

NGHIÊN CỨU GIẢ LẬP HIỆN TƯỢNG RUN CỦA CẢNH TAY BỆNH NHÂN PARKINSON

STUDY ON SIMULATION TREMOR BEHAVIOR OF PARKINSON PATIENT ARM

Đặng Trung Kiên¹, Huỳnh Minh Triết¹, Trịnh Hoài Ân⁴, Nguyễn Tấn Tiến^{1, 2, 3}

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

²DCSELab, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

³Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

⁴Trường Đại học Sài Gòn

TÓM TẮT

Với những ảnh hưởng từ bệnh lý run tay, các bệnh nhân mắc phải đã gặp phải rất nhiều khó khăn trong các hoạt động hàng ngày, ngoài ra còn ảnh hưởng đến tinh thần và chất lượng cuộc sống của người bệnh. Việc giả lập những hành vi của triệu chứng run tay, đặc biệt là bệnh lý run tay ở bệnh nhân Parkinson, sẽ hỗ trợ trong việc nghiên cứu và phát triển các thiết bị y tế, các dụng cụ tập luyện vật lý trị liệu giúp người bệnh giảm nhẹ hoặc có thể khắc phục được những khó khăn hàng ngày từ bệnh lý run tay.

Từ khóa: Giả lập run; Triệu chứng run tay; Bệnh nhân Parkinson; Vật lý trị liệu.

ABSTRACT

With the effects of hand tremor, patients have encountered many difficulties in daily activities, in addition to affecting the patient's spirit and quality of life. By simulating the behavior of hand tremor symptoms, especially hand tremor in Parkinson's patients, it will support the research and development of medical equipment and physical therapy training tools which will help patients alleviate or overcome daily difficulties from hand tremor.

Keywords: Tremor simulation; Arm tremor; Parkinson patients; Rehabilitation.

1. TỔNG QUAN

Ngày nay, các thiết bị hỗ trợ, tập luyện vật lý trị liệu đóng vai trò quan trọng trong việc điều trị cho các bệnh nhân, đặc biệt là các bệnh lý liên quan đến tay như triệu chứng run của người mắc bệnh Parkinson. Để phát triển được những thiết bị y tế, thiết bị vật lý trị liệu với độ tin cậy và hiệu quả cao, thì các thiết bị thử nghiệm mô phỏng chuyển động của các triệu

chứng bệnh lý góp phần rất lớn trong việc nghiên cứu và thử nghiệm. Trong nghiên cứu trước [1], nhóm đã thực hiện nghiên cứu, đề xuất thiết kế cho mô hình cánh tay robot bốn bậc tự do mô phỏng chuyển động và hành vi run ở cánh tay người. Với nghiên cứu này, nhóm tiến hành thực nghiệm mô phỏng chuyển động run của sáu bậc tự do khớp cầu vai và cơ thể con người nhằm mục đích kích thích chuyển động run cho cánh tay robot bốn bậc tự do [1]

và thử nghiệm hệ mô phỏng run cánh tay người trong tương lai.

1.1. Ảnh hưởng của triệu chứng run ở bệnh nhân Parkinson đến khớp vai

Theo thử nghiệm trong báo cáo về tần số run của chi trên cánh tay của bệnh nhân Parkinson [2], tần số thu được trong khi cánh tay ở trạng thái thả lỏng và trạng thái cố định tư thế được mô tả trong Bảng 1.

Bảng 1. Tần số run của khớp vai bệnh nhân Parkinson theo trạng thái của cơ thể

Trạng thái cơ thể	Tần số run, Hz
Thả lỏng	8.043 ± 2.227
Cố định tư thế	5.829 ± 1.321

Biên độ run của khớp cầu vai trong hai quá trình thả lỏng và di chuyển của cơ thể con người là khác nhau. Khi cơ thể ở trạng thái thả lỏng, các nơ-ron thần kinh hoạt động ít hơn và sự kích thích thần kinh hay các tác nhân không nhiều như khi phải vận động, chuyển động đi lại của con người [3], [4]. Biên độ rung của khớp vai trong hai trạng thái của cơ thể được thể hiện trong Bảng 2.

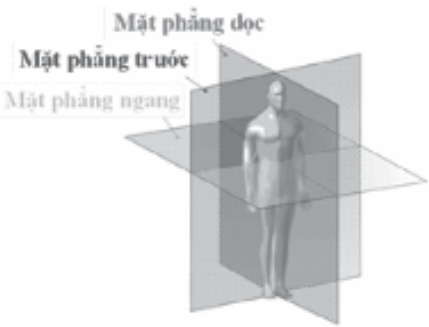
Bảng 2. Biên độ run của khớp vai

Trạng thái cơ thể	Biên độ run, °
Khi thả lỏng	$0.2 \div 0.24$
Khi di chuyển (đi bộ)	$1.9 \div 2.4$

1.2. Quỹ đạo khớp vai trong chuyển động của cơ thể người

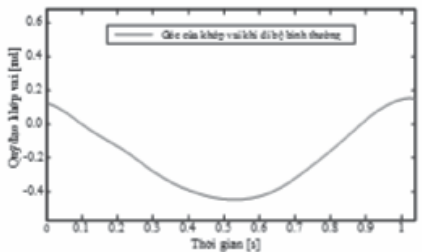
Để thuận tiện trong việc quan sát quá trình chuyển động của khớp vai khi cơ thể người di chuyển với hành động đi bộ bình thường, các mặt phẳng dựa trên cơ thể người được chia thành: mặt phẳng dọc, mặt phẳng trước và mặt

phẳng ngang để phục vụ quá trình nghiên cứu.

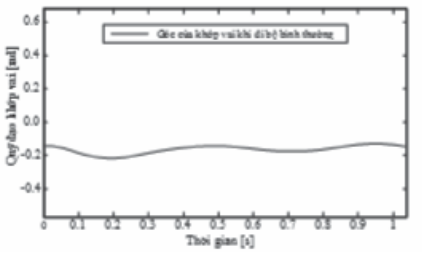


Hình 1. Mặt phẳng tham chiếu

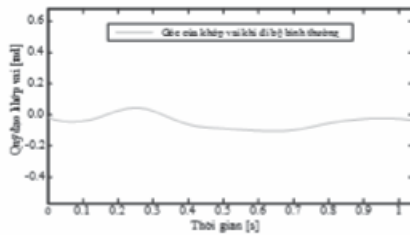
Với việc theo dõi, biểu thị các đường quỹ đạo của khớp vai trong chuyển động đi lại của con người, dựa trên thông tin có sẵn trong một chu kỳ đi bộ bình thường của con người, các thông số được xử lý qua hình ảnh trong suốt quá trình chuyển động [5]. Đường cong quỹ đạo của khớp vai theo mặt phẳng dọc, mặt phẳng trước và mặt phẳng ngang trong quá trình di chuyển của con người được thể hiện trong các Hình 2, 3 và 4.



Hình 2. Khớp vai đo ở mặt phẳng dọc trong quá trình đi bộ



Hình 3. Khớp vai đo ở mặt phẳng trước trong quá trình đi bộ



Hình 4. Khớp vai đo ở mặt phẳng ngang trong quá trình đi bộ

Từ các đường quỹ đạo góc của khớp vai, các dữ liệu đo thu được lớn nhất trong mặt phẳng dọc với góc vung lên phía trước của khớp vai là 21.07° và vung về phía sau của khớp vai là 10.70° .

Kết hợp các nghiên cứu [5], [6], thông số cho quá trình đi bộ của người bình thường được thiết lập trong Bảng 3.

Bảng 3. Thông số của một chu kỳ bước của một người bình thường

Thông số	Giá trị
Độ dài bước, m	0.58 ± 0.03
Thời gian bước, s	0.56 ± 0.04
Nhịp độ bước, bước/phút	109.36 ± 7.02
Tốc độ, m/s	1.05

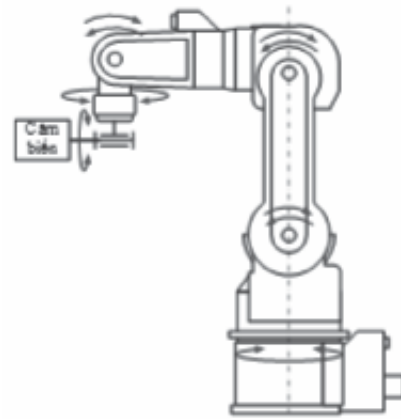
Nhưng với nghiên cứu dựa trên tốc độ thực của các bệnh nhân Parkinson [7], các thông số khớp vai khi đi bộ của bệnh nhân Parkinson được mô tả trong Bảng 4.

Bảng 4. Thông số của khớp vai bệnh nhân Parkinson khi đi bộ bình thường

Thông số	Giá trị
Biên độ khớp vai, $^\circ$	8.5
Vận tốc góc khớp vai, $^\circ/s$	60
Tần số bước, Hz	0.9
Tốc độ, m/s	0.42

1.3. Hệ mô phỏng kích thích run 6 bậc tự do khớp vai

Phục vụ cho quá trình mô phỏng thực nghiệm dao động kích thích run của sáu bậc tự do khớp vai và cơ thể người, nhóm nghiên cứu sử dụng cánh tay robot DENSO VC 5353E với cấu trúc mô hình như mô tả trong Hình 5.



Hình 5. Hệ thực nghiệm tay máy và cảm biến

Để kiểm tra, quan sát hệ khớp vai và cơ thể người kích thích dao động run, nhóm nghiên cứu sử dụng cảm biến gia tốc GY-521 6-D.O.F IMU MPU6050 để tiến hành lấy số liệu trong quá trình thực nghiệm.



Hình 6. Cảm biến gia tốc GY-521 6DOF IMU MPU6050

Hệ thực nghiệm sau khi thiết lập được mô tả trong Hình 7. 

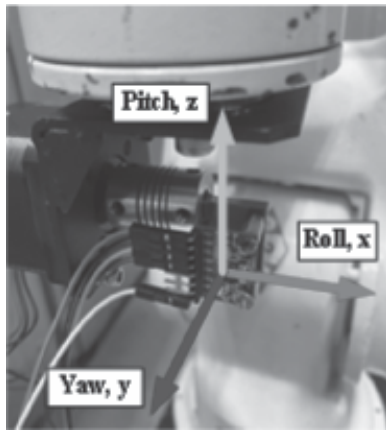


Hình 7. Hệ thực nghiệm kích thích run khớp vai và cơ thể con người

2. CHUẨN BỊ THÍ NGHIỆM

2.1. Hiệu chỉnh sensor

Tiến hành thử nghiệm gá đặt cảm biến trên tay máy và xác định các góc xoay Roll-Pitch-Yaw (RPY) như mô tả trong Hình 8.

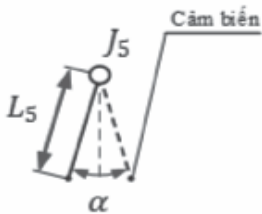


Hình 8. Góc RPY của hệ thực nghiệm

Trong các trường hợp thực nghiệm dưới đây sẽ thực hiện giả lập run trong mặt phẳng dọc để dễ thấy được mối liên hệ giữa chuyển động cơ thể và khớp vai trong quá trình đi bộ. Vì vậy, việc mô phỏng triệu chứng run sẽ dựa trên góc Roll, quay quanh trục X với tần số và biên độ như xác định ở trên.

2.2. Mô phỏng run với 1 bậc tự do quay khớp vai

Nội dung thực nghiệm được thiết kế dựa trên quỹ đạo chuyển động như Hình 9.



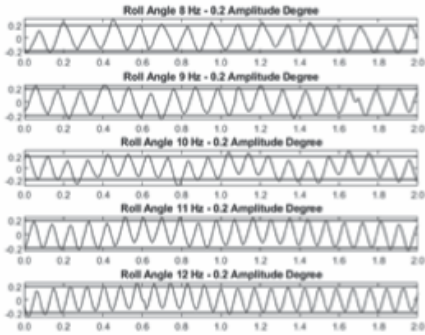
Hình 9. Nguyên lý thử run khớp quay một bậc tự do

Trong trường hợp này, nhóm nghiên cứu thực hiện dao động góc của khớp J5 với số liệu mô tả như Bảng 5.

Bảng 5. Thông số thực nghiệm run một bậc tự do ở khớp vai

Thông số	Giá trị
Biên độ run α , °	0.2
Tần số run f , Hz	8÷12

Kết quả thu được từ thực nghiệm khi cho tay máy run với biên độ 0.2 độ trong thời gian 2 giây với các tần số 8, 9, 10, 11 và 12 Hz mô tả trong Hình 10.



Hình 10. Thông số đo được từ IMU về thay đổi góc Roll trong thử nghiệm run

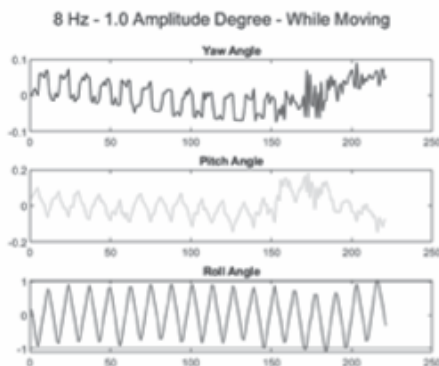
Dữ liệu thu được từ cảm biến IMU MPU6050 về biên độ run trung bình của từng tần số và tần số thực tế được biểu diễn trong Bảng 6.

Bảng 6. Thông số biên độ trung bình và tần số thực thu được cho từng tần số thực nghiệm

Thông số		Giá trị
8Hz	Biên độ trung bình, °	0.19
	Tần số thực, Hz	7.78
9Hz	Biên độ trung bình, °	0.18
	Tần số thực, Hz	9.09
10Hz	Biên độ trung bình, °	0.18
	Tần số thực, Hz	10.0
11Hz	Biên độ trung bình, °	0.21
	Tần số thực, Hz	11.1
12Hz	Biên độ trung bình, °	0.2
	Tần số thực, Hz	11.2

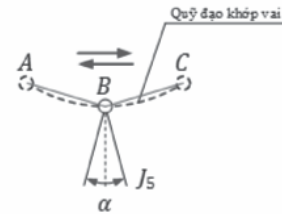
2.3. Mô phỏng run với 2 bậc tự do tương đối của khớp vai với chuyển động của cơ thể người

Trong quá trình chuyển động đi lại của con người nói chung hay bệnh nhân Parkinson nói riêng thì các chuyển động của khớp vai trong mặt phẳng trước và mặt phẳng ngang tương đối nhỏ. Dao động lớn nhất của khớp vai trong khi đi bộ được ghi nhận trong mặt phẳng dọc [4] như mô tả Hình 11.



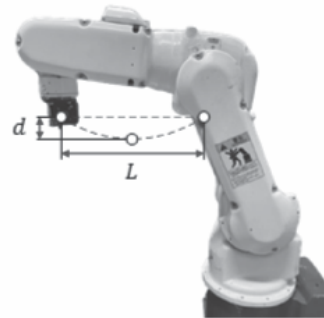
Hình 11. Ảnh hưởng của chuyển động cơ thể và khớp vai đến các góc đo cảm biến

Trong trường hợp thực nghiệm này, nhóm tiến hành dao động của khớp vai trong suốt quá trình chuyển động đi bình thường của con người bằng phương pháp được mô tả trong Hình 12.



Hình 12. Nguyên lý thực nghiệm ảnh hưởng của vận động (đi bộ) cơ thể đến run khớp vai hai bậc tự do

Để đáp ứng quỹ đạo chuyển động như mô tả trên, mô hình thực nghiệm được thiết lập như trong Hình 13.



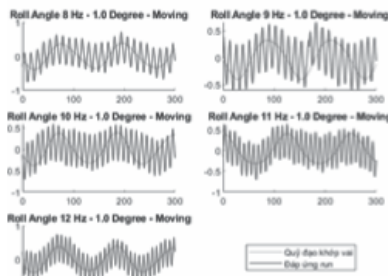
Hình 13. Mô phỏng quỹ đạo của khớp vai trong hoạt động đi bộ

Bằng cách quan sát và thí nghiệm về quỹ đạo khớp vai trong hoạt động đi bộ của các thành viên trong nhóm nghiên cứu, các thông số trong Hình 13 được xác định để lập trình tay máy với $d = 6\text{mm}$, $L = 380\text{mm}$ và nội suy hàm quỹ đạo khớp vai theo nghiên cứu [8], [9]:

$$S(t) = s_F [0.4 \cos(t) + 0.1 \cos(2t + 0.6)] \quad (1)$$

Trong đó: s_F là hệ số tỉ lệ dựa theo biên độ vung của góc khớp vai.

Tiến hành thực nghiệm với biên độ run nhỏ hơn và tần số run lớn hơn so với nghiên cứu [5] với biên độ 0.5° và tần số từ $8 \div 12$ Hz, vận hành tay máy với tần số 0.9 Hz với quãng đường d, L như trên, ta có được kết quả thực nghiệm như Hình 14.



Hình 14. Kết quả thử nghiệm run khớp vai trong quá trình di chuyển (đi bộ) của cơ thể

3. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày về kết quả thực nghiệm kiểm tra hệ tay máy mô phỏng khớp vai kích thích quá trình run của cánh tay con người trong trạng thái thả lỏng và hoạt động đi lại của bệnh nhân Parkinson. Theo kết quả thực nghiệm, với hệ thử nghiệm đã đề xuất sẽ đáp ứng kích thích được hầu như các tần số và biên độ run của bệnh nhân Parkinson với tần số từ $8 \div 12$ Hz của khớp vai người bệnh trong cả trạng thái thả lỏng và vận động.

Trong tương lai, nhóm nghiên cứu sẽ tiến hành tích hợp cánh tay 4 bậc tự do đã đề xuất thiết kế [1] lên hệ kích thích trong bài báo này, để tiến hành mô phỏng hành vi run của bệnh nhân Parkinson trên toàn bộ cánh tay và thử nghiệm các thiết bị y tế hỗ trợ người bệnh.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-

HCM) trong khuôn khổ Đề tài mã số TX2024-20b-01. Chúng tôi xin cảm ơn Phòng Thí nghiệm trọng điểm Điều khiển Số và Kỹ thuật Hệ thống, Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM đã hỗ trợ thời gian, phương tiện và cơ sở vật chất cho nghiên cứu này. ❖

Ngày nhận bài: 05/4/2024

Ngày phản biện: 12/5/2024

Tài liệu tham khảo:

- [1]. D.T. Kien, T.H. An, N.T. Tien; *Nghiên cứu thiết kế thiết bị mô phỏng chuyển động và hành vi triệu chứng run ở cánh tay người*, Tạp chí Cơ khí, To appear soon.
- [2]. Scanlon, B. K., Levin, B. E., Nation, D. A., Katzen, H. L., Guevara-Salcedo, A., Singer, C., & Papapetropoulos, S. (2013). *An accelerometry-based study of lower and upper limb tremor in Parkinson's disease*. Journal of Clinical Neuroscience, 20(6), 827-830.
- [3]. Rahimi, F., Samotus, O., Lee, J., & Jog, M. (2015). *Effective management of upper limb parkinsonian tremor by incobotulinumtoxin A injections using sensor-based biomechanical patterns*. Tremor and Other Hyperkinetic Movements, 5.
- [4]. Costanzo, M., Cutrona, C., Leodori, G., De Bartolo, M. I., Fabbrini, A., Vivacqua, G. & Belvisi, D. (2023). *Distal Upper Limb Tremor during Walking in Parkinson's Disease*. Movement Disorders Clinical Practice, 10(8), 1198-1202.
- [5]. T. Masato, S. Kazuyoshi. (2001). *Physiological tremor of the upper limb segments*, Eur J Appl Physiol, 85(3-4), pp: 214-225. doi:10.1007/s004210100476.
- [6]. Yang, J., Mo, Z., Zhang, Y., Ji, R., Tao, C., & Fan, Y. (2023). *The effects of walking aids on shoulder joint kinematics in older persons: an initial study*. BMC geriatrics, 23(1), 743.
- [7]. Warmerdam, E., Romijnders, R., Welzel, J., Hansen, C., Schmidt, G., & Maetzler, W. (2020). *Quantification of arm swing during walking in healthy adults and parkinson's disease patients: Wearable sensor-based algorithm development and validation*, Sensors, 20(20), 5963, doi:10.3390/s20205963.
- [8]. Wang, Y., Sheng, Y., Wang, J., & Zhang, W. (2017). *Optimal collision-free robot trajectory generation based on time series prediction of human motion*. IEEE Robotics and Automation Letters, 3(1), 226-233.
- [9]. Choi, J. (2021). *Multi-phase joint-angle trajectory generation inspired by dog motion for control of quadruped robot*. Sensors, 21(19), 636.