn đến sản phẩm cần nhiều lần chỉnh sửa và không thích hợp cho bệnh nhân. **Quy trình chế tạo nẹp AFO bằng công nghệ in 3D:** Bài báo mô tả quy trình chế tạo nẹp AFO sử dụng công nghệ in 3D, bao gồm thu thập dữ liệu chi thể bệnh nhân bằng quét 3D, dựng hình chi thể, thiết kế nẹp trên máy tính, chế tạo nẹp

bằng máy in 3D, và kiểm tra chất lượng sản phẩm. Thời gian sản xuất được rút ngắn xuống 12 giờ và sản phẩm được tùy chỉnh cho từng bệnh nhân. **Kết quả:** Sản phẩm nẹp AFO in 3D đã được thử nghiệm trên 30 bệnh nhân và đã cải thiện chức năng đi lại của họ. Bệnh nhân đánh giá sản phẩm này thoải mái, kích thước phù hợp, và không gây đau hoặc tác động tiêu cực lên da. **Kết luận:** Kết hợp giữa quét 3D và thiết kế 3D trong quy trình chế tạo nẹp AFO đã khắc phục các hạn chế của phương pháp truyền thống. Việc này cải thiện thời gian sản xuất, chất lượng sản phẩm và thoải mái cho bệnh nhân, đồng thời định hướng cho sự phát triển của công nghệ trong lĩnh vực này.

**Từ khóa:** Quy trình công nghệ, Công nghệ in 3D, Nẹp cổ bàn chân.

### SUMMARY

#### ANKLE-FOOT ORTHOSIS MADE BY 3D PRINTING TECHNOLOGY

**Background:** The ankle-foot orthosis (AFO) plays a crucial role in rehabilitation for patients. However, the traditional manufacturing methods for AFO braces in Vietnam currently does not meet the requirements for quality and time for treatment . The manual process is complex and heavily reliant on the

<sup>1</sup>Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

<sup>2</sup>Bệnh viện Phục hồi Chức năng và Điều trị Bệnh Nghề nghiệp

Chịu trách nhiệm chính: Lê Phan Hoàng Chiêu

Email: chieulph66@gmail.com

Ngày nhận bài: 12.7.2023

Ngày phản biện khoa học: 24.8.2023

Ngày duyệt bài: 19.9.2023

skills of orthopedic technician, resulting in products that often require multiple adjustments and are not suitable for patients. **AFO made by 3D Printing Technology procedure:** This article describes the process of manufacturing AFO braces using 3D printing technology, which includes gathering patient anatomical data through 3D scanning, creating a digital model of the patient's anatomy, designing the AFO brace on a computer, 3D printing the brace, and quality testing. The production time has been reduced to 12 hours, and each brace is customized to fit individual patients. **Results:** The 3D-printed AFO have been tested on 30 patients and have improved their mobility. Patients have reported that the product is comfortable, properly sized, and does not cause discomfort or negative effects on their skin. **Conclusion:** The combination of 3D scanning and 3D design in the AFO manufacturing process has overcome the limitations of traditional methods. This improvement has led to reduced production time, higher product quality, and increased comfort for patients, while also paving the way for further technological advancements in this field.

**Keywords:** Technology process, 3D Printing Technology, Ankle-Foot Orthosis (AFO).

## I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Dụng cụ chỉnh hình cổ bàn chân (AFO) được sử dụng rộng rãi trong điều trị phục hồi chức năng ở người. Nẹp tác dụng lực lên chi thể của bệnh nhân giúp điều chỉnh, phục hồi tầm vận động và các hoạt động hàng ngày, đặc biệt là dáng đi [1, 2].

Hiện nay, nẹp cổ bàn chân trong nước được chế tạo theo phương pháp thủ công truyền thống, dựa trên "Hướng dẫn quy trình kỹ thuật chuyên ngành phục hồi chức năng" ban hành kèm theo Quyết định số 2520/QĐ-BYT ngày 18 tháng 6 năm 2019 của Bộ trưởng Bộ Y tế, gồm các bước chính sau [1]:

Bước 1. Thăm khám, lượng giá và tư vấn cho người bệnh

Bước 2. Bó bột tạo khuôn (cốt âm)

Bước 3. Tạo cốt dương (mô hình chân)

Bước 4. Chỉnh sửa cốt dương

Bước 5. Hút nhựa (chế tạo nẹp).

Bước 6. Cắt nhựa khỏi cốt bột

Bước 7. Thử nẹp trên người bệnh

Bước 8. Hoàn thiện nẹp

Bước 9. Kiểm tra, đánh giá và giao nẹp.

Với phương pháp thủ công truyền thống, chất lượng nẹp chưa đáp ứng đầy đủ, kịp thời yêu cầu điều trị của bác sĩ. Công đoạn đo đạc còn thủ công, thiếu chính xác, dẫn đến sản phẩm chế tạo cần chỉnh sửa nhiều lần gây khó chịu cho bệnh nhân [3]. Quy trình làm nẹp thủ công khá phức tạp, phụ thuộc nhiều vào kỹ năng và kinh nghiệm của người thợ để tạo ra sản

phẩm đạt yêu cầu điều trị cũng như sự hài lòng của bệnh nhân [4]. Thời gian chế tạo thường kéo dài từ 1 đến 2 tuần, năng suất thấp, không đáp ứng kịp thời cho yêu cầu điều trị. Quá trình bó bột gây khó chịu cho bệnh nhân, việc tạo khuôn bằng thạch cao gây ô nhiễm môi trường [5]. Nhìn chung, phương pháp sản xuất thủ công truyền thống không đáp ứng được yêu cầu về năng lực sản xuất, thời gian chế tạo và chất lượng sản phẩm cho điều trị bệnh nhân trong giai đoạn hiện nay.

Trên thế giới, kỹ thuật 3D đã được ứng dụng rộng rãi trong ngành công nghiệp chế tạo dụng cụ chỉnh hình thông qua việc sử dụng các công cụ quét 3D, hỗ trợ thiết kế (CAD), hỗ trợ tính toán (CAE), hỗ trợ sản xuất (CAM) và in 3D để thiết kế tùy chỉnh và chế tạo sản phẩm chính xác, phù hợp với chi thể của bệnh nhân [6]. Các công nghệ in 3D như FDM, SLS, SLA, LOM,... từng bước được triển khai ứng dụng trong sản xuất dụng cụ chỉnh hình cho nhu cầu phục hồi chức năng, một lĩnh vực kỹ thuật đang phát triển và đầy tiềm năng trong những năm tới [6-8].



**Hình 1. Dụng cụ chỉnh hình được chế tạo bằng công nghệ in 3D**

## II. QUY TRÌNH CHẾ TẠO NẸP AFO BẰNG CÔNG NGHỆ IN 3D

**2.1. Quy trình công nghệ.** Quy trình thiết kế, chế tạo nẹp cổ bàn chân bằng công nghệ in 3D được xây dựng gồm các bước sau [9]:

Bước 1: Thu thập dữ liệu chi thể

- Sử dụng công cụ quét 3D để thu thập biên dạng vùng bàn chân bệnh nhân (dữ liệu số chi thể).

Bước 2: Dựng hình chi thể bệnh nhân

- Dựa trên dữ liệu số chi thể, tiến hành dựng hình mô hình chi thể, đảm bảo độ mịn và độ chính xác.

- Đánh giá sai số giữa mô hình quét 3D và

mô hình chi thể.

Bước 3: Thiết kế nẹp tham khảo

- Kiểm tra, hoàn thiện mô hình chi thể theo yêu cầu điều trị của bác sĩ.
- Thiết kế hình dạng của nẹp.
- Thiết kế các chi tiết trên nẹp.
- Kiểm tra biên dạng và kích thước hình học theo các tiêu chí kỹ thuật.

Bước 4: Mô phỏng, tối ưu hóa nẹp

- Phân tích, kiểm tra đặc tính kỹ thuật, độ bền của nẹp.

- Tối ưu hóa cấu trúc nẹp để giảm khối lượng vật liệu in 3D sản phẩm nẹp.

Bước 5: Chế tạo nẹp

- Chế tạo nẹp bằng máy in 3D công nghệ FDM hoặc SLA.

- Hậu xử lý sản phẩm nẹp in 3D bao gồm: gia nhiệt, sấy khô, phun cát làm mịn sản phẩm.

- Đóng đai, hoàn thiện nẹp.

Bước 6: Kiểm tra chất lượng sản phẩm

- Kiểm tra biên dạng, kích thước và cấu trúc của nẹp bằng các dụng cụ đo.

- Cho bệnh nhân mang thử nẹp, thực hiện các bài tập để kiểm tra chức năng và đánh giá chất lượng nẹp.

Bước 7: Hoàn thiện nẹp, hướng dẫn mang nẹp và theo dõi quá trình điều trị của bệnh nhân.

Với quy trình này, thời gian thiết kế, chế tạo nẹp cổ bàn chân được rút ngắn còn khoảng 3 ngày. Sản phẩm được tùy chỉnh cho phù hợp với chi thể bệnh nhân ngay trong công đoạn mô phỏng, thiết kế trên máy tính. Nẹp cổ bàn chân in 3D có độ chính xác cao, tiện dụng, thẩm mỹ, tạo tâm lý thoải mái, hài lòng cho bệnh nhân.

**2.2. Trang thiết bị.** Máy móc, thiết bị chính trong quy trình chế tạo nẹp AFO bằng công nghệ in 3D gồm có:

- Máy quét 3D cầm tay, thiết bị định vị hỗ trợ quét chi thể bệnh nhân.
- Phần mềm thiết kế, tối ưu nẹp.
- Máy in 3D FDM hoặc SLA.
- Trang thiết bị hậu xử lý nẹp in 3D.
- Dụng cụ đo kiểm.

**2.3. Chế tạo nẹp cổ bàn chân bằng công nghệ in 3D FDM.** Nẹp cổ bàn chân sau khi thiết kế, được chuyển file dạng STL (\*.stl) đến máy in 3D để in ra sản phẩm. Trong trường hợp kích thước nẹp lớn hơn khổ máy in thì thiết kế lại nẹp với 2 phần có thể ghép lại sau khi in.

Nẹp được chế tạo bằng máy in 3D FDM. Vật liệu được sử dụng là Nylon PA12, có tính chất hóa lý tương đương nhựa PP đang được sử dụng làm nẹp AFO truyền thống.



**Hình 2. Nẹp cổ bàn chân được chế tạo bằng công nghệ in 3D, vật liệu Nylon PA12**

Thời gian thiết kế, chế tạo nẹp AFO là 12 giờ, đáp ứng nhanh yêu cầu điều trị của bác sĩ.

**Bảng 1. Thời gian chế tạo nẹp**

TT	Nội dung	Thời gian
1	Quét chi thể	15 phút
2	Thiết kế nẹp	2 giờ
3	In 3D nẹp	6 giờ
4	Hậu xử lý nẹp	2 giờ
5	Hoàn thiện nẹp	1 giờ
6	Thử nẹp, kiểm tra	45 phút
	<b>Tổng thời gian</b>	<b>12 giờ</b>

Thời gian bệnh nhân tham gia vào quá trình làm nẹp được rút ngắn còn 1 giờ so với quy trình sản xuất truyền thống. Vấn đề bó bột chi thể được thay thế bằng việc quét 3D, tạo sự thoải mái, hài lòng cho bệnh nhân khi làm nẹp.

Chất lượng nẹp được đánh giá thông qua việc kiểm tra kích thước hình học và công năng sử dụng:

- Kiểm tra biên dạng, kích thước hình học, vị trí các điểm nắn chỉnh, chuyển động tại Xương chế tạo.

- Cho bệnh nhân mang thử nẹp và thực hiện các bài tập theo chỉ định của bác sĩ. Chất lượng nẹp được bác sĩ đánh giá theo dáng đi, khả năng di chuyển của bệnh nhân. Bệnh nhân đánh giá sự hài lòng khi mang nẹp về kích cỡ, mức độ nặng, thẩm mỹ, ảnh hưởng đến da khi mang nẹp,...

### III. THỬ NGHIỆM NẸP IN 3D

**3.1. Thử nghiệm.** Sản phẩm nẹp AFO in 3D được thử nghiệm điều trị cho 30 bệnh nhân tại Bệnh viện Y học cổ truyền, Bệnh viện Phục hồi chức năng và Điều trị bệnh nghề nghiệp TpHCM.

Thời gian thử nẹp: 1 tháng.

Số lần kiểm tra, đánh giá: 4 lần.

Chất lượng nẹp, sự hài lòng của bệnh nhân được bác sĩ đánh giá hàng tuần trong thời gian tái khám và hướng dẫn bệnh nhân tập ở tháng đầu tiên điều trị.

**3.2. Kết quả thử nghiệm.** Chất lượng nẹp đáp ứng yêu cầu điều trị, chức năng đi lại của

bệnh nhân có cải thiện sau một tháng mang nẹp. Bệnh nhân cảm thấy thoải mái khi mang nẹp: nhẹ, thoáng, kích thước vừa vặn, thẩm mỹ. Không có bệnh nhân bị đau khi mang nẹp, không ảnh hưởng đến da.

#### IV. BÀN LUẬN

Việc chế tạo nẹp AFO và các dụng cụ chỉnh hình khác theo phương pháp truyền thống còn quá thủ công, tốn nhiều thời gian, năng suất thấp. Chất lượng sản phẩm phụ thuộc rất nhiều vào kinh nghiệm của Kỹ thuật viên. Việc kiểm soát chất lượng và độ chính xác của sản phẩm còn hạn chế, đôi khi phải chỉnh sửa lại nẹp bằng tay nhiều lần trước khi cho bệnh nhân sử dụng. Việc bỏ bột tạo khuôn luôn tạo ra sự khó chịu cho bệnh nhân, phải sử dụng thạch cao gây ô nhiễm môi trường.

Kết hợp 2 giải pháp quét 3D và thiết kế 3D, có thể khắc phục được các hạn chế còn tồn tại trong quy trình chế tạo dụng cụ chỉnh hình truyền thống.

Quét 3D sẽ thay thế công đoạn bỏ bột tạo khuôn. Việc quét 3D không gây ra sự khó chịu cho bệnh nhân, không tiếp xúc với hóa chất có thể ảnh hưởng đến sức khỏe. Đặc biệt, việc quét 3D chỉ thực hiện một lần duy nhất là có thể lưu trữ dữ liệu số hóa chi thể bệnh nhân. Dữ liệu quét 3D thể hiện đầy đủ kích thước hình học của chi thể và cho phép lưu trữ trên máy tính hoặc trên đám mây.

Từ dữ liệu 3D chi thể, áo nẹp được thiết kế trên phần mềm CAD, đảm bảo chính xác hơn so với áo nẹp làm thủ công. Việc thiết kế 3D nẹp trên phần mềm cho phép Kỹ thuật viên cùng các Bác sĩ điều chỉnh nẹp trực tiếp trên máy tính, tạo ra sản phẩm phù hợp, đáp ứng các yêu cầu vị trí tỳ đè cho điều trị.

Dữ liệu thiết kế được chuyển qua máy in 3D để chế tạo nẹp với kích thước chính xác hơn sản phẩm làm thủ công hiện nay. Ngoài ra, công nghệ in 3D có thể sử dụng đa dạng các loại vật liệu nhựa khác nhau (hoặc phối trộn nhiều loại vật liệu) để tạo ra sản phẩm có tính thẩm mỹ cao, tiện lợi nhất, đáp ứng yêu cầu điều trị cho từng cá thể bệnh nhân.

#### V. KẾT LUẬN

Quy trình chế tạo theo kỹ thuật 3D được thực hiện chủ yếu trên phần mềm máy tính. Việc sử dụng CAD và công nghệ in 3D tạo điều kiện thuận lợi cho việc mô phỏng chi thể bệnh nhân, thiết kế và chế tạo các dụng cụ chỉnh hình phù hợp có lợi thế hơn nhiều so với phương pháp

truyền thống trong nghiên cứu ứng dụng vật liệu mới, thiết kế tùy chỉnh, thử nghiệm ảo, .... Việc ứng dụng kỹ thuật 3D có thể dẫn đến sự cải thiện đáng kể trong quy trình sản xuất dụng cụ chỉnh hình vì thời gian chế tạo thấp hơn, việc xác định kích thước chi thể nhanh hơn và dễ chịu hơn cho bệnh nhân, khuôn thạch cao bị triệt tiêu và lỗi sản xuất được giảm thiểu.

Do vậy, việc ứng dụng kỹ thuật 3D và in 3D để chế tạo sản phẩm thực sự cần thiết, phục vụ đổi mới công nghệ trong các Xưởng sản xuất dụng cụ chỉnh hình nhằm nâng cao năng suất, chất lượng sản phẩm, số hóa dữ liệu, nâng cao hiệu quả điều trị, phù hợp với xu hướng phát triển của thế giới.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- BỘ Y TẾ** (2019) Hướng dẫn quy trình kỹ thuật chuyên ngành phục hồi chức năng (Đợt 3) ban hành kèm theo Quyết định số 2520/QĐ-BYT ngày 18 tháng 6 năm 2019, B. Y., Government Document, 3,
- Harish Kumar Banga, Parveen Kalra, Rajendra M Belokar, Rajesh Kumar** (2020) Effect of 3D-printed ankle foot orthosis during walking of foot deformities patients. Recent Advances in Mechanical Engineering: Select Proceedings of NCAME 2019. Springer.
- Andrew JG Churchill, Peter W Halligan, Derick T Wade** (2003) "Relative contribution of footwear to the efficacy of ankle-foot orthoses". Clinical rehabilitation, 17 (5), 553-557.
- Manabu Iwata, Izumi Kondo, Yoshihiro Sato, Kei Satoh, Masashi Soma, Eiki Tsushima** (2003) "An ankle-foot orthosis with inhibitor bar: effect on hemiplegic gait". Archives of physical medicine and rehabilitation, 84 (6), 924-927.
- Constantinos Mavroidis, Richard G Ranky, Mark L Sivak, Benjamin L Patrilli, Joseph DiPisa, Alyssa Caddle, et al.** (2011) "Patient specific ankle-foot orthoses using rapid prototyping". Journal of neuroengineering and rehabilitation, 8 (1), 1-11.
- Yong Ho Cha, Keun Ho Lee, Hong Jong Ryu, Il Won Joo, Anna Seo, Dong-Hyeon Kim, et al.** (2017) "Ankle-foot orthosis made by 3D printing technique and automated design software". Applied bionics and biomechanics, 2017
- Engin Cakar, O Durmus, L Tekin, U Dincer, MZ Kiralp** (2010) "The ankle-foot orthosis improves balance and reduces fall risk of chronic spastic hemiparetic patients". Eur J Phys Rehabil Med, 46 (3), 363-368.
- Harish Kumar Banga, Parveen Kalra, RM Belokar, Rajesh Kumar** (2020) "Improvement of human gait in foot deformities patients by 3D printed ankle-foot orthosis". 3D Printing in Biomedical Engineering, 269-288.
- Elizabeth Wojciechowski, Angela Y Chang, Daniel Balassone, Jacqueline Ford, Tegan L Cheng, David Little, et al.** (2019) "Feasibility of designing, manufacturing and delivering 3D printed ankle-foot orthoses: a systematic review". Journal of foot and ankle research, 12 (1), 1-12.