

ĐIỂM NGỌT ĐỘNG CỦA TRƯỜNG CÔN TRONG VÕ NHẤT NAM: LÝ THUYẾT DẦM TIMOSHENKO, TÂM ĐAO ĐỘNG VÀ Ý NGHĨA CƠ SINH HỌC TRONG HUẤN LUYỆN BÌNH KHÍ

Vũ Minh Cường⁽¹⁾; Trần Phú Cử⁽²⁾; Lê Hữu Thắng⁽³⁾

Thông tin bài báo:

Ngày nhận bài: 15/05/2026

Ngày phản biện: 24/07/2026

Ngày đăng: 31/08/2026

Tác giả liên hệ:

Vũ Minh Cường

Email:

vucuong971971@gmail.com

Tập 16, số 4 (2026), trang 41-46

DOI:

<https://doi.org/10.64024/upes14086>

Bản quyền © 2026. Bài báo này là công bố Truy cập Mở (Open Access) và được phân phối theo các điều khoản của Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).

Tóm tắt: Bài viết xây dựng một khung mô phỏng số để xác định điểm ngọt động của trường côn trong võ Nhất Nam trên cơ sở lý thuyết dầm Timoshenko, tâm dao động (center of percussion - COP) và thành phần phạt rung. Trường côn được mô hình hóa như một dầm đàn hồi đồng nhất dài 1,8 m, khảo sát bằng phương pháp phần tử hữu hạn (FEM) trong phân tích với các mode uốn đầu. Hàm mục tiêu được thiết lập nhằm tìm vị trí va đập vừa gần tâm dao động (COP), vừa hạn chế kích hoạt các mode dao động bất lợi tại tay cầm. Kết quả cho thấy khi xét thêm ảnh hưởng rung, vị trí tối ưu dịch chuyển về phía đầu xa so với COP cổ điển; ở kích bản chuẩn, điểm ngọt động đạt khoảng 1,556 m tính từ chuôi côn. Nghiên cứu cũng cho thấy nghiệm tối ưu phụ thuộc vào tâm quay tức thời của động tác, qua đó phản ánh vai trò của chiến lược phát lực trong hiệu quả va chạm. Các phát hiện này gợi mở cơ sở cơ sinh học cho huấn luyện binh khí theo hướng lựa chọn vùng tiếp xúc phù hợp với kỹ thuật phát lực, thay vì chỉ dựa trên một điểm chuẩn hình học cố định.

Từ khóa: Tâm dao động, lý thuyết dầm Timoshenko, rung động truyền tay, huấn luyện binh khí.

The most effective point for establishing force when using long staff in Nhat Nam Martial Arts: Timoshenko Beam Theory, center of percussion, and biomechanical implications for weapon training

Vu Minh Cuong⁽¹⁾; Tran Phu Cu⁽²⁾; Le Huu Thang⁽³⁾

Article Information:

Received: 15/05/2026

Review date: 24/07/2026

Published: 31/08/2026

Corresponding Author:

Vu Minh Cuong

Email:

vucuong971971@gmail.com

Vol 16, Issue 4 (2026), pp 41-46

DOI:

<https://doi.org/10.64024/upes14086>

Copyright © 2026. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).

Abstract: This article develops a numerical simulation framework to determine the most effective point for establishing force when using long staff in Nhat Nam Martial Arts based on Timoshenko beam theory, the center of percussion (COP), and a vibration penalty component. The staff was modeled as a homogeneous elastic beam with a length of 1.8 m and analyzed using the finite element method (FEM), focusing on the first bending modes. The objective function was established to identify an impact location that is both close to the center of percussion (COP) and minimizes the activation of undesirable vibration modes at the grip. The results indicate that when vibration effects are incorporated, the optimal location shifts toward the distal end relative to the classical COP; under the standard scenario, the dynamic sweet spot was approximately 1.556 m from the butt end of the staff. The study also demonstrates that the optimal solution depends on the instantaneous center of rotation of the movement, thereby reflecting the role of force-generation strategy in impact effectiveness. These findings provide a biomechanical basis for weapon training by guiding the selection of appropriate contact zones according to force-generation techniques, rather than relying solely on a fixed geometric reference point.

Keywords: Center of percussion, Timoshenko beam theory, hand-transmitted vibration, weapon training

⁽¹⁾TS, Khoa GDTC-QP&AN, Trường Đại học Thủ đô Hà Nội, Việt Nam

⁽²⁾Võ sư, Huấn luyện viên võ thuật môn phái Nhất Nam, Hà Nội, Việt Nam

⁽³⁾ThS, Viện Nghiên cứu Phát triển Tiêu chuẩn Chất lượng (ISSQ), Việt Nam

ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong khoa học thể thao hiện đại, cơ sinh học không chỉ dừng ở việc mô tả hình thái động tác mà còn hướng tới giải thích cơ chế phát lực, hiệu quả truyền lực và tải cơ học mà người tập phải tiếp nhận trong quá trình vận động. Trong mạch nghiên cứu đó, khái niệm “điểm ngọt” (sweet spot) có ý nghĩa đặc biệt vì liên quan trực tiếp đến câu hỏi vị trí tiếp xúc nào vừa tạo hiệu quả cơ học thuận lợi, vừa hạn chế cảm giác lực dội lên tay cầm.

Ở các dụng cụ va đập như vợt, gậy hay chày, vấn đề này đã được phân tích dưới nhiều góc độ như tâm dao động (center of percussion - COP), node dao động và phân bố rung sau va chạm. Với các hệ đàn hồi dạng thanh, lý thuyết dầm Timoshenko là một lý thuyết phù hợp vì cho phép xem xét đồng thời độ võng uốn, biến dạng cắt và quán tính quay của tiết diện. So với mô hình Euler-Bernoulli, cách tiếp cận này phản ánh tốt hơn đáp ứng của các thanh có chiều dài hữu hạn, chịu tác động xung ngắn và xuất hiện dao động bậc cao.

Một thành tố cần được tính đến là rung động truyền tay. Các tổng quan gần đây cho thấy rung truyền qua hệ tay - cẳng tay có thể ảnh hưởng thông qua xúc giác đến lực nắm và khả năng điều khiển dụng cụ, cũng như gây khó chịu khi thao tác.

Trong võ Nhất Nam, trường côn vừa là binh khí huấn luyện, vừa gắn với thực hành võ thuật truyền thống. Theo Ngô Xuân Bình, trường côn không chỉ là công cụ va đập mà còn là phương tiện rèn luyện phản ánh cấu trúc lực, nhịp điệu phát lực và khả năng khống chế không gian vận động.

Cơ sở lý thuyết của nghiên cứu được xây dựng trên ba trụ cột. Thứ nhất là cơ học dụng cụ va đập, trong đó COP được dùng như một chuẩn hình học - quán tính để mô tả vị trí va chạm có xu hướng làm giảm phản lực truyền về điểm nắm.

Thứ hai là điều khiển vận động trong chuỗi động học. Khi đòn quạt ngang được tạo bởi sự phối hợp của thân người, vai, khuỷu tay và cổ tay, tâm quay hiệu dụng của hệ người - côn không còn cố định tại một khớp đơn lẻ mà thay đổi theo cách phát lực.

Thứ ba là sinh cơ học giao động truyền tay. Từ các bằng chứng hiện có, nghiên cứu giả định rằng vùng tiếp xúc thuận lợi thường là vùng không kích hoạt mạnh các mode dao động gây khó chịu tại tay cầm.

Trên cơ sở đó, nghiên cứu đề xuất khái niệm “điểm ngọt động” để chỉ vị trí va chạm tối ưu được xác định không chỉ bởi COP mà còn bởi cấu trúc dao động của trường côn và tâm quay tức thời của động tác.

Từ đó, nghiên cứu hướng tới hai mục tiêu: xác định vị trí điểm ngọt động của một trường côn gỗ cứng dài 1,8 m bằng mô hình tích hợp COP động, lý thuyết dầm Timoshenko và hàm mục tiêu có thành phần phạt giao động; đồng thời diễn giải ý nghĩa sinh cơ học của kết quả đối với huấn luyện binh khí trong võ Nhất Nam.

PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu được thiết kế như một nghiên cứu mô hình hóa số theo định hướng computational biomechanics. Đối tượng phân tích là một trường côn gỗ cứng đồng nhất, chiều dài $L = 1,8$ m, khối lượng $m = 3,0$ kg, đường kính $d = 30$ mm.

Trường côn được lý tưởng hóa như một dầm Timoshenko một chiều, cho phép xét đồng thời độ võng uốn, biến dạng cắt và quán tính quay của tiết diện. Dầm được rời rạc hóa bằng mô hình phần tử hữu hạn gồm nhiều nút đều nhau dọc theo chiều dài, từ đó xác định tần số riêng, dạng mode và đáp ứng động theo vị trí va chạm.

Điểm nắm chính được quy ước tại $x_g = 0,4$ m tính từ chuôi côn. Va chạm được mô phỏng bằng một xung Gaussian ngắn có thời lượng đặc trưng $t_p = 4$ ms, đủ để kích hoạt đáp ứng đàn hồi mà không làm bài toán mất tính khả giải.

Để đưa yếu tố chiến lược phát lực vào mô hình, nghiên cứu sử dụng tâm quay tức thời ICR như một biến tham số. Trên cơ sở xấp xỉ động học cho thanh đồng nhất quay quanh một tâm quay hiệu dụng, COP động được xác định như hàm của ICR để phản ánh sự thay đổi điều kiện phát lực giữa các kịch bản.

Vị trí va chạm tối ưu x^* được xác định bằng cực tiểu hóa hàm mục tiêu: $R(x) = ((x - x_{COP(ICR)}) / L)^2 + \lambda \cdot \sum [w_n \cdot \varphi_n(x)^2]$ với $n = 1, 2, 3$ và 4.

Trong phương trình này, $\varphi_n(x)$ là biên độ

mode thứ n tại vị trí x sau chuẩn hóa khối lượng; w_n là trọng số mode được xác định từ bài toán trị riêng của mô hình Timoshenko; và λ là hệ số điều khiển mức ưu tiên của thành phần phạt giao động trong toàn bộ hàm mục tiêu.

Chỉ số cải thiện tổng hợp được xác định theo công thức: $\eta = [R(x_COP) - R(x^*)] / R(x_COP) \times 100$.

Giá trị η cho biết mức giảm của hàm mục tiêu tại nghiệm tối ưu so với phương án va chạm ngay tại COP động tương ứng. Độ ổn định của

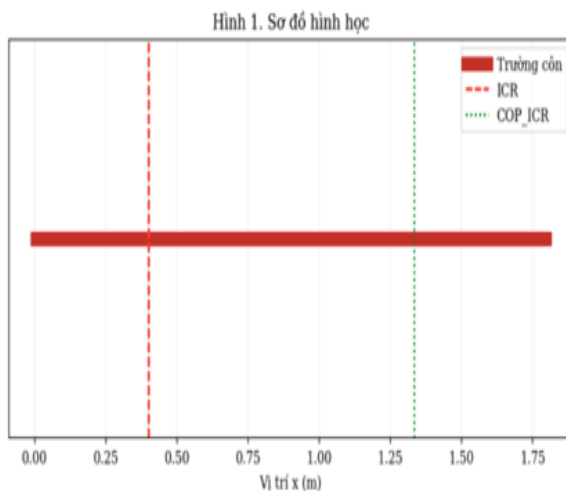
thí nghiệm được kiểm tra bằng khảo sát hội tụ lưới từ 250 đến 2.000 nút; đồng thời tiến hành phân tích độ nhạy với biến thiên $\pm 10\%$ của mô đun đàn hồi E .

Vì đây là nghiên cứu mô phỏng số trên dụng cụ cơ học, không có sự tham gia trực tiếp của người hay động vật nên không phát sinh can thiệp thực nghiệm cần phê duyệt đạo đức. Toàn bộ tham số, công thức và thiết lập mô phỏng được công bố minh bạch để bảo đảm khả năng kiểm tra và tái lập kết quả.

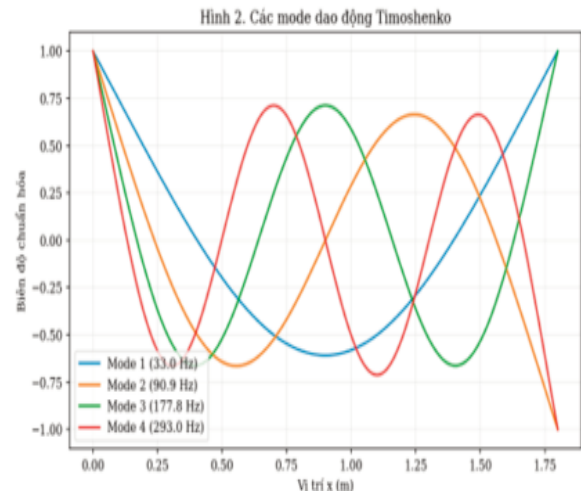
Bảng 1. Tham số vật liệu, hình học và các kích bản phân tích chính

Tham số	Ký hiệu	Giá trị
Chiều dài	L	1,8 m
Khối lượng	m	3,0 kg
Đường kính	d	40 mm
Khối lượng riêng	ρ	1326,5 kg/m ³
Mô đun Young	E	12 GPa
Hệ số Poisson	ν	0.3
Vị trí nắm	x_g	0,4 m
Hệ số cắt	κ	0.9
Độ phân giải phân tử hữu hạn	n	1.800 nút
Thời lượng xung	t_p	4 ms

Ghi chú: Tập tham số được kế thừa từ cấu hình mô phỏng gốc của nghiên cứu và được dùng nhất quán trong toàn bộ phân tích.



Hình 1. Sơ đồ hình học của trường côn và các mốc động học sử dụng trong mô phỏng



Hình 2. Bốn mode dao động uốn đầu của trường côn theo mô hình dầm Timoshenko

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ BÀN LUẬN

1. Cấu trúc mode dao động và hội tụ lưới

Phân tích trị riêng xác định được bốn mode uốn đầu của trường côn. Ở cấu hình chuẩn, mode bậc một có tần số xấp xỉ 33,04 Hz và thể hiện dạng uốn toàn cục với một bụng dao động chiếm ưu thế. Từ mode thứ hai trở đi, hình dạng dao động trở nên phức tạp hơn với sự xuất hiện của các nút và bụng dao động bổ sung dọc theo thân côn.

Khảo sát hội tụ cho thấy nghiệm x^* gần như không thay đổi khi số nút vượt quá 1.000. Ở cấu hình 1.800 nút, sai số giữa các nghiệm liên tiếp giảm xuống dưới 10^{-5} m, cho thấy sai số rời rạc hóa không còn ảnh hưởng đáng kể đến kết quả tối ưu.

2. Ảnh hưởng của thành phần phạt giao động trong hàm mục tiêu

Khi λ tiến gần 0, hàm mục tiêu hầu như chỉ còn thành phần hình học - quán tính; vì vậy nghiệm tối ưu tiến sát COP cổ điển, xấp xỉ 1,33 m. Khi λ tăng, như thể hiện ở hình 3 và hình 4, thành phần phạt rung ngày càng chi phối, làm điểm tối ưu dịch dần về phía đầu xa của trường côn.

Ở kích bản chuẩn $\lambda = 10$, vị trí tối ưu đạt khoảng 1,556 m, tức lớn hơn 0,226 m so với COP cổ điển. Về mặt cơ học, kết quả này phản ánh một trạng thái thỏa hiệp: nghiệm tối ưu không đơn thuần chọn vị trí gần nhất với COP, mà lựa chọn vùng tiếp xúc có thể hạn chế tốt

hơn mức kích hoạt các mode dao động bất lợi tại tay cầm.

3. Vai trò của tâm quay tức thời trong sự dịch chuyển nghiệm tối ưu

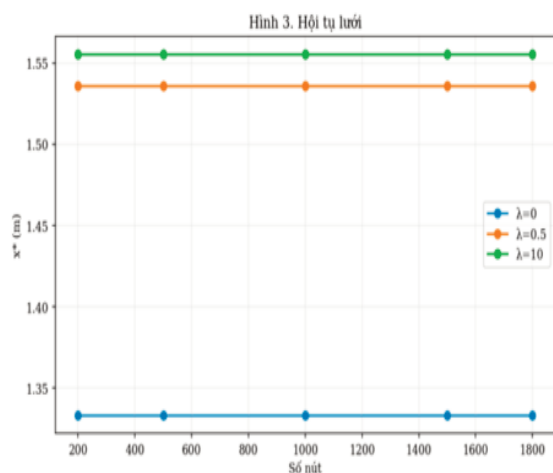
Kết quả mô phỏng cho thấy điểm ngọt động x^* tăng theo ICR theo xu hướng phi tuyến như biểu diễn ở hình 5. Khi tâm quay tức thời dịch chuyển về phía giữa thân côn, tương ứng với chiến lược phát lực huy động mạnh hơn từ thân người và chi trên, vị trí va chạm tối ưu cũng dịch ra xa hơn.

Phát hiện này cho thấy không tồn tại một “điểm chuẩn” bất biến cho mọi kiểu phát lực. Trái lại, vị trí va chạm thuận lợi của trường côn phụ thuộc đáng kể vào cấu hình động học mà người tập tạo ra trong từng kỹ thuật cụ thể.

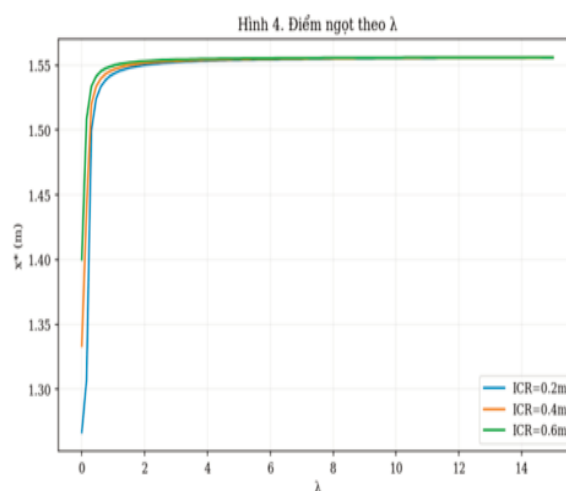
4. Chỉ số cải thiện tổng hợp và độ nhạy vật liệu

Hình dạng hàm mục tiêu cho thấy khi λ tăng, cực tiểu toàn cục tách dần khỏi x_{COP} và dịch về phía đầu xa. Tại $\lambda = 10$, chỉ số cải thiện tổng hợp đạt $\eta = 39,13\%$. Theo định nghĩa của nghiên cứu, đây là mức cải thiện đáng kể của phương án tối ưu so với phương án chỉ dựa trên COP động.

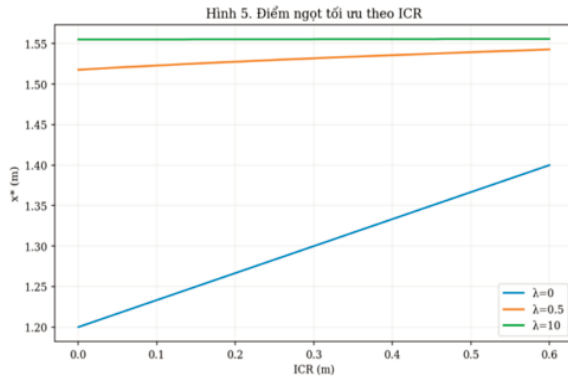
Khi mô đun đàn hồi E thay đổi $\pm 10\%$, tần số riêng bậc một biến thiên từ 31,34 Hz đến 34,65 Hz, nhưng vị trí x^* chỉ dao động quanh 1,556 m với sai khác rất nhỏ như tổng hợp trong bảng 2. Điều này cho thấy nghiệm tối ưu tương đối ổn định trước sai lệch vật liệu trong phạm vi khảo sát.



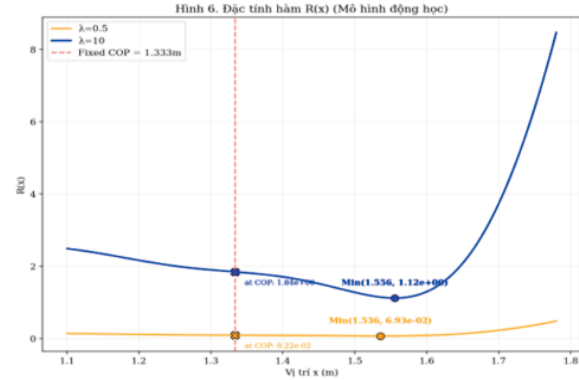
Hình 3. Kết quả hội tụ lưới của vị trí điểm ngọt động x^* theo số lượng nút



Hình 4. Sự biến thiên của điểm ngọt động x^* theo hệ số λ ở các giá trị ICR khác nhau



Hình 5. Sự dịch chuyển của điểm ngọt động x^* theo tâm quay tức thời ICR



Hình 6. So sánh hàm mục tiêu $R(x)$ ở các mức trọng số giao động khác nhau

Bảng 2. Phân tích độ nhạy của tần số mode bậc một và vị trí điểm ngọt động theo biến thiên của mô đun đàn hồi E

Kịch bản	E (GPa)	f1 (Hz)	x^* / Delta x^* (m)
Biến đổi -10%	10.8	31.34	1.5554 / -0.0006
Giá trị chuẩn	12	33.04	1.5560 / 0
Biến đổi +10%	13.2	34.65	1.5563 / +0.0003

Ghi chú: Δx^* là độ lệch vị trí so với trường hợp chuẩn, được xác định tại $\lambda = 10$.

Bàn luận

1. Diễn giải phát hiện trung tâm về điểm ngọt động

Phát hiện trung tâm của nghiên cứu là điểm ngọt của trường côn không nên được hiểu như một tọa độ hình học cố định theo logic vật rắn, mà là một nghiệm tối ưu phụ thuộc đồng thời vào quán tính, cấu trúc dao động và điều kiện phát lực của động tác. Theo cách hiểu này, “điểm ngọt” là một thuộc tính động của hệ người - dụng cụ, không chỉ của riêng dụng cụ.

Kết quả này vừa kế thừa, vừa điều chỉnh mạch nghiên cứu kinh điển về điểm ngọt trong dụng cụ thể thao. Các công trình của Brody (1981), Cross (1998) và Nathan (2000) đã làm rõ vai trò của COP trong việc giải thích cảm giác dội và hiệu quả va chạm. Tuy nhiên, khi chuyển sang trường côn - một dụng cụ dài, đàn hồi và gắn với chuỗi động học toàn thân - việc chỉ dựa vào COP là chưa đủ để phản ánh toàn bộ đáp ứng cơ học liên quan đến người tập.

2. Vai trò của COP động và tâm quay tức thời

Đóng góp phương pháp luận đáng chú ý của bài báo là việc đưa ICR vào hàm mục tiêu thông qua khái niệm COP động. Về bản chất, ICR được sử dụng như một biên đại diện cho chiến lược phát lực của hệ người - côn trong từng tình huống vận động cụ thể.

Diễn giải này phù hợp với cách hiểu hiện đại về phối hợp vận động trong các kỹ thuật thể thao có chuỗi động học mở rộng. Đầu ra cơ học của động tác không phải hệ quả của một khâu đơn lẻ, mà hình thành từ sự phối hợp theo thời gian giữa nhiều đoạn cơ thể và dụng cụ.

3. Hàm ý cơ sinh học cho huấn luyện binh khí

Từ góc độ cơ sinh học ứng dụng, kết quả trên gợi ý rằng huấn luyện trường côn không nên mặc nhiên giả định một điểm tiếp xúc bất biến cho mọi người học và mọi kiểu phát lực. Với những động tác thiên về quật mạnh hoặc chuyển lực toàn thân rõ rệt, vùng tiếp xúc tối ưu có thể dịch ra xa hơn so với cách xác định theo COP cổ điển.

Tuy nhiên, cần nhấn mạnh rằng các hàm ý trên mới dừng ở mức gợi ý có cơ sở cơ học. Chỉ số $\eta = 39,13\%$ cho thấy tối ưu hóa vị trí tiếp xúc có thể làm giảm đáng kể phản hồi giật - rung tổng hợp theo thước đo của mô hình, nhưng chưa thể đồng nhất trực tiếp với cảm giác chủ quan, độ chính xác đòn đánh hay hiệu quả huấn luyện thực tế nếu chưa có kiểm chứng thực nghiệm.

4. Ý nghĩa liên ngành và giá trị học thuật

Một giá trị khác của nghiên cứu là khả năng kết nối giữa cơ học mô phỏng, khoa học vận động và nghiên cứu võ thuật. Trong ngôn ngữ thực hành, người tập có thể mô tả những hiện

tượng như “đầm tay”, “dội tay” hay “ăn lực”; trong ngôn ngữ khoa học, các hiện tượng đó có thể được diễn giải bằng COP, mode dao động, phản hồi rung và điều kiện phát lực.

Ở bình diện rộng hơn, nghiên cứu cho thấy cơ sinh tính toán (computational biomechanics) có thể được sử dụng để trả lời những câu hỏi huấn luyện rất cụ thể. Thay vì chỉ minh họa một nguyên lý vật lý, mô hình có thể trở thành công cụ trung gian giữa kinh nghiệm võ học và bằng chứng định lượng.

5. Hạn chế của nghiên cứu và hướng phát triển tiếp theo

Mặc dù đem lại những phát hiện có giá trị, nghiên cứu vẫn có một số giới hạn cần được nhìn nhận thận trọng. Thứ nhất, mô hình hiện tại chưa đưa dao động tắt dần nội tại của vật liệu vào bài toán, nên biên độ đáp ứng sau va chạm có thể còn khác biệt so với điều kiện thực.

Vì vậy, các nghiên cứu tiếp theo nên phát triển theo hai hướng song song. Hướng thứ nhất là hoàn thiện mô hình bằng cách bổ sung damping, mô hình tay nắm kiểu Kelvin - Voigt, cũng như khảo sát trực tiếp tương tác giữa tay người và thân côn. Hướng thứ hai là kiểm chứng thực nghiệm bằng đo gia tốc, giao động truyền tay, EMG hoặc phân tích động học ở người tập có trình độ khác nhau.

KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xây dựng một khung mô hình hóa số nhằm xác định điểm ngọt động của trường côn trong võ Nhất Nam bằng cách tích hợp COP động, lý thuyết đầm Timoshenko và thành phần phạt rung dựa trên năng lượng mode. Kết quả cho thấy khi xét đầy đủ yếu tố dao động và điều kiện phát lực, vị trí tối ưu không trùng với COP cổ điển mà dịch về phía đầu xa của dụng cụ; ở kích bản chuẩn, điểm ngọt động đạt khoảng 1,556 m tính từ chuôi côn. Nghiệm tối ưu đồng thời thay đổi theo tâm quay tức thời, qua đó cho thấy vai trò của chiến lược phát lực trong hiệu quả va chạm. Trên phương diện ứng dụng, nghiên cứu gợi mở một cơ sở sinh cơ học cho huấn luyện binh khí theo hướng lựa chọn vùng tiếp xúc phù hợp với từng kiểu phát lực. Để khẳng định đầy đủ giá trị thực hành, các kết quả mô phỏng vẫn cần được kiểm chứng bằng dữ liệu thực nghiệm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Barbiero, F., Miani, A., Mauro, M., Marrone, F., Marchetti, E., Rui, F., Tirabasso,

A., Massotti, C., Tarabini, M., & Ronchese, F. (2025). The association between vibrotactile and thermotactile perception thresholds and personal risk factors in workers exposed to hand-transmitted vibration. *Vibration*, 8(3), Article 36. <https://doi.org/10.3390/vibration8030036>

2. Cross, R. (1998). The sweet spot of a baseball bat. *American Journal of Physics*, 66(9), 772-779. <https://doi.org/10.1119/1.19030>

3. Dong, R. G., Wu, J. Z., Xu, X. S., Welcome, D. E., & Krajnak, K. A. (2021). A review of hand-arm vibration studies conducted by US NIOSH since 2000. *Vibration*, 4(2), 482-528. <https://doi.org/10.3390/vibration4020030>

4. Han, S. M., Benaroya, H., & Wei, T. (1999). Dynamics of transversely vibrating beams using four engineering theories. *Journal of Sound and Vibration*, 225(5), 935-988. <https://doi.org/10.1006/jsvi.1999.2257>

5. Nathan, A. M. (2000). Dynamics of the baseball bat-ball collision. *American Journal of Physics*, 68(11), 979-990. <https://doi.org/10.1119/1.1286119>

6. Ngô Xuân Bính. (2009b). *Nhất Nam căn bản, tập IV: Thiết côn - chiết giải*. Nxb Thế giới.

7. Ngô Xuân Bính. (2010a). *Nhất Nam căn bản* (Tập 1). Nxb Thế giới.

8. Ngô Xuân Bính. (2010b). *Nhất Nam căn bản* (Tập 2). Nxb Thế giới.

9. Timoshenko, S. P. (1921). On the correction for shear of the differential equation for transverse vibrations of prismatic bars. *Philosophical Magazine*, 41(245), 744-746. <https://doi.org/10.1080/14786442108636264>

10. Vaittinen, A. M. (2014). *Varieties of embodied knowing: An ethnographic study of mixed martial arts* [Doctoral dissertation, Newcastle University]. Newcastle University eTheses. <http://hdl.handle.net/10443/2534>

11. Wetzler, S. (2015). Martial arts studies as Kulturwissenschaft: A possible theoretical framework. *Martial Arts Studies*, 1, 20-33. <https://doi.org/10.18573/j.2015.10016>

12. Xue, H., Han, C., & Zhu, D. (2025). Limb biomechanics in combat sports: Insights from wearable sensor technology. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 13, 1663592. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2025.1663592>