ISSN 1859-4417

PHÂN TÍCH KHÍ ĐỘNG HỌC ĐÒN QUẬT NGANG THIẾT CÔN CÓ XOẮN CỔ TAY TRONG VÕ CỔ TRUYỀN NHẤT NAM

Lê Hữu Thắng[1]; Vũ Minh Cường[2]

Thông tin bài báo:
Ngày nhận bài: **04/02/2026**
Ngày phản biện: **27/03/2026**
Ngày đăng: **24/04/2026**
Tác giả liên hệ:
Lê Hữu Thắng
Email: ptcamp102@gmail.com
Tập 16, số 2 (2026), trang 64-69
DOI: https://doi.org/10.64024/upes14022
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:

Nghiên cứu này xây dựng mô hình mô phỏng khí động học nhằm phân tích ảnh hưởng của chuyển động xoắn cổ tay trong kỹ thuật quật ngang thiết côn, được lý tưởng hóa như một vật thể trụ dài chuyển động quay kết hợp. Chuyển động vung ngang đồng thời với xoắn dọc trục tạo ra lực Magnus phân bố theo chiều dài gậy, ảnh hưởng đến quỹ đạo và động học đầu gậy. Hệ phương trình động lực học phi tuyến được giải bằng phương pháp Runge–Kutta bậc bốn. Kết quả cho thấy chuyển động xoắn có thể gây lệch quỹ đạo đầu gậy tới 11,5 mm và làm thay đổi thời điểm tiếp xúc khoảng 20 ms ở vận tốc cao, qua đó làm rõ vai trò điều chỉnh động học của lực Magnus trong các hệ vật thể dạng dài quay kết hợp.

Từ khóa: Khí động học, lực Magnus, mô hình động lực học, thiết côn.

Aerodynamic analysis of the horizontal swing technique with wrist rotation in Nhat Nam Traditional Martial Arts

Le Huu Thang[1]; Vu Minh Cuong[2]

Article Information:
Received: **04/02/2026**
Review date: **27/03/2026**
Published: **24/04/2026**
Corresponding Author:
Le Huu Thang
Email: ptcamp102@gmail.com
Vol 16, Issue 2 (2026), pp 64-69
DOI: https://doi.org/10.64024/upes14022
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 study develops an aerodynamic simulation model to analyze the effect of wrist rotational motion in the horizontal swing technique with a metal staff, idealized as a rotating, elongated cylindrical body. The simultaneous horizontal swinging motion and axial rotation generate a distributed Magnus force along the length of the staff, affecting the trajectory and dynamics of the staff tip. The nonlinear system of dynamic equations is solved using the fourth-order Runge–Kutta method. Results indicate that wrist rotation can cause a deviation of the staff tip trajectory up to 11.5 mm and alter the contact timing by approximately 20ms at high velocity, thereby clarifying the role of Magnus force in regulating the dynamics of rotating elongated bodies.

Keywords: aerodynamics, Magnus force, dynamic modeling, metal staff.

[1]ThS Phó viện trưởng Viện nghiên cứu phát triển tiêu chuẩn chất lượng (Viện chất lượng ISSQ)
[2]ThS Khoa GDTC-QP&AN, Trường Đại học Thủ đô Hà Nội

ĐẶT VẤN ĐỀ

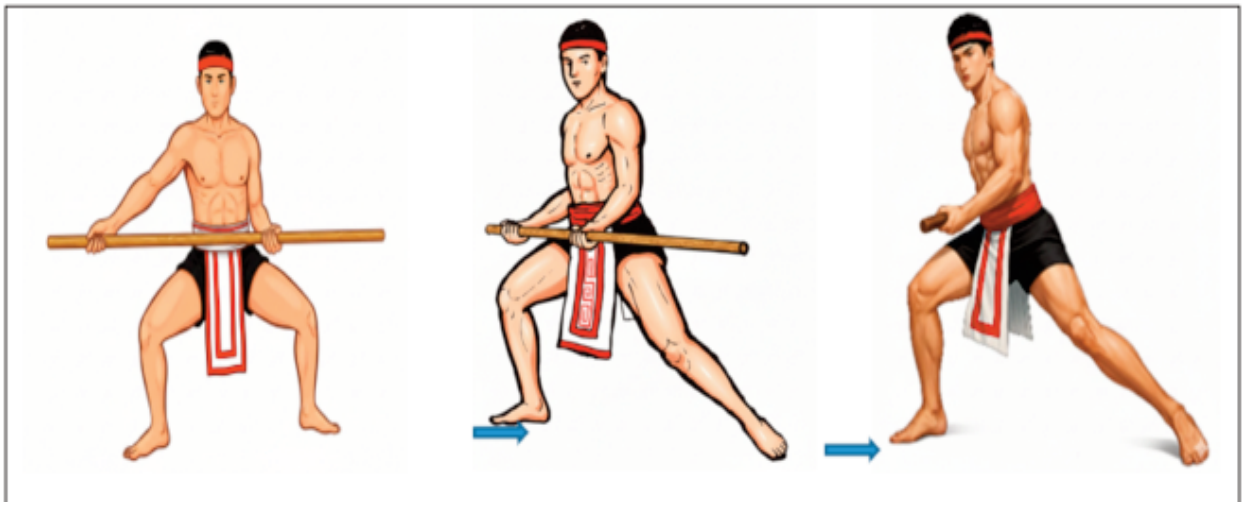
Các vật thể dạng dài như gậy, côn hay trượng là những hệ điển hình trong cơ học ứng dụng, có khả năng tạo động năng lớn thông qua chuyển động quay theo cung tròn. Trong các mô hình động học cổ điển, chuyển động của các hệ này thường được mô tả chủ yếu bằng chuyển động vung trong mặt phẳng và mô men quay quanh trục cầm, trong khi ảnh hưởng của lực khí động học thường bị giản lược hoặc bỏ qua (Houghton et al., 2017). Cách tiếp cận này nhìn chung phù hợp trong nhiều bài toán kỹ thuật, nhưng có thể chưa đầy đủ trong điều kiện vận tốc cao và tồn tại chuyển động quay phức hợp.

Trong khí động học, hiệu ứng Magnus mô tả lực vuông góc với hướng chuyển động phát sinh khi vật thể quay trong môi trường chất lưu và đã được nghiên cứu rộng rãi đối với các vật thể quay dạng cầu, cho thấy ảnh hưởng đáng kể đến quỹ đạo và thời gian bay (Mehta, 1985; Watts & Ferrer, 1987; Nathan, 2008; Alam et al., 2010). Tuy nhiên, các nghiên cứu định lượng đối với vật thể dạng trụ dài, đặc biệt khi tồn tại chuyển động vung kết hợp xoắn dọc trục, vẫn còn hạn chế. Các mô hình truyền thống thường bỏ qua chuyển động xoắn dọc trục, trong khi chuyển động này có thể tạo ra lực Magnus phân bố theo chiều dài vật thể, ảnh hưởng trực tiếp đến quỹ đạo và động học đầu vật thể. Do đó, mô hình hình trụ đặc với lực Magnus tích phân dọc thân được sử dụng làm cơ sở lý thuyết cho nghiên cứu này.

Trong thực hành võ học cổ truyền châu Á, nhiều kỹ thuật sử dụng vũ khí dài khai thác chuyển động này nhằm điều chỉnh quỹ đạo và thời điểm tiếp xúc (Jiang, 1930; Ngô, 2009), song các cơ chế vật lý liên quan chưa được phân tích đầy đủ. Trên cơ sở đó, nghiên cứu này đề xuất một mô hình mô phỏng khí động học cho chuyển động quật ngang của vật thể trụ dài có chuyển động quay kết hợp, tập trung làm rõ vai trò của chuyển động xoắn dọc trục thông qua lực Magnus.

PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu xây dựng mô hình khí động học nhằm phân tích ảnh hưởng của chuyển động xoắn cổ tay đến quỹ đạo và động học đầu gậy trong kỹ thuật quật ngang thiết côn của môn phái Nhất Nam, thông qua cơ chế lực Magnus. Thiết côn được mô hình hóa như một hình trụ đặc có phân bố khối lượng đều, chiều dài 1,8m, đường kính 40mm và khối lượng 3kg, phù hợp với điều kiện luyện tập thực tế.



Hình 1. Kỹ thuật quật ngang thiết côn với chuyển động xoắn cổ tay

Chuyển động của thiết côn được mô tả như một hệ chuyển động kép, bao gồm chuyển động quay quanh trục cầm cố định và chuyển động xoắn quanh trục dọc thân gậy dưới tác động của cổ tay. Hai kịch bản được xem xét: 1) chuyển động vung ngang trong mặt phẳng; và 2) chuyển động vung kết hợp mô men xoắn dọc trục. Vận tốc đầu gậy được thiết lập trong khoảng 50–100 km/h, trong khi vận tốc góc xoắn cổ tay được chọn ở mức 25 rad/s, đại

diện cho điều kiện thực hiện kỹ thuật ở cường độ cao.

Các lực khí động tác dụng lên thiết côn bao gồm lực cản không khí và lực Magnus. Lực Magnus được mô hình hóa như một đại lượng phân bố dọc theo thân gậy và được xác định thông qua tích phân theo chiều dài, với các hệ số khí động được hiệu chỉnh theo số Reynolds tại từng phân đoạn. Hệ phương trình chuyển động phi tuyến, phụ thuộc thời gian, được giải số bằng phương pháp Runge–Kutta bậc bốn. Mô phỏng được thực hiện trong không gian hai chiều và mở rộng sang ba chiều nhằm đánh giá độ lệch quỹ đạo do lực Magnus. Các đại lượng đầu ra bao gồm quỹ đạo đầu gậy, độ lệch cực đại và thời gian tiếp xúc mục tiêu.

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ BÀN LUẬN

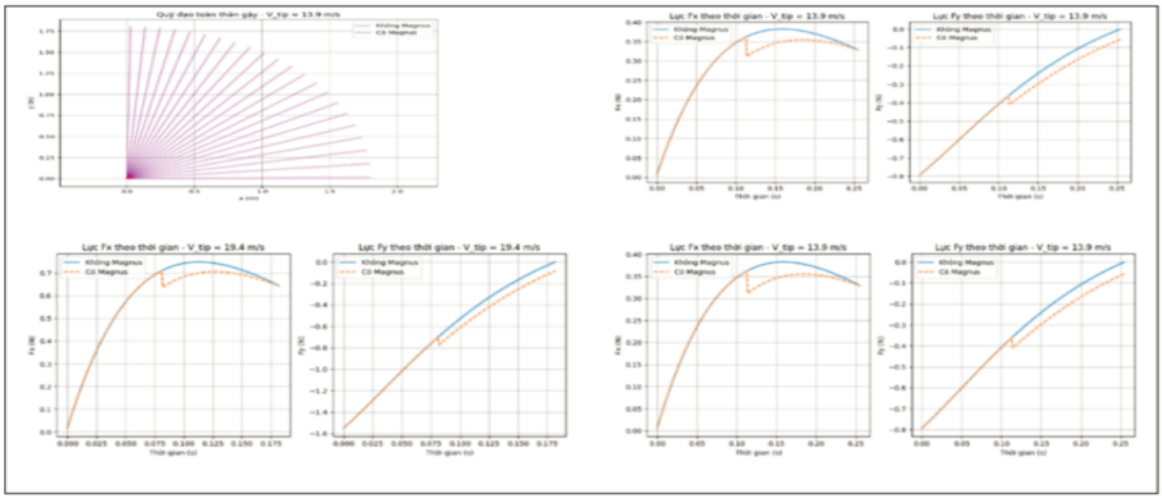
1. Kết quả mô phỏng trong môi trường hai chiều (2D)

Mô phỏng hai chiều được thực hiện nhằm phân tích động học quay của thiết côn trong mặt phẳng vung lý tưởng và cô lập ảnh hưởng của lực Magnus khi chưa xét đến độ lệch không gian. Hai kịch bản được so sánh gồm chuyển động vung thuần túy và chuyển động kết hợp thêm mô men xoắn cổ tay. Kết quả trong Bảng 1 cho thấy trong điều kiện 2D, lực Magnus không làm thay đổi đáng kể hình dạng quỹ đạo tổng thể của thân gậy. Tuy nhiên, mô men xoắn dọc trục tạo ra mô men phụ vuông góc với mặt phẳng chuyển động, dẫn đến thay đổi rõ rệt vận tốc góc và thời gian hoàn tất pha quật. Cụ thể, thời gian quay 90° tăng khoảng 8–12% khi có xoắn cổ tay, với mức ảnh hưởng tăng theo vận tốc đầu gậy.

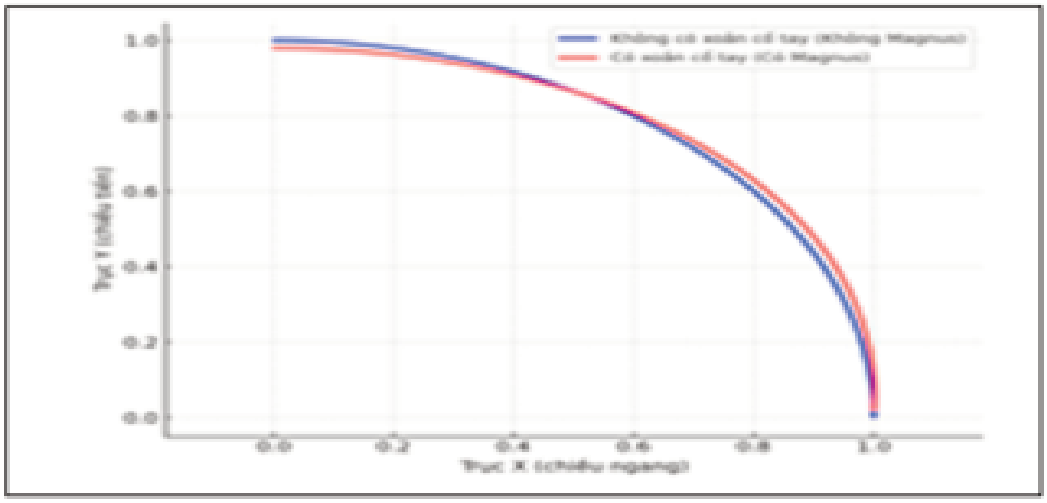
Các kết quả quỹ đạo và phân bố lực theo thời gian được minh họa trong hình 2 và biểu đồ 1.

Bảng 1. So sánh mô phỏng 2D giữa có và không có lực Magnus

Vận tốc đầu gậy (km/h)	**Trường hợp**	**Thời gian quay** (ms)	**Giảm tốc góc** (%)	**Mô-men phụ Magnus**	**Nhận xét**
100	Không xoắn	70	*25*	Không	Quỹ đạo ổn định
	Có xoắn	78	*31*	Xuất hiện rõ	Lực Magnus làm lệch mô-men
70	Không xoắn	95	*18*	Không	Giảm tốc đều
	Có xoắn	103	*22*	Vừa phải	Hiệu ứng rõ
50	Không xoắn	120	*10*	Không	Thuần túy văng
	Có xoắn	132	*13*	Nhỏ	Magnus yếu



Hình 2. Quỹ đạo toàn gậy và các lực của gậy trong mô hình 2D



Biểu đồ 1. Quỹ đạo chuyển động của thân gậy

Các hình và biểu đồ cho thấy quỹ đạo thân gậy trong trường hợp có xoắn cổ tay xuất hiện độ "phồng nhẹ" ra khỏi mặt phẳng ban đầu, phản ánh tác động khí động học phụ của lực Magnus. Mặc dù độ lệch này không đủ lớn để thay đổi hướng chuyển động chính trong môi trường hai chiều, nó cho thấy sự phân phối lại mô men trong hệ chuyển động kép.

2. Kết quả mô phỏng trong môi trường ba chiều (3D)

Khi mô phỏng được mở rộng sang không gian ba chiều với mặt phẳng chuyển động nghiêng 1 độ, ảnh hưởng của lực Magnus trở nên rõ rệt thông qua độ lệch quỹ đạo đầu gậy theo phương vuông góc với mặt phẳng vung chính. Đây là thành phần không thể quan sát trong mô hình 2D và có ý nghĩa thực tiễn quan trọng trong điều kiện thi triển kỹ thuật thực tế.

Các kết quả định lượng được tổng hợp trong bảng 2 cho thấy độ lệch cực đại của đầu gậy tăng mạnh khi có chuyển động xoắn cổ tay, đặc biệt tại các vận tốc cao. Ở vận tốc 100 km/h, độ lệch đạt giá trị cực đại khoảng 11,5 mm tại vị trí đầu gậy, trong khi trường hợp không có xoắn chỉ ghi nhận độ lệch không đáng kể. Đồng thời, thời gian đầu gậy tiếp cận mục tiêu bị kéo dài từ vài mili giây đến khoảng 20 mili giây tùy theo vận tốc.

Sự khác biệt quỹ đạo giữa hai kịch bản được minh họa trực quan trong hình 3 và biểu đồ 2.

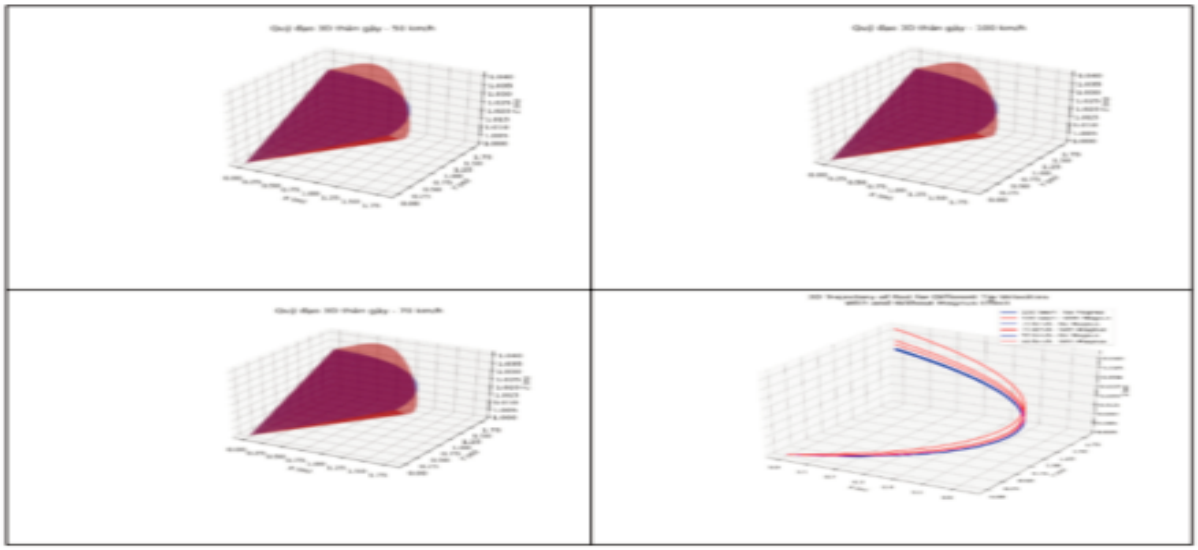
Các hình và biểu đồ cho thấy độ lệch tăng theo vận tốc đầu gậy và tập trung tại vùng đầu gậy, nơi xảy ra va chạm mục tiêu trong thực tế. Điều này khẳng định rằng lực Magnus, dù có độ lớn tương đối nhỏ, vẫn đủ để tạo ra sự khác biệt có ý nghĩa về vị trí và thời điểm tiếp xúc.

3. Tổng hợp tác động của lực Magnus

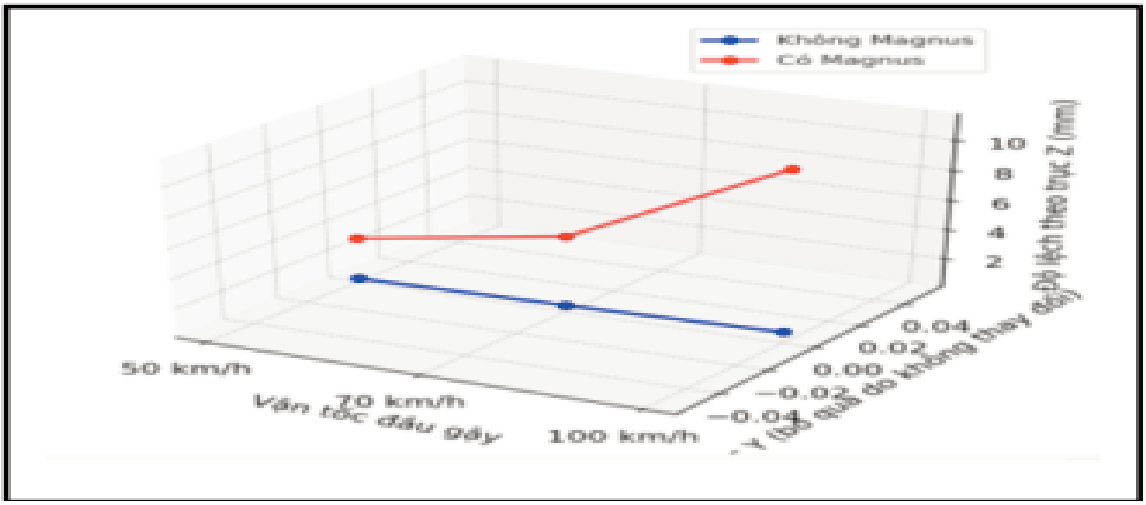
So sánh giữa các mô hình hai chiều và ba chiều cho thấy ảnh hưởng của lực Magnus phụ thuộc mạnh vào không gian chuyển động. Trong mô hình 2D, lực Magnus chủ yếu tác

Bảng 2. Độ lệch quỹ đạo đầu gậy trong mô hình 3D

Vận tốc đầu gậy (km/h)	Lực Magnus	Độ lệch cực đại (mm)	Vị trí lệch (% chiều dài gậy)	Thời gian đến đích (ms)
100	Không	0.8	100	0.070
	Có	11.5	100	0.078
70	Không	0.5	100	0.095
	Có	5.2	100	0.103
50	Không	0.3	100	0.120
	Có	3.1	100	0.132



Hình 3. Quỹ đạo toàn thân và đầu thiết côn trong mô hình 3D



Biểu đồ 2. Độ lệch cực đại đầu gậy theo vận tốc đầu gậy

động đến phân bố mô men và động học quay, trong khi ảnh hưởng lên quỹ đạo là không đáng kể. Ngược lại, trong mô hình 3D, cùng cơ chế này dẫn đến độ lệch quỹ đạo không gian rõ rệt của đầu gậy do sự tích lũy tác động theo thời gian. Các kết quả nhất quán cho thấy chuyển động xoắn cổ tay không làm thay đổi bản chất động học của kỹ thuật, nhưng tạo ra các hiệu ứng điều chỉnh có hệ thống đối với quỹ đạo, vận tốc góc và thời điểm tiếp xúc, đặc biệt trong môi trường ba chiều.

4. Bàn luận

4.1. Vai trò cơ học của chuyển động xoắn cổ tay trong hệ chuyển động kép

Kết quả mô phỏng cho thấy kỹ thuật quật ngang thiết côn không thể được mô tả đầy đủ nếu chỉ xét chuyển động vung trong mặt phẳng. Việc bổ sung chuyển động xoắn cổ tay hình thành một hệ chuyển động kép, trong đó mô men quay quanh trục cầm và mô men xoắn dọc trục thân gậy tương tác thông qua môi trường khí động, tạo nên một hệ động lực học phi tuyến điển hình. Trong đó, lực khí động không chỉ đóng vai trò lực cản mà còn tham gia điều chỉnh động học tổng thể của chuyển động.

Lực Magnus không chi phối chuyển động theo nghĩa năng lượng, nhưng đóng vai trò như một cơ chế điều hướng phụ, làm thay đổi phân bố mô

men và hướng của véc tơ lực tổng hợp. Điều này cho thấy chuyển động xoắn cổ tay chủ yếu có tác dụng tinh chỉnh động học và thời điểm tác động, thay vì đơn thuần gia tăng động năng của đầu gậy.

4.2. Điều hướng quỹ đạo và kiểm soát thời điểm tiếp xúc trong không gian ba chiều

Trong môi trường ba chiều, lực Magnus tạo ra thành phần lực vuông góc với mặt phẳng vung chính, dẫn đến độ lệch quỹ đạo tích lũy của đầu gậy theo thời gian. Mặc dù biên độ hình học của độ lệch này tương đối nhỏ, nó đủ để ảnh hưởng đến vị trí và thời điểm tiếp xúc trong điều kiện chuyển động tốc độ cao. Kết quả này cho thấy khả năng điều hướng quỹ đạo thông qua xoắn cổ tay là một cơ chế vật lý có thể kiểm soát được, chứ không phải hiện tượng ngẫu nhiên.

Về mặt động lực học, hiện tượng này có thể được hiểu như hệ quả của sự kết hợp giữa hai mô men không đồng trục, tạo ra véc tơ lực tổng hợp lệch hướng. Cơ chế này tương đồng với các hệ cơ khí sử dụng chuyển động xoắn để điều chỉnh hướng chuyển động chính mà không cần tăng đáng kể công suất đầu vào.

4.3. Ý nghĩa khoa học và ứng dụng

Về phương diện cơ học ứng dụng, nghiên cứu này mở rộng phạm vi phân tích của hiệu ứng Magnus sang các vật thể dạng dài có chuyển động quay kết hợp, một trường hợp ít được đề cập trong các mô hình khí động học cổ điển. Việc mô hình hóa lực Magnus như một đại lượng phân bố dọc thân cho phép mô tả đầy đủ hơn động học của các hệ chuyển động phi tuyến phức tạp.

Trong bối cảnh nghiên cứu và huấn luyện võ học, các kết quả thu được cung cấp cơ sở vật lý định lượng cho các kỹ thuật truyền thống vốn trước đây chủ yếu được giải thích bằng kinh nghiệm thực hành. Mô hình đề xuất đồng thời mở ra khả năng ứng dụng mô phỏng số như một công cụ hỗ trợ phân tích, đánh giá và chuẩn hóa kỹ thuật trong huấn luyện võ học hiện đại.

KẾT LUẬN

Kết luận: Nghiên cứu đã xây dựng và phân tích mô hình mô phỏng khí động học cho chuyển động quật ngang của thiết côn, làm rõ vai trò của chuyển động xoắn cổ tay thông qua cơ chế lực Magnus phân bố dọc thân gậy. Kết quả cho thấy chuyển động xoắn không làm thay đổi cấu trúc động học cơ bản của kỹ thuật, nhưng tạo ra các hiệu ứng điều chỉnh có hệ thống đối với quỹ đạo và thời điểm tiếp xúc của đầu gậy, đặc biệt trong môi trường ba chiều.

Kiến nghị: Về phương diện khoa học, công trình mở rộng ứng dụng của hiệu ứng Magnus sang các hệ vật thể dạng dài quay kết hợp và cung cấp một khung định lượng cho phân tích kỹ thuật truyền thống dưới góc nhìn cơ học hiện đại. Các nghiên cứu tiếp theo sẽ mở rộng mô hình và hiệu chỉnh bằng dữ liệu thực nghiệm nhằm nâng cao độ tin cậy và khả năng ứng dụng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Alam, F., Chowdhury, H., & Subic, A. (2010). The aerodynamics of tennis balls—The Magnus effect. *Procedia Engineering*, 2(2), 2483–2488. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2010.04.015

2. Houghton, E. L., Carpenter, P. W., Collicott, S. H., & Valentine, D. T. (2017). *Aerodynamics for engineering students (7th ed.)*. Butterworth-Heinemann.

3. Jiang, R. (1930). *An authentic description of Shaolin staff methods*. China: Shaolin Publications.

4. Luijendijk, D. H. (2008). *Kalarippayat: The structure and essence of an Indian martial art* (Doctoral dissertation, Leiden University). https://hdl.handle.net/1887/12949

5. Mehta, R. D. (1985). *Aerodynamics of sports balls*. Annual Review of Fluid Mechanics, 17, 151–189. https://doi.org/10.1146/annurev.fl.17.010185.001055

6. Ngô, X. B. (2009). *Nhất Nam căn bản* – Tập 4: Thiết côn – Chiết giải. Hà Nội: Nhà xuất bản Thế giới.

7. Watts, R. G., & Ferrer, R. (1987). *The lateral force on a spinning sphere: Aerodynamics of a curveball*. American Journal of Physics, 55(1), 40–44. https://doi.org/10.1119/1.14960.

Lời cảm ơn: Tác giả trân trọng cảm ơn Công ty Cổ phần Dịch vụ Thử nghiệm Thành Thạo (PTEST) và Viện Nghiên cứu và Phát triển Tiêu chuẩn (ISSQ) đã hỗ trợ nghiên cứu, cùng các đóng góp chuyên môn của võ sư Ngô Xuân Bính, Trần Phú Cử và Nguyễn Đức Tài - môn phái võ Nhất Nam.