

Khung Ổn Định Ba Điểm

Hồ sơ nghiên cứu chuyên sâu về ràng buộc, ổn định và xoay trong quần vợt

Phiên bản 1.1 · 30 tháng 10, 2026 · Bản tiếng Việt

Bản song hành: **The Tri-Plane Stability Framework** (tiếng Anh)

Tóm tắt

Ghế đầu ba chân không bao giờ cập kênh. Ghế bốn chân thì có. Từ một quan sát giản dị đó, một khung huấn luyện đã ra đời: ba điểm xác định một mặt phẳng, điểm thứ tư gây bất ổn nếu không đồng phẳng; vì vậy hãy dồn lực vào một chân, dùng hai tay định nghĩa mặt phẳng vung vợt, và thu một tay sát người.

Hồ sơ này tôn trọng khung đó đủ để đem nó ra kiểm tra. Nó làm ba việc mà bản gốc chưa làm.

Thứ nhất, nó tách ba câu hỏi mà khung gộp làm một. Cụm "3 so với 4 điểm" đồng thời viện dẫn *tính xác định hình học* (ba điểm không thẳng hàng xác định một mặt phẳng; điểm thứ tư làm hệ thừa ràng buộc), *tính đủ của tư thế* (đa giác để càng lớn càng ổn định), và *tự do quay* (càng ít điểm tiếp xúc, trục quay càng tự do). Đây là ba bài toán vật lý khác nhau với ba câu trả lời khác nhau — và ở một điểm, chúng ngược chiều nhau: trong tĩnh học, thêm điểm tiếp xúc là thêm ổn định; trong động học quay, thêm điểm tiếp xúc là thêm ràng buộc. Nội dung thật sự của khung không phải "ba tốt hơn bốn", mà sắc nét hơn: **cấu hình tối ưu là cấu hình có ràng buộc tối thiểu mà vẫn đủ cho yêu cầu ổn định của nhiệm vụ**. Đọc theo cách này, mọi mâu thuẫn bề ngoài trong giới huấn luyện đều tự tan.

Thứ hai, nó sửa chỗ yếu nhất của phần hình học. Hai tay không định nghĩa một mặt phẳng. Hai điểm xác định một *đường thẳng*; mặt phẳng cần điểm thứ ba không thẳng hàng. Điểm thứ ba đó là đường vai (hoặc đầu vợt). Đây không phải chuyện câu chữ: nó đổi câu lệnh từ "hai tay đưa lên" thành "hai tay và ngực tạo thành một đĩa", và nó giải thích vì sao tay không thuận văng khỏi mặt phẳng lại phá cú đánh dữ dội, trong khi bàn tay thứ hai *nằm trên cán vợt* — như ở backhand hai tay — lại hoàn toàn ổn định.

Thứ ba, nó kiểm toán năm nguyên lý và báo cáo đúng những gì tìm được. Y văn ủng hộ mạnh mẽ mệnh đề *dùng chân*, nhưng ủng hộ yếu, thậm chí không ủng hộ, mệnh đề *dồn lực vào một chân cụ thể*. Y văn ủng hộ *để rộng để cân bằng*, nhưng chỉ trong một dải, vì mở rộng để làm tăng mô-men quán tính và làm chậm đổi hướng. Và y văn ủng hộ động tác thu tay như một thao tác làm giảm mô-men quán tính toàn thân — nhưng **không có nghiên cứu tennis nào** cho thấy thu tay không thuận làm tăng vận tốc góc của thân trên. Thí nghiệm tốt nhất hiện có về thời điểm thu tay tung bóng lại cho thấy nó thay đổi đường tung bóng và nhịp điệu cú giao, chứ không thay đổi động học đầu và thân. Chỗ nào khung chỉ là suy luận vật lý chứ không phải hiệu ứng đã đo, hồ sơ này ghi rõ, kèm mức bằng chứng, ngay trên trang.

Kết quả không phải một cuộc "bóc phốt". Khung vẫn đứng vững — nhưng ở dạng đã được định nghĩa lại. Cái còn lại là một mô hình bảo vệ được, có tên, có cơ chế, có hàm chi phí đo được, có dự đoán định lượng, và có danh sách minh bạch những thí nghiệm có thể bác bỏ nó.

Từ khóa: để đỡ · ràng buộc chính xác · phản lực mặt đất · chuỗi động học · mô-men quán tính · mặt phẳng vung vợt · dồn lực một chân · cơ sinh học tennis

Cách đọc hồ sơ này

Nếu bạn là...	Đọc
Huấn luyện viên cần dùng ngay	§10–§15 (hệ thống ứng dụng), §13 (câu lệnh), §14 (dấu hiệu lỗi)
HLV muốn hiểu lý lẽ	§3–§7
Nhà nghiên cứu	§4–§9, §22–§24
Người thiết kế chương trình	§10–§21
Người xây kho tri thức song ngữ	Toàn bộ, cộng Phụ lục C (thuật ngữ)

Thang mức bằng chứng

Mỗi khẳng định quan trọng trong hồ sơ đều mang một mức. Mức quyết định HLV được phép nói gì.

Mức	Ý nghĩa	HLV được nói
A	Đo trên VDV tennis, lặp lại được hoặc cỡ mẫu lớn, đúng vấn đề	"Nghiên cứu cho thấy..."
B	Đo trên VDV tennis, một nghiên cứu hoặc mẫu hẹp	"Một nghiên cứu cho thấy..."
C	Cơ sinh học phổ quát đã vững, suy ra cho tennis	"Vật lý nói rằng..."
D	Giáo điều huấn luyện / đồng thuận chuyên gia, chưa đo	"Đa số HLV dạy rằng..."
X	Khẳng định trong tài liệu gốc nhưng bị bằng chứng hoặc chính hình học của nó phủ định	Không nói; nói theo bản hiệu chỉnh

Về các con số

Có hai loại số trong hồ sơ. Số *đo được* đến từ y văn trích dẫn. Số *mô hình hóa* đến từ tính toán nguyên lý thứ nhất ở §10–§13 và script `analysis/triplane_model.py`; đây là ước lượng bậc độ lớn dựa trên giả thiết có ghi rõ, và Phụ lục A liệt kê toàn bộ giả thiết. **Không được trích số mô hình như thể là số đo.** Chính sự phân biệt này là mục đích của cả hồ sơ.

Phần I — Xuất phát điểm và phương pháp

1. Quan sát ban đầu

Bản gốc phát biểu quan sát rất gọn:

"3 điểm tạo thành một mặt phẳng, điểm thứ 4 sẽ làm cơ thể kém ổn định nếu không cùng mặt phẳng. Điều này giống như ghế 3 chân và ghế 4 chân. Ứng dụng trong tennis: một chân phải được dồn lực hoàn toàn tại một thời điểm, và hai tay tạo thành một mặt phẳng cho đường vung vợt. Nếu dồn lực hai chân, chúng phải dang rộng để ổn định. Và một tay phải ở sát người, thu vào khi giao bóng và kéo vào khi đánh groundstroke."

Bốn khẳng định được nén trong một đoạn, và chúng khác loại nhau:

- Khẳng định hình học** — ba điểm xác định một mặt phẳng; điểm thứ tư thừa ràng buộc trừ khi đồng phẳng.
- Khẳng định dồn lực** — mỗi lúc chỉ nên dồn lực vào một chân.
- Khẳng định bù đắp** — nếu dồn hai chân, chúng phải dang rộng.
- Khẳng định mặt phẳng và thu tay** — hai tay định nghĩa mặt phẳng; một tay phải ở gần trục.

Quan sát này thật sự tốt. Nó thuộc loại suy liên miền — đúng kiểu thao tác đã đưa giàn khung từ nghề mộc vào kết cấu công trình. Cái nó còn thiếu là bước biến loại suy thành mô hình: **nói rõ đại lượng nào được bảo toàn, đại lượng nào bị đánh đổi, và điều gì sẽ được tính là bằng chứng chống lại nó.**

Đó là công việc của hồ sơ này.

2. Phương pháp

Phạm vi. Khung áp dụng cho sản xuất cú đánh ở VDV trưởng thành, không khuyết tật: forehand, backhand một và hai tay, giao bóng, đỡ giao bóng, volley, smash, và di chuyển giữa chúng. Không bàn tới: tennis xe lăn, ngưỡng phát triển lứa tuổi, phác đồ phục hồi chấn thương, hay thiết bị.

Ba nguồn đầu vào. (i) Chính các tài liệu khung — bản markdown tiếng Anh, bản Word tiếng Anh, bản PDF tiếng Việt — được xem là *đối tượng nghiên cứu*, không phải thẩm quyền. (ii) Kho tri thức Tennis Unified: 1.000 bài trên mười nhánh, trong đó các nhánh cơ sinh học, di chuyển, forehand, backhand và giao bóng được tra cứu cho từng khẳng định. (iii) Y văn cơ sinh học tennis bình duyệt, đối chiếu với bản ghi thư mục gốc.

Hai sự bất đối xứng có chủ ý. Thứ nhất, kho tri thức được xem là bằng chứng *thứ cấp* xuyên suốt. Nó là tổng hợp; khi nó mâu thuẫn với một nghiên cứu gốc, nghiên cứu gốc thắng. Điều này quan trọng vì §15 phát hiện kho tri thức **tự mâu thuẫn** đúng ở những khẳng định đang bàn. Thứ hai, hồ sơ phân biệt xuyên suốt giữa *cái đã đo* và *cái được suy ra*, vì sức thuyết phục của khung phần lớn đến từ những suy luận đọc lên nghe như số đo.

Hồ sơ này không phải gì. Không phải tổng quan y văn (dù có chứa một phần), không phải giáo trình huấn luyện (dù kết thúc như một giáo trình). Đây là một **bài kiểm tra chịu lực**: cố gắng dựng phiên bản mạnh nhất của khung mà bằng chứng còn chống đỡ được, và đánh dấu rõ chỗ phiên bản đó dừng lại.

Phần II — Hình học, đọc cho đúng

3. Định lý ba điểm nói gì và không nói gì

Định lý Euclid là hiển nhiên và không tranh cãi: qua ba điểm không thẳng hàng bất kỳ trong không gian có đúng một mặt phẳng. Hai điểm xác định một đường; thêm một điểm ngoài đường đó thì xác định mặt phẳng. Bốn điểm nói chung không xác định gì cả, vì điểm thứ tư thường nằm ngoài mặt phẳng của ba điểm đầu.

Khung đọc định lý này như một **định lý ổn định** — ba thì vững, bốn thì không. Cách đọc đó mang vào một thứ định lý không hề chứa. Hình học không nói gì về ổn định. Nó nói về **tính xác định**: cho ba điểm, mặt phẳng là duy nhất và biết được; cho bốn điểm, hệ thừa xác định và nói chung vô nghiệm.

Tính xác định và tính ổn định là hai thuộc tính khác nhau, và việc gộp chúng là chỗ trượt khái niệm trung tâm của khung. Chỗ trượt này lại màu mỡ, vì sửa nó sẽ tạo ra ý tưởng hay nhất của khung — nhưng phải sửa.

3.1 Ghế đầu và ghế tựa, giải thích cho đúng

Vì sao ghế ba chân không cập kênh trên nền gồ ghề? Không phải vì ba là con số thiêng, cũng không phải vì "hình tam giác là hình vững" theo nghĩa lòng mà giới huấn luyện hay nói. Mà vì **ba điểm luôn đồng phẳng**. Ba điểm bất kỳ trong không gian đều nằm trong một mặt phẳng nào đó; mặt đất dưới ba chân, dù gồ ghề đến đâu, vẫn tương thích với một chiếc ghế cứng đặt trọn trên cả ba. Không có mâu thuẫn nào cần giải.

Ghế bốn chân trên cùng mặt đất đó có vấn đề: bốn chân, một mặt ghế cứng, và một mặt đất nói chung **không phải** mặt phẳng mà bốn chân đòi hỏi. Ghế không thể thỏa mãn cả bốn tiếp xúc cùng lúc. Nó đặt lên ba chân và nhấc chân thứ tư. Đó là cập kênh.

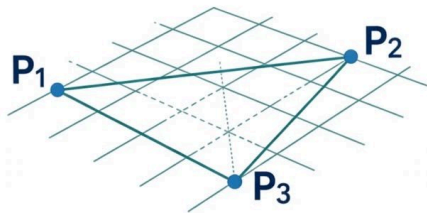
Tên kỹ thuật của nguyên lý này là **ràng buộc chính xác** (exact constraint), và nó là một ngành thiết kế đã chín. Một vật cứng trong không gian có sáu bậc tự do; một ngàm khử đúng sáu bậc — không hơn, không kém — định vị vật một cách duy nhất, lặp lại được, và không sinh nội lực. Hiện thực kinh điển là **khớp động học** (kinematic coupling): ba viên bi tựa vào ba rãnh chữ V — ba điểm tiếp xúc, sáu ràng buộc, không thừa. Bốn điểm tựa sẽ khử hơn sáu ràng buộc, và phần dư không làm ngàm cứng hơn; nó làm ngàm **siêu tĩnh**, khiến đường truyền lực phụ thuộc dung sai chế tạo thay vì ý đồ thiết kế.

Đây là phiên bản đúng và mạnh hơn nhiều của bước mở đầu trong khung. Ghế ba chân không phải ẩn dụ cho sự ổn định. Nó là **một ví dụ đã giải sẵn về ràng buộc chính xác**, và ghế bốn chân là minh chứng kinh điển về hệ quả của thừa ràng buộc.

Why 3 Points Define a Stable Plane — 4 Points Can Wobble

Geometric principle for stability and coplanar points

LEFT PANEL 3 POINTS = ALWAYS STABLE



Three non-collinear points always define one unique plane

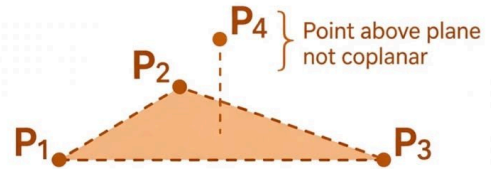


3 Points = Always Stable · Defines a Plane

✓ Stable on any uneven surface — no wobbling

Principle: A plane is defined by 3 non-collinear points. A fourth point adds constraint and can create instability unless all 4 points are coplanar.

RIGHT PANEL 4 POINTS = OVERCONSTRAINED



Four points may not lie on the same plane



4 Points = Overconstrained · Unstable if not coplanar

✗ One leg lifts — wobbles on uneven surface

Hình 4 — Ba điểm luôn tìm được mặt phẳng; điểm thứ tư gây thừa ràng buộc

3.2 Tiền đề bị bỏ sót: độ cứng

Lập luận ghế đầu – ghế tựa dựa trên một tiền đề không được nêu: vật đang xét là **cứng**. Ghế bốn chân cứng *b buộc phải* nhấc một chân, vì nó không thể biến dạng để khép khe hở.

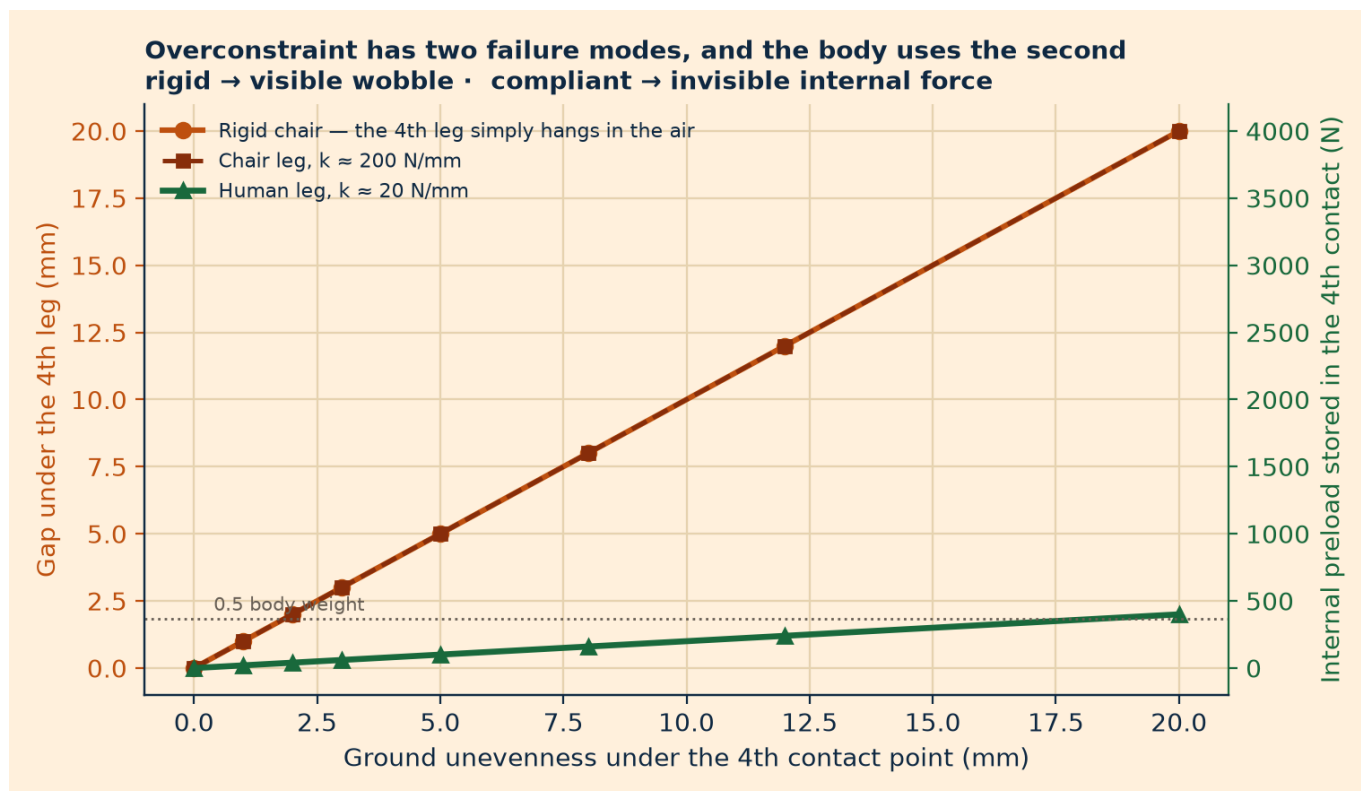
Cơ thể người không cứng. Chân có đàn hồi, khớp có biên độ, hệ thần kinh có thể đồng co để đổi độ cứng trong vài chục mili giây. Vì vậy cơ thể người không bao giờ thể hiện trực tiếp kiểu hỏng của ghế. Nó thể hiện kiểu còn lại.

Thừa ràng buộc có hai kiểu hỏng, và hai kiểu này trông hoàn toàn khác nhau.

- **Vật cứng:** tiếp xúc thứ tư không thể thực hiện. Khe hở xuất hiện. Hỏng *thấy được* — cập kênh.
- **Vật đàn hồi:** tiếp xúc thứ tư được thực hiện, bằng biến dạng. Không có khe hở. Hỏng *không thấy được* — một nội lực được tích trong kết cấu, và đường truyền lực trở nên siêu tĩnh.

Ép một chân ghế xuống 20 mm dưới mặt phẳng ba chân còn lại thì nó lơ lửng. Ép đúng 20 mm đó vào một chân đàn hồi có độ cứng k thì tiếp xúc thứ tư chịu $k \times 20$ mm lực nén trước: khoảng 4 kN với chân ghế cứng, nhưng chỉ khoảng 400 N — hơn nửa trọng lượng cơ thể — với chân người có độ cứng dọc trục thực tế khoảng 20 N/mm.

Con số đó chính là cơ chế còn thiếu của khung. Khi VĐV được dạy "dồn đều hai chân" mà hình học không hợp tác, cơ thể không lão đảo thấy được. Nó **nén trước**: hai chân chống nhau, khung chậu thành một khối cứng, khớp hông mất vai trò bản lề tự do, và tự do quay mà cú đánh cần bị tiêu vào xung đột nội tại. VĐV cảm thấy "bị kẹt", "cứng", "vào bóng trẻ" — không phải cảm giác ngã.



Hình 5 — Thừa ràng buộc có hai kiểu hỏng: cặp kênh thấy được, hoặc nén trước không thấy được

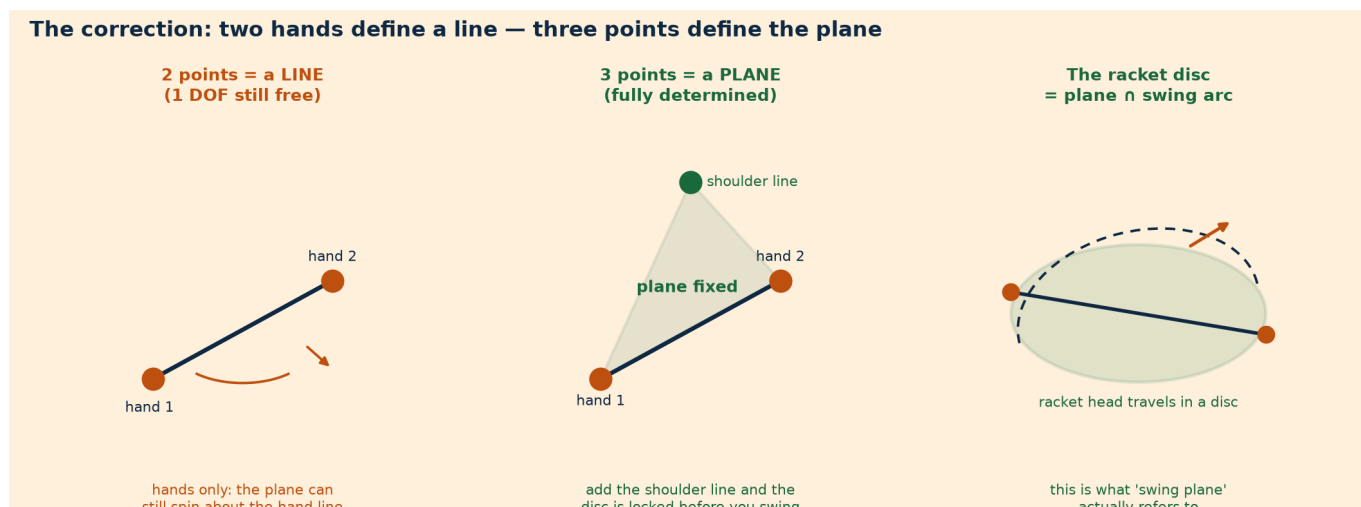
Chỗ sửa quan trọng nhất. Khung dự đoán "bốn điểm làm bạn mất ổn định". Dự đoán chính xác là: **bốn điểm làm bạn cứng, và cái cứng đó bị trả bằng tự do quay**. Cái quan sát được không phải mất thăng bằng, mà là mất tự do quay, nhịp điệu thoái hóa, và mặt phẳng vung bị đặt bởi bàn chân thay vì bởi hai tay.

3.3 Hai tay không tạo thành một mặt phẳng

Nguyên lý 3 phát biểu: "Một tay không thể định nghĩa cú vung. Hai tay định nghĩa một mặt phẳng."

Mệnh đề đầu đúng. Mệnh đề sau sai ngay theo tiên đề của chính khung. **Hai điểm xác định một đường thẳng, không phải một mặt phẳng**. Mặt phẳng cần điểm thứ ba không thẳng hàng. Hai tay trên cán vợt cố định một đường trong không gian; mặt phẳng vẫn có thể quay tự do quanh đường đó. Còn lại một bậc tự do — và đó đúng là bậc tự do quyết định độ nghiêng của mặt vung.

Đây không phải lỗi số sách nhỏ. Đây là **thiếu một ràng buộc** ngay tại chỗ khung tự nhận mạnh nhất, và đó là lý do câu lệnh "hai tay đưa lên" thường không tạo ra mặt phẳng ổn định trên thực tế: VĐV đã thỏa mãn yêu cầu được nêu, mà mặt phẳng vẫn tự do.



Hình 6b — Hai tay cho một đường; đường vai cung cấp điểm thứ ba

Cách sửa rất thanh thoát và nó cứu lại nguyên lý. Điểm thứ ba là **đường vai** — hoặc tương đương, xương ức, hoặc đầu vọt ở cuối đòn bẩy. Mặt phẳng của cú vung là mặt phẳng của tam giác *vai–tay–tay*. Hai tay cộng ngực là bốn điểm, nhưng hai điểm nằm trên đường cán vọt và điểm thứ ba là vai; tam giác mới là đối tượng ba điểm.

Với chỗ sửa đó, nguyên lý vừa đúng vừa dạy tốt hơn:

Bản gốc	Bản hiệu chỉnh
"Hai tay định nghĩa một mặt phẳng."	"Hai tay và ngực định nghĩa mặt phẳng. Tay đặt đường, ngực đặt độ nghiêng."
"Hai tay đưa lên."	"Hai tay đưa lên và ngực xoay vào bóng — đĩa được chốt khi ngực và tay đồng thuận."
Tay kia vắng = mặt phẳng chao đảo.	Tay kia vắng = tam giác biến dạng, độ nghiêng đổi, góc mặt vọt đổi theo.

Và chỗ sửa này giải thích ngay một điều khung gốc không giải thích được: **vì sao backhand hai tay ổn định**. Theo tiên đề gốc, hai tay cộng hai chân phải là trường hợp thảm họa thừa ràng buộc. Theo tiên đề hiệu chỉnh, đó lại là trường hợp *đúng chuẩn*, vì bàn tay thứ hai không phải một điểm tự do trong không gian — nó bị ràng buộc vào cán vọt, mà cán vọt nằm trong mặt phẳng theo đúng thiết kế. Bàn tay thứ hai là **điểm thứ tư đồng phẳng**, và điểm thứ tư đồng phẳng chính là thứ tiên đề cho phép.

Vậy quy tắc thật của khung không phải "tránh bốn điểm". Mà là: **mọi điểm tham gia vào cú vung đều phải nằm trên mặt phẳng vung; điểm nào không thể nằm trên mặt phẳng đó thì phải bị loại khỏi phương trình**. Đây là quy tắc có sức dự đoán, vì nó nói được điểm thứ tư nào an toàn.

3.4 Hệ tiên đề hiệu chỉnh

Sáu tiên đề, phát biểu sao cho mỗi cái hoặc đúng hoặc sai và có thể tranh luận.

A1 — Tính xác định. Mặt phẳng cần ba điểm không thẳng hàng. Hai điểm xác định một đường và để mặt phẳng quay tự do quanh đường đó.

A2 — Ràng buộc chính xác. Vật cứng được định vị bởi đúng sáu ràng buộc. Hơn sáu không cứng hơn; nó siêu tĩnh. Trên vật đàn hồi, phần dư xuất hiện dưới dạng nội lực nén trước chứ không phải khe hở.

A3 — Đàn hồi làm hỏng kiểu khác. Ở cơ thể người, thừa ràng buộc không hiện ra như lão đảo. Nó hiện ra như đồng co, siêu tĩnh đường truyền lực, và mất tự do quay.

A4 — Tô-pô tiếp xúc quyết định trực. Chuỗi mở (một điểm tựa) để trục quay tự do đặt vào chỗ cần. Chuỗi kín (hai điểm tựa) ghim trục vào hình học của hai bàn chân. Số điểm tiếp xúc không quyết định độ ổn định; nó quyết định *ai chọn trục*.

A5 — Đủ dùng, không tối đa hóa. Ổn định tĩnh là một ràng buộc cần thỏa, không phải một đại lượng cần tối đa. Vượt yêu cầu của nhiệm vụ, phần để thêm chi thêm quán tính và làm chậm đổi hướng.

A6 — Chuyển động quay phải mua, không được cho thêm. Vận tốc góc quanh một trục được mua bằng cách giảm mô-men quán tính quanh trục đó. Giá trả là ổn định và khả năng kiểm soát.

A2, A4 và A5 là ba tiên đề chịu lực. A2 cho cơ chế. A4 cho cách hiểu đúng về đòn lực một chân. A5 cho câu trả lời cho vấn đề thực nghiệm khó nhất của khung — những nghiên cứu trong đó hai chân cho kết quả ngang bằng một chân.

4. Ba câu hỏi mà khung gộp làm một

Cụm "3 so với 4 điểm" gói ba câu hỏi mà nhà vật lý sẽ tách riêng.

4.1 Câu hỏi một: tính xác định (hình học)

Cần bao nhiêu điểm để cố định mặt phẳng? Trả lời: ba, và không hơn. Đây là A1, và đây là số học. Nó không liên quan đến thăng bằng, và không nói gì về chân. Mỗi khi khung nói "ba điểm xác định mặt phẳng", nó đang nói về **cú vung**, không phải về tư thế đứng.

4.2 Câu hỏi hai: tính đủ (tĩnh học)

Để có đủ lớn để khôi tâm cơ thể nằm trong đó trong suốt cú đánh không? Đây là bài toán đa giác để cổ điển, và dạng hiện đại của nó là biên độ ổn định của Hof:

$$XcoM = CoM + v / \omega_0$$
, với $\omega_0 = \sqrt{g / l}$, và $b = (mép\ đê) - XcoM$.

Ổn định đòi $b > 0$. Số hạng quyết định là v/ω_0 : **cơ thể di chuyển ngang càng nhanh, khối tâm hiệu dụng của nó càng chiếu xa về phía trước**, và để càng phải rộng. Đây là lý do các test thăng bằng tĩnh dự báo sai khả năng ổn định trong tennis, và là lý do lời khuyên "cứ đứng yên là an toàn" thất bại khi phải chạy.

4.3 Câu hỏi ba: tự do (động lực học quay)

Trục có bao nhiêu cách để định hướng? Ở đây câu trả lời ngược lại. **Mỗi điểm tiếp xúc thêm vào đều lấy đi một bậc tự do của khung chậu**. Một chân trụ là chuỗi mở: khung chậu có thể xoay quanh chân đó, và trục quay có thể nghiêng vào mặt phẳng vung. Hai chân trụ là chuỗi kín: khung chậu là một vòng kín giữa hai chân, và trục bị chính vị trí hai bàn chân quy định.

Đây không phải suy đoán; đây là mô tả động học chuẩn, và tennis đã dùng nó. Stepień và cộng sự mô tả backhand hai tay là **chuỗi động học kín với tám bậc tự do**, backhand một tay là **chuỗi mở với bảy**, với góc tách vai–hông âm tại điểm tiếp xúc ở cú hai tay. Backhand hai tay không phải "thêm một bàn tay lên cán". Nó là một cỗ máy khác.

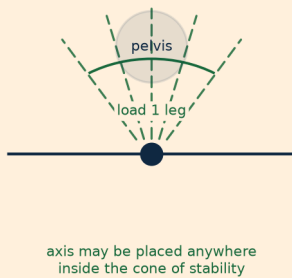
Vậy ba câu hỏi cho ba câu trả lời khác nhau, và một cặp mâu thuẫn trực tiếp:

Câu hỏi	Thêm tiếp xúc nghĩa là	Khung nói
Tính xác định	Không liên quan (nói về mặt phẳng vung)	"3 điểm xác định mặt phẳng" ✓
Tĩnh học	Ổn định hơn	"4 điểm bất ổn" ✗
Động học quay	Kém tự do hơn	"4 điểm bất ổn" ✓ (đúng lý do)

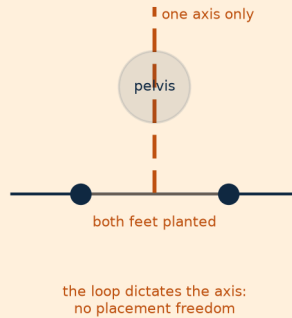
Khung đúng về chuyển động quay và sai về tĩnh học, và nó đã lập luận cho chuyển động quay bằng ngôn ngữ tĩnh học. Đó là nguồn gốc của mọi nhầm lẫn về sau.

How the number of supports fixes the rotation axis

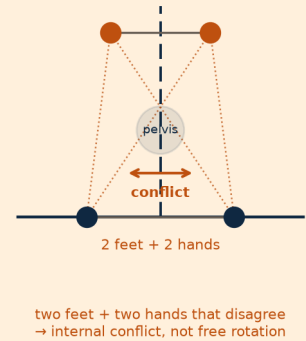
OPEN CHAIN · 1 support



CLOSED CHAIN · 2 supports



OVER-CONSTRAINED · 4 points



Hình 6a — Số điểm tựa quyết định trục quay như thế nào

5. Ngân sách ràng buộc

Khi ba câu hỏi đã được tách, khung có thể phát biểu lại thành một bài tối ưu duy nhất — điều mà nó vẫn luôn nhắm tới.

Mỗi điểm tiếp xúc tiêu vào một ngân sách cố định. Tại mỗi thời điểm, VĐV có một số ràng buộc khả dụng ở mặt đất và qua cán vợt. Tiêu vào ổn định thì được để lớn hơn và ít nguy cơ ngã hơn. Tiêu vào tự do thì được trực đặt tùy ý, cung quay dài hơn, và mặt phẳng do hai tay định nghĩa. **Không thể tiêu cùng một ràng buộc hai lần.**

Hình thức hóa: định nghĩa chi phí cho cấu hình C:

$$J(C) = \lambda \cdot P_{\text{bất ổn định}}(C) + (1 - \lambda) \cdot R_{\text{ràng buộc}}(C)$$

trong đó $P_{\text{bất ổn định}}$ là xác suất (hoặc đại lượng thay thế) mất thăng bằng trong nhiệm vụ, $R_{\text{ràng buộc}}$ là mức cấu hình chặn chuyển động quay cần thiết, và $\lambda \in [0, 1]$ là **trọng số nhiệm vụ**.

λ là toàn bộ vấn đề, và là tham số mà khung gốc thiếu. Nó không phải hằng số của VĐV; nó là thuộc tính của **nhiệm vụ**:

Nhiệm vụ	λ (trọng số ổn định)	Cấu hình tối ưu
Bước tách / tư thế sẵn sàng	~0,9	Hai chân, rộng — ổn định là toàn bộ công việc
Đỡ giao bóng	~0,8	Hai chân, rộng, thấp; cú quay ngắn và được nạp trước
Trượt phòng thủ, bóng xa	~0,7	Hai chân, rất rộng; cú đánh là cú sống còn
Forehand trung tính	~0,5	Bán mở; phần lớn lực ở chân ngoài, chân trong là điểm tựa nhẹ
Forehand tấn công	~0,3	Mở; chân ngoài chịu lực, chân trong nhẹ
Giao bóng (tung đến trophy)	~0,25	Chân trước là điểm tựa cuối, chân sau thả hoặc kéo theo
Volley (đánh ngắn)	~0,6	Rộng, thấp, xoay tối thiểu; để làm việc
Smash	~0,3	Dồn một chân, bật rời đất

Đọc bảng này là đọc nội dung thật của khung. "Dồn lực một chân" không phải định luật phổ quát. Nó là câu trả lời đúng ở **λ thấp**, và "để hai chân rộng" là câu trả lời đúng ở **λ cao** — và cùng một VĐV, trong cùng một pha bóng, chuyển đổi giữa hai cực đó bốn lần.

5.1 Định lý, phát biểu lại

Ràng buộc tối thiểu đủ dùng. Cấu hình tối ưu cho mọi cú đánh là cấu hình thỏa mãn yêu cầu ổn định của nhiệm vụ *và không hơn*, vì mọi ràng buộc vượt mức đủ đều được trả bằng tự do quay.

Một câu này chứa cả năm nguyên lý của khung, giải mọi mâu thuẫn bề ngoài của nó, và sinh ra dự đoán kiểm chứng được. Nó cũng giải thích ngay những kết quả thực nghiệm tưởng như làm khó khăn định gốc: nếu hai chân có thể tạo ra tốc độ vọt ngang bằng một chân, đó đúng là điều ràng buộc tối thiểu đủ dùng dự đoán — ràng buộc thêm không miễn phí, nhưng *trả được* khi λ của nhiệm vụ cao, và cơ thể chuyển công việc qua một khớp khác (phát hiện sẽ bàn ở §16).

5.2 Vì sao đây không chỉ là đối nhân

Một phản biện có thể nói: anh vừa thay một quy tắc đơn giản bằng một tham số mà HLV phải đoán. Hai câu trả lời.

Thứ nhất, λ không phải đoán; nó *quan sát được*. Nó do khả năng chịu lỗi của nhiệm vụ quy định: còn bao nhiêu thời gian, VĐV có đang di chuyển không, và bóng có thể đánh từ tư thế ổn định không. Đó là những thứ nhìn thấy trên video. §25 biến chúng thành một phiếu cho điểm.

Thứ hai, cách định nghĩa lại đưa ra dự đoán *khác* bản gốc. Bản gốc: VĐV dồn hai chân sẽ *kém chính xác hơn*. Bản mới: VĐV dồn hai chân ở λ thấp sẽ mắc *lỗi mặt phẳng* và *lỗi nhịp*, không phải lỗi thăng bằng — vì kiểu hòng là mất tự do, không phải mất thăng bằng. Đó là khác biệt kiểm chứng được, và đúng là điều y văn động lực học nghịch đảo báo cáo (tốc độ vọt ngang nhau, phân bố công việc khớp khác nhau).

Phần III — Mô hình định lượng

6. Những con số thực sự nói gì

Khung gốc hoàn toàn định tính, và đó là điểm yếu thứ hai sau hình học: HLV không thể biết từ khung một khẳng định đáng giá 2% hay 40%. Phần này đặt số vào bốn chỗ mà con số quyết định cuộc tranh luận. Mọi giá trị được sinh bởi `analysis/triplane_model.py`; mọi giả thiết ở Phụ lục A.

6.1 Bài toán ổn định lớn đến đâu? (mô hình hóa)

Biên độ ổn định Hof cho VĐV có khối tâm cao 0,95 m, $\omega_0 = 3,21$ rad/s:

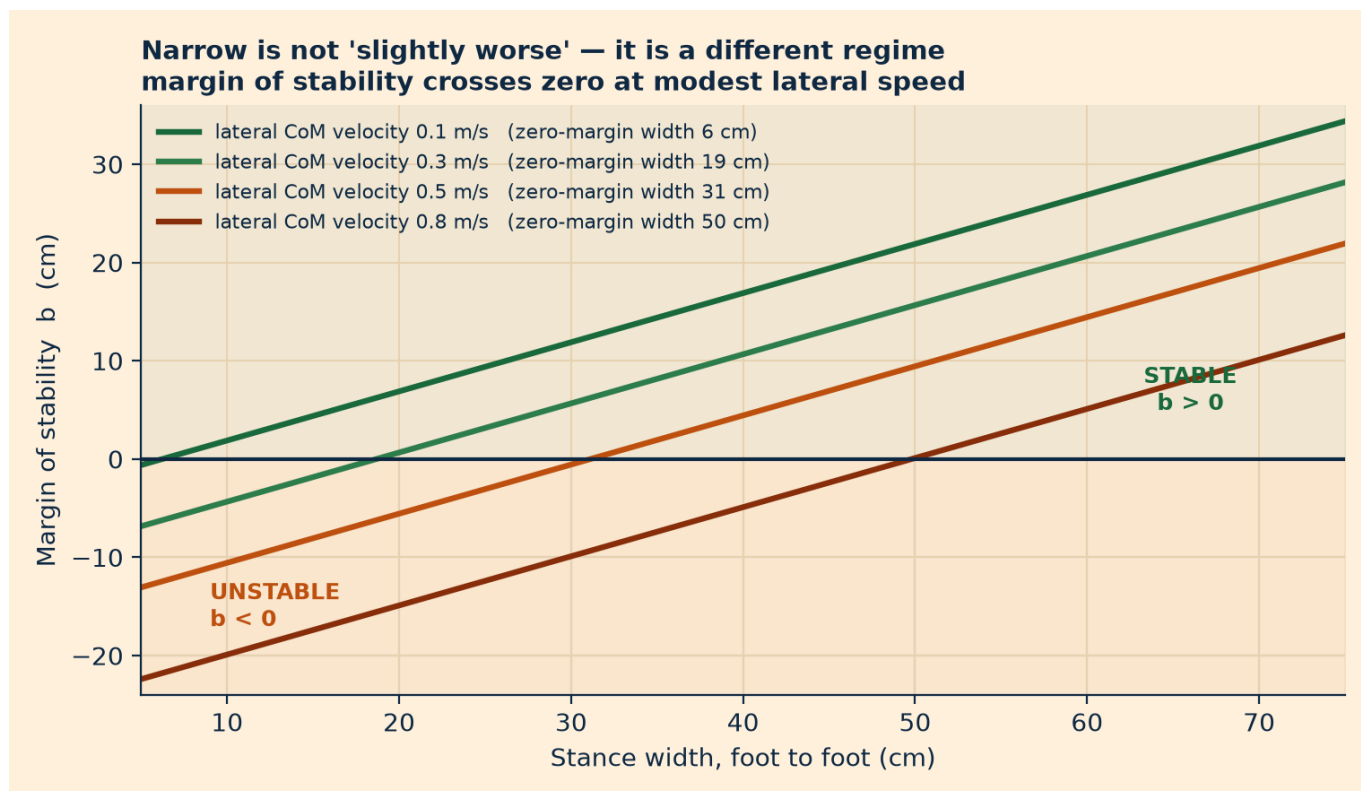
Vận tốc ngang của khối tâm	XcoM vượt trước CoM	Bề rộng đế tại đó biên = 0	Biên ở đế 20 cm	Biên ở đế 60 cm
0,1 m/s (đặt chân rồi đánh)	3,1 cm	6,2 cm	+6,9 cm	+26,9 cm
0,3 m/s (trượt có kiểm soát)	9,3 cm	18,7 cm	+0,7 cm	+20,7 cm
0,5 m/s (phòng thủ xa)	15,6 cm	31,1 cm	-5,6 cm	+14,4 cm
0,8 m/s (chạy về)	24,9 cm	49,8 cm	-14,9 cm	+5,1 cm

Ba điều rút ra.

Đế hẹp không phải "kém hơn một chút"; nó là chế độ khác. Với đế 15 cm, biên đã âm ngay ở vận tốc ngang 0,3 m/s. VĐV không phải "hơi mất thăng bằng". Họ đang bước hiệu chỉnh liên tục, và mỗi bước hiệu chỉnh tiêu đúng thời gian và lực mặt đất mà cú đánh cần.

Điểm gãy của đường cong ở khoảng 30–50 cm. Dưới ngưỡng đó, biên sụp nhanh; trên đó, lợi ích bão hòa. Điều này khớp với kho tri thức báo cáo theo thực nghiệm về bề rộng đế — khoảng 1,5–2 lần rộng vai, có ngưỡng trên rõ ràng mà tại đó để trở nên "chậm nạp lực và chậm rời đi" (ART-0106), và ngưỡng dưới mà dưới đó lực đẩy giảm 10–20% (ART-0124). Mô hình tính và kinh nghiệm huấn luyện đồng thuận về dài. Đó là một hội tụ đáng yên tâm, và là chỗ ủng hộ thực nghiệm mạnh nhất cho Nguyên lý 2 trong toàn hồ sơ.

Yêu cầu phụ thuộc vận tốc, nên một tư thế không phục vụ được mọi tình huống. Ở 0,1 m/s, đế 20 cm thoải mái. Ở 0,8 m/s, đó là một cú ngã. Câu "nếu dồn hai chân thì phải dang rộng" đúng về hướng nhưng chưa đủ: *rộng bao nhiêu* phụ thuộc VĐV đang di chuyển nhanh đến đâu khi buộc phải ổn định.



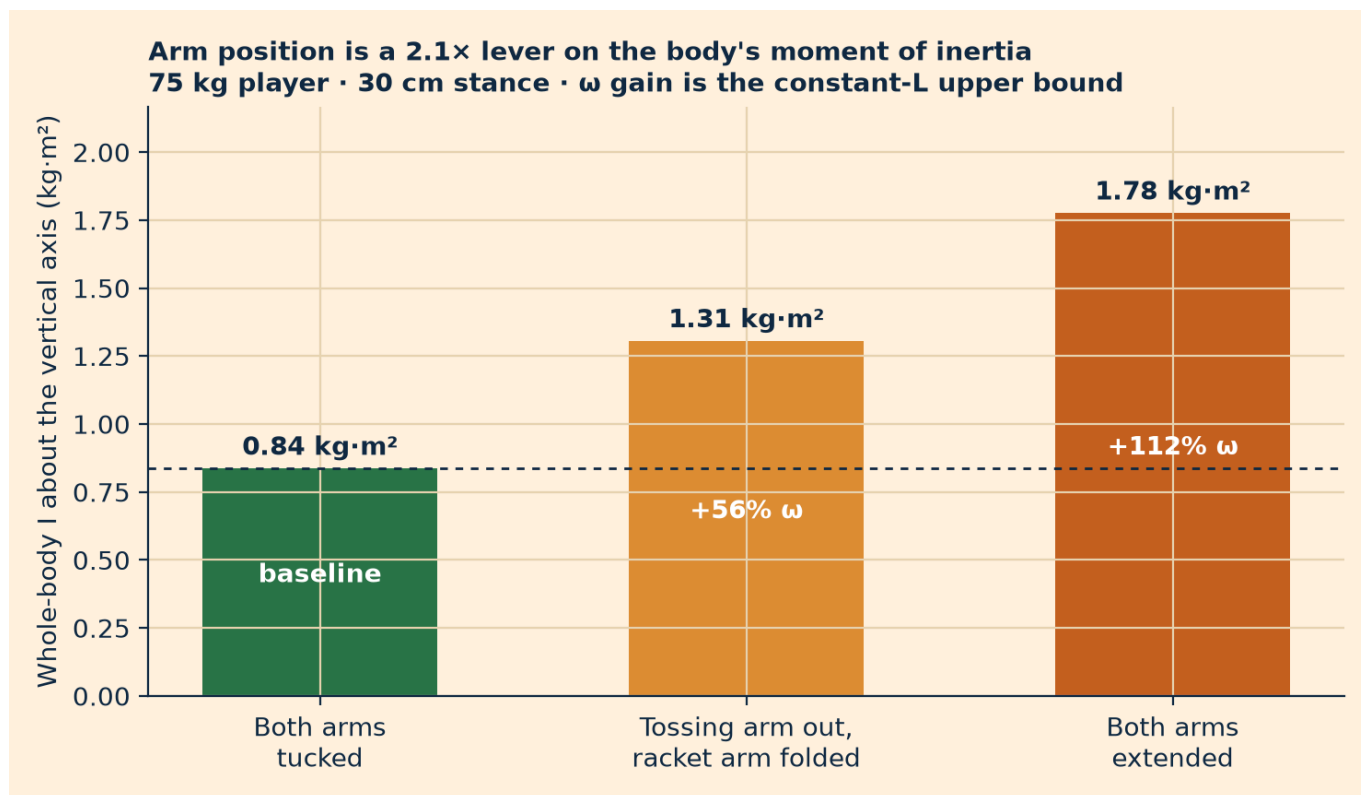
Hình 7 — Biên độ ổn định sụp dưới 0 ngay ở vận tốc ngang vừa phải

6.2 Động tác thu tay mua được bao nhiêu vòng quay? (mô hình hóa)

Mô-men quán tính toàn thân quanh trục thẳng đứng, VĐV 75 kg, đế 30 cm, khối lượng đoạn theo tỉ lệ Dempster/Winter:

Cấu hình	I quanh trục thẳng đứng	Mức tăng nếu mô-men động lượng giữ nguyên
Hai tay thu sát	0,84 kg·m ²	mức nền
Tay tung duỗi, tay vọt gập	1,31 kg·m ²	+56% ω
Hai tay duỗi	1,78 kg·m ²	+112% ω

Vị trí hai tay là một **đòn bẩy 2,1 lần lên mô-men quán tính toàn thân**. Đó chính là cơ chế khung kháng định, và nó có thật: mô hình xác nhận đưa một tay từ duỗi sang thu làm đổi I toàn thân 36%, tức dưới L không đổi là tăng 56% vận tốc góc.



Hình 8 — Vị trí hai tay là đòn bẩy 2,1 lần lên mô-men quán tính toàn thân

Giờ đến phần trung thực. **Con số +56% là cận trên mà không VĐV nào đạt được.** Nó giả định mô-men động lượng không đổi suốt động tác thu tay — điều sai trong một cú đánh: bàn chân trụ đang tác dụng mô-men lên mặt đất suốt thời gian, nên L đang được chân chủ động thay đổi, không được bảo toàn. Nó cũng giả định tay đi hết biên độ tức thời, và bỏ qua việc khối lượng cánh tay vốn đã đóng góp vào chuyển động quay của thân trước khi thu. Trong một cú giao thật, động tác thu diễn ra trong khoảng 100–150 ms và L đang tăng suốt.

Vậy phát biểu bảo vệ được là:

Thu tay không thuận làm giảm mô-men quán tính toàn thân quanh trục thẳng đứng khoảng một phần ba, do đó cho phép vận tốc góc cao hơn tương ứng với cùng mô-men động lượng. Mức tăng thực tế nhỏ hơn và **chưa từng được đo trong tennis**. **Mức C** — cơ học vật rắn vững, không phải phát hiện tennis.

Đây là khẳng định yếu hơn khung đưa ra, và là khẳng định mạnh nhất mà bằng chứng chống đỡ được. Sự phân biệt này quan trọng, vì HLV hứa "+50% tốc độ xoay" từ động tác thu tay là hứa điều chưa nghiên cứu nào cho thấy. HLV nói "thu tay để cánh tay không hãm chuyển động xoay của bạn, và để thân trên tăng tốc thay vì phải kéo theo cánh tay" thì đứng trên nền vững — và câu thứ hai mới thực sự giúp VĐV, vì nó mô tả cơ chế họ cảm được.

6.3 Điểm tựa thứ hai có giá bao nhiêu? (mô hình hóa)

Nếu bàn chân không trụ vẫn còn chịu tải, nó vẫn gắn với mặt đất, và khả năng ma sát của nó trở thành một ràng buộc quay.

Tải trên bàn chân thứ hai	Khả năng ma sát ($\mu = 0,8$)	Mô-men tối đa nó tạo được ở 0,35 m từ trục
10% trọng lượng	59 N	21 N·m
20% trọng lượng	118 N	41 N·m
30% trọng lượng	177 N	62 N·m
50% trọng lượng	294 N	103 N·m

So với mô-men thật sự cần để gia tốc thân trên. Lấy I thân trên + đầu $\approx 0,38 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ (45% tổng, từ mô hình) và yêu cầu đạt $800^\circ/\text{s}$ trong 180 ms, gia tốc góc là $77,6 \text{ rad/s}^2$ và mô-men cần khoảng **29 N·m**.

Khả năng ma sát của bàn chân thứ hai ở 30% trọng lượng — **62 N·m** — lớn hơn **hai lần** mô-men cần để dẫn thân trên. Đó là trái tim định lượng của khung, và nó mạnh hơn phát biểu gốc: bàn chân thứ hai chịu tải nhẹ không phải hành khách thụ động. Nó là một đòn bẩy có thừa thãi quyền để lấn át chuyển động quay mà VĐV đang cố tạo.

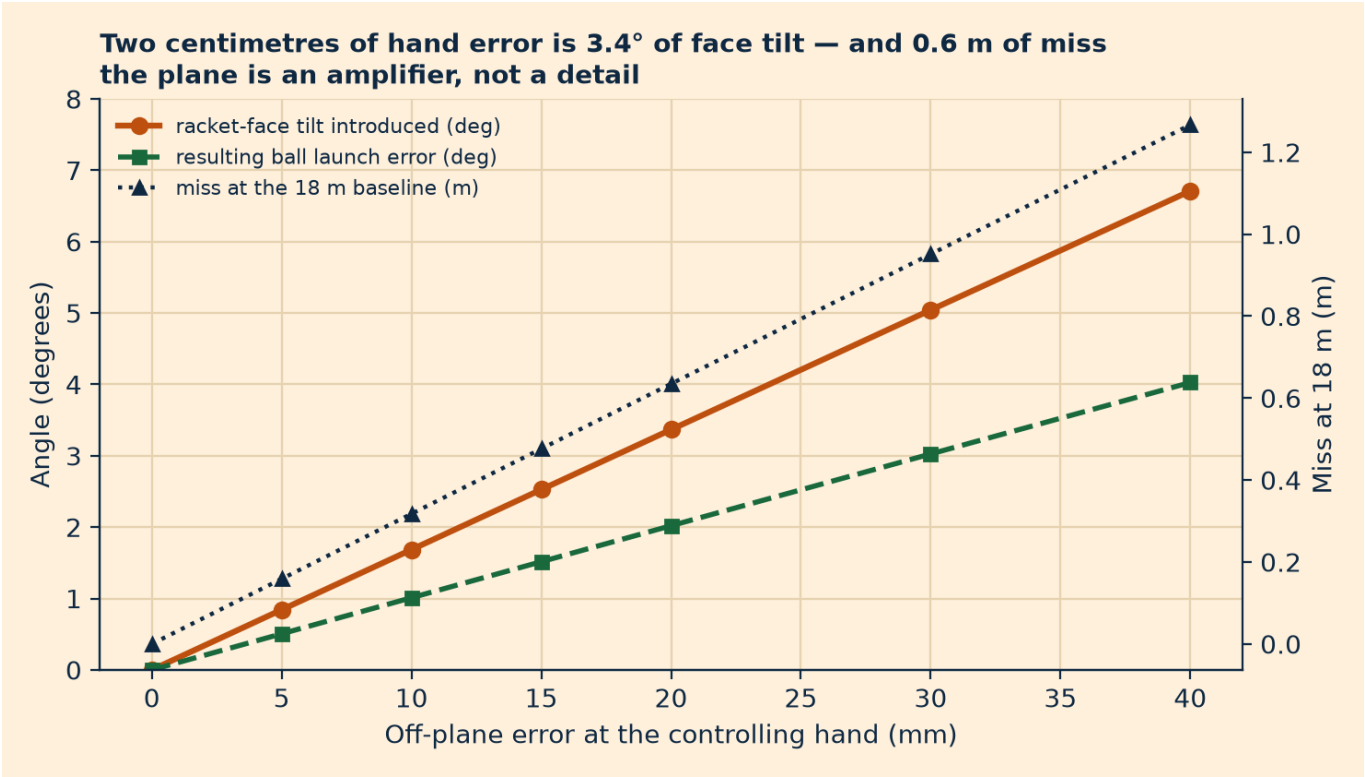
Điều này cắt cả hai chiều, và khung chỉ từng thừa nhận một chiều. Cùng khớp nối đó có thể **dẫn** chuyển động quay — đúng điều một cú forehand tư thế đóng làm, đặt chân trước và dùng nó hãm khung chậu rồi quất thân trên vượt lên. Điểm tiếp xúc thứ hai không xấu tự thân. Nó **có thẩm quyền**, và thẩm quyền đó phải được hướng đi đâu đó. Câu hỏi không bao giờ là "một chân hay hai chân" mà là "thẩm quyền của bàn chân thứ hai đang hướng về đâu — cùng chiều với chuyển động quay, ngược chiều, hay không hướng vào đâu cả?"

Câu hỏi đó là phép chẩn đoán phân biệt một cú forehand tư thế đóng tốt với một cú forehand mở dở, và không lượng "đòn lực một chân" nào bắt được.

6.4 Một lỗi mặt phẳng có giá bao nhiêu? (mô hình hóa)

Nếu một tay lệch khỏi mặt phẳng vung, mặt vợt nghiêng. Với đòn bẩy 0,34 m từ tay điều khiển đến đầu vợt:

Sai số lệch mặt phẳng ở tay điều khiển	Độ nghiêng mặt vợt	Sai lệch hướng bóng	Lệch ở đường cuối sân 18 m
5 mm	0,8°	0,5°	0,16 m
10 mm	1,7°	1,0°	0,32 m
20 mm	3,4°	2,0°	0,63 m
40 mm	6,7°	4,0°	1,27 m



Hình 9 — Khuếch đại sai số mặt phẳng: 2 cm sai ở tay thành 0,63 m lệch ở cuối sân

Hai xăng-ti-mét — khoảng bề rộng một ngón tay — là ba độ nghiêng mặt vợt và hai phần ba mét lệch ở đường cuối sân bên kia. Mặt phẳng không phải chi tiết dọn dẹp sau khi đã xây lực. Nó là bộ **khuếch đại sai số mịn nhất trong cú đánh**, và là chỗ khung đúng nhất về tinh thần nhưng sai nhất về hình học.

Điều này cũng kết thúc một cuộc tranh luận huấn luyện. VĐV không đánh dài vì "quá căng"; họ đánh dài vì một lỗi mặt phẳng ở tay thành lỗi góc ở mặt vợt thành một mét ở đường cuối sân. Chỗ sửa nằm ở thượng nguồn: sửa tam giác (vai–tay–tay), không sửa cổ tay.

6.5 Mô hình không chứng minh được gì

Cần nói rõ ba giới hạn. Mô hình I dùng bán kính đoạn ước lượng tay, và số hạng cánh tay đuôi chính là số hạng chi phối tỉ lệ 2,1 lần — nếu bán kính thực nhỏ hơn 20%, tỉ lệ giảm còn khoảng 1,7 lần. Hệ số ghép hướng bóng ($0,6 \times$ độ nghiêng mặt) là xấp xỉ thực nghiệm, không phải số đo. Và mô hình biên độ ổn định giả định khối tâm là một điểm, bỏ qua việc VĐV có thể xoay thân để đưa khối tâm vào trong để mà không cần đổi vị trí chân.

Không giới hạn nào làm sụp lập luận, vì lập luận chỉ cần bậc độ lớn và tỉ lệ. Nhưng không được trích chúng như số đo, và Phụ lục A ghi rõ từng giả thiết.

Phần IV — Kiểm toán bằng chứng

7. Năm nguyên lý, kiểm toán từng cái

Với mỗi nguyên lý: khẳng định là gì, y văn đo được gì, cái gì chỉ là suy luận, mức bằng chứng, và bản phát biểu lại mà hồ sơ này đề nghị.

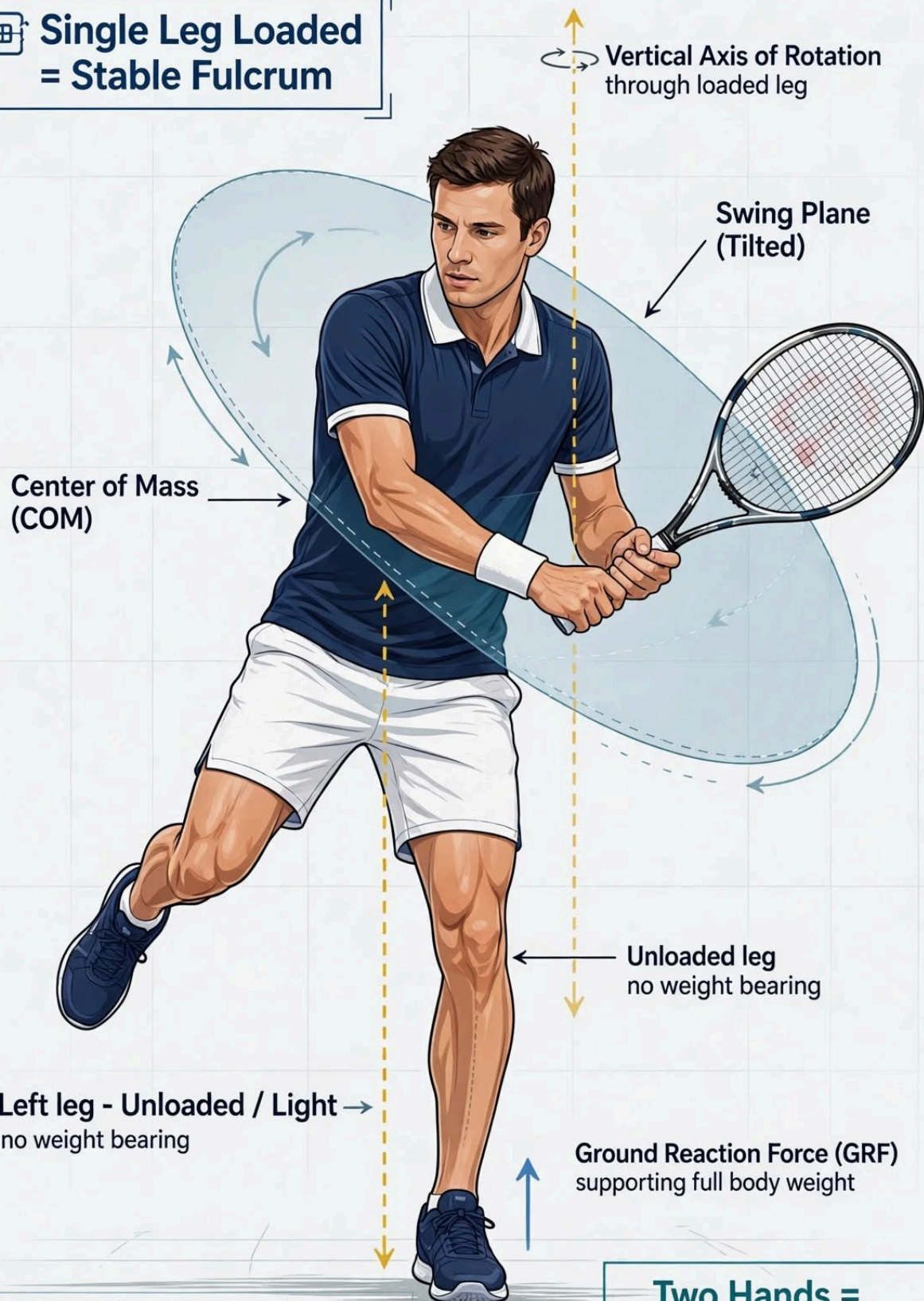
7.1 Nguyên lý 1 — Dồn lực vào một chân trụ duy nhất

Khẳng định. Mỗi lúc một chân phải chịu toàn bộ tải; điều đó tạo một trục quay thẳng đứng sạch sẽ xuyên qua phản lực mặt đất của chân đó; đồn 50/50 tạo hai trục cạnh tranh và "bạn bị kẹt ở giữa".

Đo được.

- Chân có ý nghĩa, và càng trình độ cao càng rõ. Đỉnh phản lực dọc khi giao bóng: **$2,12 \pm 0,36$ trọng lượng cơ thể (BW) ở VĐV đẳng cấp cao so với $1,68 \pm 0,33$ ở người mới**, với chiều cao điểm tiếp xúc tương quan với lực dọc đỉnh ở $r = 0,85$ trong nhóm đẳng cấp cao (Girard và cs., 2005). Một nghiên cứu sau báo **$1,78 \pm 0,30$ BW** ở giao bóng một và **$1,62 \pm 0,25$ BW** ở giao bóng hai, không đổi qua ba giờ thi đấu dù EMG chân giảm 10–40% (Hansen và cs., 2024). **Mức A.**
- Động tác chân đáng giá khoảng **10% tốc độ vợt**: $43,6 \pm 3,0$ m/s với tư thế chân trước, $42,6 \pm 3,1$ với chân sau, và $39,4 \pm 3,4$ khi **không dùng chân** (Reid, Elliott & Alderson, 2008). Động học khớp vai không khác biệt thống kê giữa cả ba điều kiện. **Mức B.**
- Chọn tư thế chân, ngược lại, gần như không đáng kể: chân trước so với chân sau lệch 1 m/s, trong phạm vi nhiễu. **Mức B.**
- Ở forehand, tư thế mở và vuông cho **tốc độ đầu vợt ngang nhau**, với tư thế mở làm ít công hơn qua khớp vai theo hướng đánh ($0,30 \pm 0,11$ so với $0,38 \pm 0,16$ J/kg, $p = 0,005$) và bù lại bằng nhiều công hơn theo hướng ngang ($p = 0,046$) và hướng lên ($p = 0,002$) (Kawamoto và cs., 2019). **Mức B**, và là nghiên cứu quan trọng nhất cho nguyên lý này.
- Các nghiên cứu cũ hơn: không khác biệt giữa mở và vuông về vận tốc vợt, đường vợt thẳng đứng, hay vận tốc góc thân tại điểm tiếp xúc (Knudson & Bahamonde, 1998); EMG thân ngang nhau giữa hai tư thế (Knudson & Blackwell, 2000); và mô-men xoay trong vai và gập cổ tay **lớn hơn** ở tư thế **vuông** (Bahamonde & Knudson, 2003). **Mức B–C.**
- Ở backhand hai tay, mô-men hông chủ đạo cho xoay thân phát sinh từ chân **sau**; backhand một tay dùng chân **trước** (Akutagawa & Kojima, 2005). **Mức B.**

 **Single Leg Loaded
= Stable Fulcrum**



**Center of Mass
(COM)**

**Vertical Axis of Rotation
through loaded leg**

**Swing Plane
(Tilted)**

**Unloaded leg
no weight bearing**

**Left leg - Unloaded / Light →
no weight bearing**

**Ground Reaction Force (GRF)
supporting full body weight**

- Stable fulcrum = loaded leg acts as pivot
- Tilted plane = defined by shoulder & hand positions
- Rotational motion occurs around vertical axis

**Two Hands =
Define Swing Plane**

Single-leg loading increases stability via vertical axis through stance leg;
dual-hand grip establishes the swing plane for rotational control.

Suy luận. Rằng một chân chịu tải tạo ra “một trục quay thẳng đứng sạch sẽ”. Không nghiên cứu nào đo trục quay trong cú đánh và chứng minh nó đi qua bàn chân chịu lực. Cái đo được là cú đánh phù hợp với đòn lực một chân (lực ngang lớn hơn ở tư thế mở, dạng và xoay ngoài hông nhiều hơn, gấp gối nhiều hơn) và phản lực mặt đất bất đối xứng. Bản thân trục là suy luận động học. **Mức C.**

Chỗ khẳng định sụp. “Hoàn toàn” không bao giờ là 100%, và không nghiên cứu nào báo cáo như vậy. Trần trong chính kho tri thức là “khoảng 80% trở lên” (ART-0138), trong khi cùng kho đó báo 60–70% ở chân sau khi chuẩn bị giao bóng (ART-012) và 60–70% ở chân **trong** với forehand tiếp xúc phía trước (ART-0162). Và, chỉ từ cho một quy tắc phổ quát, một bài cơ sinh học của chính kho tri thức nói ngược hẳn: VĐV đòn lực chủ yếu vào một chân “tạo mất cân bằng làm giảm tổng lực khả dụng cho cú đánh và làm mất ổn định trong pha vung tới” (ART-011).

Bản phát biểu lại.

NL1’ (Mức C). Tại thời điểm nhu cầu xoay cao nhất, phần lớn tải nên nằm dưới một chân, để khung chậu là chuỗi mở và trục quay có thể được đặt vào mặt phẳng vung. “Phần lớn”, không phải “toàn bộ”: dải thực tế là 70–85%, và con số chính xác là quyết định theo nhiệm vụ, không phải định luật. Trong các nhiệm vụ cần ổn định cao (sẵn sàng, đỡ giao bóng, trượt phòng thủ), đòn hai chân là đúng và để phải rộng.

Cách định nghĩa lại này có giá trị lâm sàng. “Đòn lực một chân” bảo VĐV làm một việc bất khả thi và khiến họ thấy mình thất bại khi không làm được. “Đòn khoảng 80% vào chân ngoài, để chân trong là điểm tựa nhẹ” là cùng một cơ học, làm được, và giữ lại đúng phần thẩm quyền nhỏ của bàn chân thứ hai mà VĐV giỏi vẫn dùng.

7.2 Nguyên lý 2 — Bù đắp bằng để rộng

Khẳng định. Nếu đòn hai chân, chúng phải dang rộng; để hẹp bất ổn vì đa giác để nhỏ.

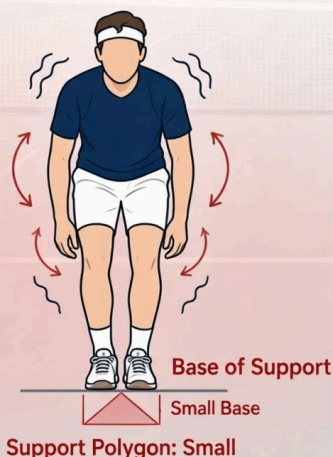
Đo được.

- Mở rộng để làm giảm dao động thân theo phương ngang, và dao động ngang tương đối ít nhạy với thị giác, gợi ý một kênh điều khiển riêng — ủng hộ trục giác “cảm nhận bề rộng qua hông, không qua mắt” (Day và cs., 1993). **Mức C** (không phải tennis).
- Lực phản lực ngang cao hơn rõ rệt ở tư thế mở phòng thủ so với tư thế mở tấn công, và cao hơn tư thế trung tính; lực dọc cao hơn ở mở phòng thủ so với trung tính (tổng hợp từ Lambrich & Muehlbauer, 2023). **Mức B**, nhưng lưu ý: đo lực, không đo độ ổn định.
- Nhánh di chuyển trong kho tri thức hội tụ về một dải: khoảng 1,5–2 lần rộng vai, có ngưỡng trên rõ ràng (“trên 2,5 lần rộng vai: chậm nạp lực, chậm rời đi”) và ngưỡng dưới rõ ràng (“dưới 50 cm: góc đẩy vượt 65°, lực đỉnh giảm 10–20%”). **Mức D** (đồng thuận huấn luyện), nhưng nhất quán nội bộ và nhất quán với mô hình ở §6.1.

TENNIS STANCE: BASE OF SUPPORT COMPARISON

Understanding how stance width affects stability on court

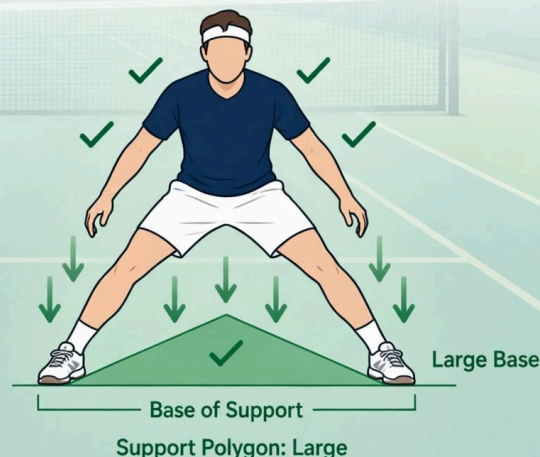
⚠️ NARROW STANCE • UNSTABLE



- Center of gravity easily shifted outside base
- High risk of losing balance during lateral movement

UNSTABLE
⚡ Prone to tipping over

✅ WIDE STANCE • STABLE



- Center of gravity well within base
- Resists lateral forces; more stable for quick movements

STABLE
✅ Better balance & control



KEY PRINCIPLE: A wider base of support increases stability. In tennis, a wider stance helps you stay balanced during side-to-side movement and ready for quick shots.

Hình 3 — So sánh đế hẹp và đế rộng

Suy luận. Rằng cơ chế là đa giác để. Không nghiên cứu tennis nào tính đa giác để, biên độ ổn định, hay biên giới hạn ổn định trong cú đánh. Toàn bộ bộ máy ổn định tĩnh được nhập từ khoa học tư thế (Winter 1995; Hof và cs. 2005). **Mức C.**

Chỗ khẳng định sụp. "Càng rộng càng ổn định" đúng nhưng chưa đủ, vì **mở rộng để cũng làm tăng mô-men quán tính quanh trục thẳng đứng**. Kho tri thức nói rõ điều này: "chân dẹt: mô-men quán tính cao (ổn định, khó xoay)" (ART-022), và một bài di chuyển cụ thể hóa đánh đổi: để hẹp "giảm thiểu mô-men quán tính quanh trục thẳng đứng, cho phép tăng tốc nhanh theo cả hai hướng", còn để rộng tốn "100–150 ms" để phục hồi khi bóng đi hướng ngược lại (ART-0116). Logic của chính khung dự đoán điều này — nhưng khung chưa bao giờ áp dụng nó cho chính mình.

Bản phát biểu lại.

NL2' (Mức A cho dải, C cho cơ chế). Dồn hai chân đòi để đủ rộng để biên độ ổn định vẫn dương ở vận tốc ngang mà nhiệm vụ yêu cầu — khoảng 1,5–2 lần rộng vai, rộng hơn khi di chuyển nhanh hơn. Vượt dải đó, bề rộng thêm không miễn phí: nó tăng quán tính quay và làm chậm đổi hướng. Bề rộng mua ổn định và tiêu tự do quay, đúng như động tác thu tay mua tự do quay và tiêu ổn định.

7.3 Nguyên lý 3 — Hai tay định nghĩa mặt phẳng

Khẳng định. Đường vợt là một đĩa, một mặt phẳng nghiêng; hai tay (hoặc tay và vai) định nghĩa nó; tay không thuận rơi xuống hoặc văng ra làm mặt phẳng chao đảo.

Đo được.

- "Mặt phẳng vung" **không có định nghĩa chuẩn** trong y văn bình duyệt. Nó được dùng theo ít nhất ba nghĩa không tương đương: góc quỹ đạo vợt trong mặt phẳng thẳng đứng (khoảng 20° trên phương ngang với bóng phẳng, 40° với topspin, 70° với lob topspin), một mặt phẳng khớp qua quỹ đạo đầu vợt, và một mô tả trực giác của cung vung (Reid, Elliott & Crespo,

2013). **Bất kỳ tài liệu nào dùng thuật ngữ này đều phải nói rõ dùng nghĩa nào.** Hồ sơ này dùng nghĩa thứ hai: mặt phẳng khớp qua quỹ đạo đầu vợt. **Mức A** cho vấn đề định nghĩa.

- Backhand hai tay là **chuỗi động học kín với tám bậc tự do** so với **bày** của cú một tay, với chi trên cứng hơn, đóng góp của thân vào vận tốc cán vợt lớn hơn, và **góc tách vai–hông âm tại điểm tiếp xúc** (Stepień và cs., 2011). **Mức B.** Đây là bằng chứng tốt nhất hiện có rằng “thêm một tay” thay đổi kiến trúc cú vung, không chỉ cách cầm.
- Hệ forehand/vợt được mô hình hóa tốt như một **con lắc kép**, và tốc độ vung phụ thuộc chủ yếu vào mô-men quán tính của dụng cụ chứ không phải khối lượng (Cross, 2011). **Mức B** (mô hình vật lý, không phải thử nghiệm tennis).

THE TUCK PRINCIPLE FOR ROTATION

Conservation of Angular Momentum in Tennis

Pulling the non-hitting arm close to the body reduces moment of inertia, increasing rotational speed for more power and control — just like a figure skater.

A. TENNIS SERVE

TUCK IN TO ACCELERATE ROTATION

Tuck In to Accelerate Rotation

B. FOREHAND GROUNDSTROKE

ONE HAND CLOSE = AXIS CONTROL

One Hand Close = Axis Control

Faster Rotation

More Control

More Power

KEY PRINCIPLE: Conservation of Angular Momentum
When mass is pulled closer to the rotation axis, the body rotates faster. In tennis, tucking the free arm increases rotation speed and control without extra effort.

Hình 1 — Nguyên lý thu tay trong giao bóng và forehand

Suy luận. Ràng tay không thuận đặt mặt phẳng. Đây là giáo điều huấn luyện. Kho tri thức chỉ có đúng một bài cho cơ chế hình học thật — cách cầm tách như “một hệ đòn bẩy khuếch đại lực xoay của thân”, với nhiệm vụ đẩy cổ vợt ra xa “giữ đầu vợt thẳng hàng với chuyển động xoay của vai” và giữ mặt vợt “vuông góc với mặt phẳng mục tiêu” (ART-302) — trong khi phần lớn các bài khác quy mặt phẳng cho xoay vai hoặc cách cầm, với hai tay chỉ là hướng dẫn. **Mức D.**

Chỗ khẳng định sụp. Về hình học, như §3.3 đã chỉ ra: hai điểm cho một đường. Khẳng định thiếu đúng một ràng buộc, và đó chính là ràng buộc đặt độ nghiêng.

Bản phát biểu lại.

NL3’ (**Mức C cho hình học, D cho cơ chế huấn luyện**). Mặt phẳng vung là mặt phẳng của **tam giác vai–tay–tay**. Tay cố định đường; đường ngực cố định độ nghiêng. Đặt cả hai trước pha vung tới, và giữ mọi điểm thứ tư hoặc nằm trên mặt phẳng đó (tay thứ hai trên cán vợt) hoặc ra khỏi phương trình hoàn toàn (tay không thuận được thả).

7.4 Nguyên lý 4 — Nguyên lý thu tay sát người

Khẳng định. Kéo tay không thuận sát thân làm giảm mô-men quán tính và tăng tốc độ xoay ($L = I\omega$); tay tung phải thu vào sau khi tung; tay không thuận kéo vào ngực khi forehand.

Tri-Plane Stability · v1.1

20

Đo được.

- Y văn tennis xác lập rằng mô-men động lượng trong giao bóng chủ yếu là **mô-men xa** và đi từ **thân sang tay**: gần điểm tiếp xúc, **75,1%** tổng mô-men động lượng nằm ở tay vợt, trong đó vợt giữ 35,9% và cẳng tay 25,7% (Bahamonde, 2000). **Mức B.**
- Sự truyền là từ gần đến xa, và mô-men động lượng của thân quanh trục trước-sau tương quan với tốc độ bóng qua nhiều pha giao bóng (Martin và cs., 2013). **Mức B.**
- Khâu chân-thân tạo ra **51–55%** động năng truyền đến tay (Kovacs & Ellenbecker, 2011, tổng hợp). **Mức C.**
- Thử nghiệm có kiểm soát tốt nhất về hành vi tay tung cho thấy thu tay sớm hay muộn làm đổi đường tung (cao hơn và ra trước nhiều hơn), kéo dài thời gian giao bóng, dịch tỉ lệ pha chuẩn bị **4,3%**, và đổi quỹ đạo sau tiếp xúc khoảng 3° dốc hơn hoặc 1° phẳng hơn — **động học đầu không đổi** (Newton và cs., 2025). **Mức B**, và đây là kết quả gần như vô hiệu cho câu chuyện "động học thống trị".

Suy luận — và khoảng trống trung thực. Không có nghiên cứu tennis nào cho thấy thu tay không thuận làm tăng vận tốc góc thân. Cơ học là vững (mô hình §6.2 xác nhận giảm 36% I từ một tay), nhưng chuỗi nhân quả — thu $\rightarrow I$ giảm $\rightarrow \omega$ tăng $\rightarrow$ vợt nhanh hơn — chưa từng được đo trong giao bóng hay groundstroke. **Mức C**, không phải A hay B.

Hai phức tạp nữa có thật và ít được nói:

1. **Bảo toàn chỉ đúng khi không có mô-men ngoài.** Cơ học của chính khung đòn L không đổi, nhưng toàn bộ ý nghĩa của đòn lực một chân là bàn chân trụ đang tác dụng mô-men. Vậy thu tay và điểm tựa xung khắc nhau: chân càng neo chắc, thu tay càng "bảo toàn" được ít.
2. **Động tác thu là tạm thời và đảo chiều trước tiếp xúc.** Tay lại duỗi ra để tối đa đòn bẩy tiếp xúc (ART-022, ART-041). Cửa sổ của thu tay là pha tăng tốc, không phải điểm tiếp xúc.

Bản phát biểu lại.

NL4' (Mức C). Trong pha tăng tốc xoay, giữ tay không thuận gần trục quay để nó không hãm chuyển động và không làm tăng mô-men quán tính toàn thân; thả nó ra trước tiếp xúc để tay đánh có thể duỗi. Lợi ích mang tính cho phép — nó để thân trên tăng tốc — không phải sinh công, và chưa từng được định lượng trong tennis. Không gán phần trăm vào nó.

7.5 Nguyên lý 5 — Kiểm tra ba điểm tại điểm tiếp xúc

Khẳng định. Tại thời điểm tạo lực, đúng ba điểm hoạt động trong một mặt phẳng: chân chịu lực hoàn toàn (điểm tựa), tay thu gần (bộ điều khiển trục), tay cầm vợt duỗi (đầu đòn bẩy). Điểm thứ tư (chân không chịu lực, hoặc tay để xa) được cố ý loại khỏi phương trình.

Đánh giá. Như đã phát biểu, đây là một **checklist tổng hợp**, và nó có một vấn đề hình học: ba điểm được nêu là bàn chân chịu lực, tay thu gần, và tay cầm vợt. Ba điểm đó nói chung **không** nằm trong một mặt phẳng vung — bàn chân ở mặt đất, mặt phẳng vung ở trên không. Checklist trộn một điểm tựa với hai điểm vung rồi gọi kết quả là "một mặt phẳng".

Điều này không làm nó vô dụng. Nó làm nó thành **một checklist bị dán nhãn hình học sai**, và dán lại nhãn sẽ cho ra một thứ thật sự có giá trị:

Điểm	Thực chất là gì	Ràng buộc nó đóng góp
Chân chịu lực	Neo trục	Quyết định trục quay đi vào mặt đất ở đâu
Tay thu gần	Bộ điều khiển quán tính	Giữ I thấp trong pha tăng tốc
Tay cầm vợt duỗi	Đầu công suất của đòn bẩy	Đặt bán kính và nhịp đặt tốc độ đỉnh
Đường vai	Điểm thứ ba của mặt phẳng — thiếu trong bản gốc	Đặt độ nghiêng

Bản phát biểu lại.

NL5' (Mức C). Tại điểm tiếp xúc, bốn điều nên đồng thời đúng: một chân là neo trực; tay không thuận ở gần trực (hoặc đã thả); tay đánh duỗi dọc theo mặt phẳng; và đường vai đồng thuận với đường hai tay. Đó không phải "ba điểm trong một mặt phẳng". Đó là **một mặt phẳng (vai–tay–tay) cộng một trực (chân chịu lực)**, và hai thứ đó phải nhất quán.

Phát biểu như vậy, checklist trở nên kiểm chứng được, và §18 biến nó thành một phiếu cho điểm.

8. Một phát hiện ngoài dự kiến: kho tri thức tự cãi nhau

Cuộc kiểm toán tìm ra một điều đáng báo cáo riêng. Đúng ở những khẳng định đang bàn, kho tri thức 1.000 bài chứa **mâu thuẫn nội tại trực tiếp**, và chúng không hề nhỏ:

Chủ đề	Một bài nói	Bài khác nói
Đồn lực một chân	"Một chân neo mọi cú đánh mở mạnh... 80% trọng lượng trở lên" (ART-0138)	"VĐV dồn lực chủ yếu vào một chân... làm giảm tổng lực khả dụng và mất ổn định" (ART-011)
Chân nào là "chân ngoài"	Chân phải với forehand của người thuận tay phải (ART-0138)	Chân trái với cùng cú đánh (ART-0156)
Để rộng	"Để rộng = đa giác lớn = ổn định" (nhiều bài)	"Để hẹp giảm thiểu mô-men quán tính... cho phép tăng tốc nhanh"; để rộng tốn "100–150 ms" phục hồi (ART-0116)
Tay không thuận	Tay dưới dẫn cú đánh (ART-405)	Tay trên là "tay thuận" (ART-435)
Đồn lực giao bóng	Chân sau chịu 60–70% khi chuẩn bị (ART-012)	Chân trước là điểm tựa cuối (ART-005, ART-0138)

Không mâu thuẫn nào là chí tử — nhiều cái dung hòa được một khi chỉ rõ pha của cú đánh, đúng điều khung λ làm. Nhưng chúng **vô hình với người đọc**, và chúng có nghĩa là bất kỳ tài liệu nào về sau trích "kho tri thức" như thẩm quyền cho năm nguyên lý này đều đang trích một kho tự bất đồng với nhịp độ ngang với chính giới huấn luyện mà nó tổng hợp.

Khuyến nghị. Trước khi khung được xuất bản vào kiến trúc nhánh, các bài bị ảnh hưởng cần một **bổ ngữ pha** (khẳng định này áp dụng cho pha nào?) hoặc một tham chiếu chéo "quan điểm cạnh tranh" rõ ràng. Đây là hành động quản trị nội dung, không phải nghiên cứu, và nó rẻ: năm bài, một lượt biên tập.

Phần V — Những phát hiện tương như phủ định khung

9. Sáu phát hiện khó nhất

Một khung chỉ mạnh bằng cách nó xử lý bằng chứng chống lại nó.

9.1 Tư thế mở không mạnh hơn — nó mạnh ngang bằng bằng con đường khác

Kawamoto và cộng sự tìm thấy tốc độ đầu vọt ngang nhau ở tư thế mở và vuông, với tư thế mở làm ít công hơn qua vai theo hướng đánh và nhiều công hơn theo hướng ngang và hướng lên. Theo ngôn ngữ khung gốc, đây là thất bại: nếu đòn một chân là nguồn công suất, tư thế mở phải thắng.

Theo cách định nghĩa lại, đây đúng là dự đoán. Hai tư thế nằm ở hai điểm khác nhau trên trục ràng buộc. Tư thế vuông (hai chân) tiêu ràng buộc vào để ổn định và nhận con đường công suất tuyến tính từ mặt đất với trục cố định. Tư thế mở (một chân) tiêu ràng buộc vào chuỗi mở và nhận trục đặt tùy ý với con đường xoay, rồi hoàn tất bằng công ngang và dọc bổ sung ở vai. **Cùng đầu ra, khác ngân sách.** Phát hiện này không phải bằng chứng chống ràng buộc tối thiểu đủ dùng; nó là minh chứng về hai điểm cân bằng trên cùng một đường đẳng lượng.

9.2 Backhand hai tay đòn lực chân sau

Nếu "đòn chân trước" là định luật, cú hai tay phá nó. Akutagawa và Kojima cho thấy mô-men hông chủ đạo cho xoay thân đến từ chân **sau** ở cú hai tay và chân **trước** ở cú một tay.

Theo cách định nghĩa lại, đây là cỗ máy khác nên có đáp án khác. Cú hai tay là chuỗi kín (tám bậc tự do so với bảy). Bàn tay thứ hai của nó là điểm thứ tư đồng phẳng, nên không trả giá về mặt phẳng. Vì vậy nó chọn tối ưu khác: chấp nhận trục chuỗi kín và mua công suất từ chân sau cùng xoay thân — đó là lý do góc tách tại tiếp xúc của nó âm. Cú một tay có chuỗi mở và trục tự do, nên đòn chân trước và xoay quanh đó.

Khung, đọc như quy tắc phổ quát, sai ở đây. Đọc như ngân sách, nó đúng hai lần: mỗi cú tiêu ràng buộc ở nơi kiến trúc của nó làm cho rẻ nhất.

9.3 Động tác chân chỉ đáng khoảng 10% — và tư thế gần như không đáng gì

Thí nghiệm sạch nhất của Reid, Elliott và Alderson: 43,6 m/s với chân trước, 42,6 với chân sau, 39,4 khi không dùng chân, và động học vai giống hệt nhau ở cả ba. Nếu chân là động cơ như khung mô tả, bỏ động tác chân phải là thảm họa. Nó chỉ mất một phần tư.

Theo cách định nghĩa lại, điều này mạch lạc và có ích. Động tác chân mua 10% đến trước cánh tay, và khi mất, thân và vai bù lại — đó là lý do động học vai không đổi: vai không bị đòi hỏi nhiều hơn, nhịp được tổ chức lại. Khẳng định chân là nền của công suất không sai, nhưng độ lớn đo được là khiêm tốn, và một chương trình kỹ thuật dành 80% thời gian cho đòn lực chân là đầu tư quá mức vào một đòn bảy 10%.

9.4 Giao bóng không phải một cú xoay quanh trục thẳng đứng

Phân rã mô-men động lượng của Bahamonde cho thấy thành phần thẳng đứng (Z) "nhỏ và không có quy luật nhất quán", trong khi các thành phần chủ đạo nằm quanh trục trước-sau và trục ngang, truyền từ thân → tay → vợt.

Đây là phát hiện gây tổn thất nhất cho vật lý của khung, vì hình ảnh tinh thần của khung là VĐV trượt băng xoay quanh trục thẳng đứng. Giao bóng không phải vậy. Nó là một **chuyển động xoay tới và ngang của thân**, truyền qua một vai đang xoay trong với tốc độ trên 1000°/s.

Theo cách định nghĩa lại, ngôn ngữ "trục thẳng đứng" phải bị loại bỏ cho giao bóng. "Trục" mà đòn lực một chân đặt vào là trục xoay của khung chậu và thân quanh điểm tiếp xúc mặt đất — gần thẳng đứng với groundstroke và nghiêng đáng kể với giao bóng. Động tác thu vẫn làm giảm I quanh trục đang làm việc; nhưng trục không thẳng đứng, và ẩn dụ trượt băng, dù dễ

nhớ, là sai về cơ học với giao bóng. Nó là ẩn dụ tốt cho **groundstroke**, nơi chuyển động xoay thật sự quanh một trục gần thẳng đứng.

Đây là một hiệu chỉnh thật cho chính hình ảnh của khung, và nó phải lan sang bản tiếng Việt cùng mọi tài liệu huấn luyện phái sinh.

9.5 Động tác thu có thể đổi nhịp, không đổi tốc độ

Newton và cộng sự can thiệp vào thời điểm thu tay tung và thấy đường tung, thời lượng giao bóng và quỹ đạo sau tiếp xúc thay đổi, trong khi động học đầu không đổi. Nếu thu tay là bộ tăng tốc xoay, phải thấy dấu vết động học ở thân hoặc đầu.

Cách đọc trung thực: thử nghiệm mạnh nhất hiện có về hành vi tay tung tìm thấy tác động lên nhịp và hình học đường tung, không lên động học xoay. Nó không bác bỏ lập luận quán tính — nó không đo vận tốc góc thân — nhưng nó là thứ gần nhất với một thử nghiệm trực tiếp, và nó không tìm thấy hiệu ứng mà khung dự đoán. **Vì vậy khẳng định về thu tay vẫn ở Mức C**, và HLV nào trình bày nó như đã được xác lập là nói quá.

9.6 Một mồi không giảm lực, nhưng giảm hoạt hóa

Sau ba giờ thi đấu, phản lực dọc đỉnh khi giao bóng không đổi trong khi biên độ EMG chân giảm 10–40%.

Với một khung xây trên "chân là nền", đây là cảnh báo: lực được duy trì nên nền trông còn nguyên, nhưng kiểm soát đang thoái hóa. VĐV giữ đầu ra lực bằng một chiến lược khác, đồng co nhiều hơn — đúng dấu hiệu thừa ràng buộc ở §3.2. **Vì vậy một mồi có thể là thí nghiệm tự nhiên tốt nhất cho khung:** nếu thừa ràng buộc tiêu tự do quay, thì VĐV mồi phải cho thấy lỗi mặt phẳng sớm hơn và lớn hơn trước khi lực giảm. Điều này kiểm chứng được, và §23 đề xuất cách làm.

9.7 Cái gì sống sót

Khẳng định	Trạng thái sau kiểm toán
Chân có ý nghĩa với sản xuất cú đánh	Được ủng hộ (A)
VĐV giỏi đẩy mạnh hơn vào mặt đất	Được ủng hộ (A)
Đế rộng ổn định hơn để hẹp	Được ủng hộ, có dải (A/C)
Dồn một chân vượt trội so với hai chân	Không được ủng hộ — đầu ra ngang nhau, đường đi khác (B)
Hai tay định nghĩa mặt phẳng vung	Nửa đúng; thiếu về hình học (C/D)
Thu tay làm tăng tốc xoay thân	Cơ học đúng, chưa đo (C)
Ba điểm xác định mặt phẳng, điểm thứ tư thừa ràng buộc	Đúng như hình học, sai như tĩnh học, đúng như động học (A/C)
Có một cấu hình tối ưu cho mọi cú đánh	Sai — tối ưu phụ thuộc nhiệm vụ (A, bằng phản chứng)

Phần VI — Hệ thống ứng dụng

10. Từ mô hình đến huấn luyện

Phần này là khung được dựng lại trên các tiên đề đã sửa. Nó được thiết kế để dùng được ở một CLB tennis, với HLV có một điện thoại quay phim và không có lực kế.

10.1 Trình tự quyết định

Trước kỹ thuật, hãy quyết định ngân sách. Bốn câu hỏi, theo thứ tự:

- 1. Tôi đang di chuyển nhanh đến đâu khi buộc phải ổn định? (quyết định bề rộng để tối thiểu — §6.1)
- 2. Cú đánh này cần bao nhiêu vòng quay? (quyết định phần đế nào phải nhường)
- 3. Trục phải nằm ở đâu? (chân trong với bóng xa, chân ngoài với bóng tấn công, chân trước với giao bóng)
- 4. Điểm thứ tư nào phải bị loại khỏi phương trình? (tay không thuận thả ra, chân sau nhẹ đi, vai không đánh mở ra)

Câu trả lời cho ra một cấu hình, không phải một quy tắc. Bảng 11 là bảng tra.

11. Bảng cấu hình theo cú đánh

Tình huống	Đế	Phân bổ tải	Trục qua	Tay không thuận	Lỗi điển hình khi vội
Bước tách	Rộng hơn hông	50/50 trong khoảng khắc	—	Trung tính, hai tay trên vợt	Tiếp đất hẹp → không đẩy được hướng nào
Sẵn sàng	Rộng, thấp	50/50	—	Vợt ở giữa	Đứng cao → bước đầu chậm
Đỡ giao bóng	Rộng, thấp, hơi so le	55/45 về phía trái	Chân trong	Cầm tách, vung ngắn	Xoay sớm → phải chặn thay vì đẩy
Forehand trung tính	Bán mở	60/40 chân ngoài	Hông ngoài	Cầm tách, dẫn cổ vợt	Tay kia rơi → mất độ nghiêng
Forehand tấn công	Mở	80/20 chân ngoài	Hông ngoài	Cầm tách rồi thu	Tay kia đi theo → xoay quá
Forehand phòng thủ xa	Mở rất rộng	85/15 chân ngoài	Hông ngoài	Thả sớm để giữ thẳng bằng	Đuối bóng bằng tay
Forehand tư thế đóng	Rộng, chân trước bắt chéo	60/40 chân sau, chân trước hãm	Chuyển sau→trước	Cầm tách	Chân trước thụ động → chỉ có tay
Backhand một tay	Trung tính đến đóng	70/30 chân trước	Hông trước	Thả ra sau làm đôi trọng	Tay kia giữ cổ vợt → chặn chuỗi
Backhand hai tay	Mở hoặc vuông	60/40 chân sau	Hông sau	Cả hai tay trên cán (đồng phẳng)	Duỗi thẳng hai tay → mặt phẳng phẳng đi
Giao bóng (tung → trophy)	So le	60–70% chân sau	Chân sau	Tay tung đưa lên, đặt độ nghiêng	Tay tung sụp sớm → mất mặt phẳng
Giao bóng (đẩy → tiếp xúc)	So le chuyển về một chân	Chân trước thành điểm tựa	Chân trước	Tay tung thu vào	Thu trước khi đẩy → không có điểm chặn để xoay
Volley	Rộng, thấp, so le	60/40	Chân trước, xoay tối thiểu	Ngắn, gọn	Vung lớn → không có đế
Smash	Dồn một chân	Chân chịu lực	Chân chịu lực	Tay kia đỡ bóng	Hai chân trụ → không xoay được

12. Năm giai đoạn thực thi

Một từ vựng duy nhất cho mọi cú đánh, thay cho năm bộ câu lệnh khác nhau.

Giai đoạn	Tên	Điều gì đang được quyết định	Cảm giác mẫu
1	Đế	Rộng bao nhiêu, thấp bao nhiêu, chân nào trước	"Rộng và thấp trước khi bóng quyết định thay bạn"
2	Neo	Chân nào giữ trục	"Một chân là bản lề; chân kia là đầu ngón tay chạm đất"
3	Đĩa	Mặt phẳng vai–tay–tay	"Ngực và hai tay thành một tấm phẳng"
4	Thu	Tay kia sát trục suốt pha tăng tốc	"Khuỷu vào sườn, không lên trời"
5	Thả	Duỗi dọc mặt phẳng rồi phục hồi	"Ném mặt phẳng, đừng vung cánh tay"

Giai đoạn 1–3 xảy ra trước pha vung tới. Giai đoạn 4–5 xảy ra trong đó. VĐV vào bóng trễ gần như luôn trễ ở **giai đoạn 1 hoặc 3**, không phải ở 4 — đó là lý do "vung nhanh hơn" không bao giờ sửa được một VĐV trễ.

13. Bộ câu lệnh

Câu lệnh phải ngắn, hướng ngoại, và đúng về vật lý. Năm câu này thay bốn câu gốc.

1. **"Rộng và thấp."** (Đế — hướng ngoại, kiểm chứng trong một giây.)
2. **"Một chân giữ cú xoay."** (Neo — thay cho "đón một chân", vốn mời gọi cố gắng 100%.)
3. **"Ngực và tay, một tấm."** (Đĩa — cung cấp điểm thứ ba còn thiếu.)
4. **"Khuỷu vào sườn."** (Thu — không gian, không phải nỗ lực.)
5. **"Ném mặt phẳng."** (Thả — hướng chú ý vào đường vợt, không vào chuyển động tay.)

Câu gốc — "Hãy là ghế đầu, đừng là ghế tựa" — nên được rút khỏi sử dụng trên sân. Nó dễ nhớ nhưng mã hóa sai kiểu hỏng: nó bảo VĐV rằng hai chân sẽ làm họ lão đảo, trong khi thực tế hai chân làm họ cứng. VĐV đang cứng không cần được bảo lão đảo ít hơn. Họ cần được bảo nên thả ràng buộc nào. **"Một chân giữ cú xoay"** làm việc đó; "hãy là ghế đầu" thì không.

Nếu muốn một ẩn dụ, dùng nó ngoài sân, trong phần giải thích: "Ghế đầu không bao giờ cập kênh vì ba điểm luôn tìm được một mặt phẳng. Cú vung của bạn cũng vậy: ba điểm trong một mặt phẳng, và mọi thứ còn lại ra khỏi đường."

14. Dấu hiệu lỗi

Bảng chẩn đoán là phần thường thực dụng của cả mô hình: mỗi triệu chứng chỉ ra tiên đề nào bị vi phạm.

Bạn thấy gì	Ràng buộc nào hỏng	Tiên đề	Sửa đầu tiên
Bóng bay dài khi bị áp lực, không mất lực	Độ nghiêng mặt phẳng trôi	A1	Dựng lại tam giác ngực–tay; kiểm tra vị trí tay kia lúc tiếp xúc
Lỗi một bên, lặp lại	Mặt phẳng quay quanh đường hai tay	A1	Chốt ngực lúc tiếp xúc; quay phim từ phía sau
VĐV "thấy kẹt", xoay trông gượng sức	Thừa ràng buộc — hai chân chịu tải ở λ thấp	A2/A3	Nhẹ chân trong sớm hơn; kiểm tra phân bố tải
Tốt khi bài tập, sụp khi thi đấu	λ đặt sai — giữ để ổn định trong nhiệm vụ quay	A5	Tập đúng cú đó từ trạng thái đang di chuyển
Mất thăng bằng sau tiếp xúc, ngã ngang	Biên độ ổn định âm ở vận tốc tiếp xúc	A4	Mở rộng để cho cú đó, hoặc đến sớm hơn
Phục hồi chậm cho bóng sau	Đế quá rộng cho pha phục hồi	A5	Thu hẹp ở bước phục hồi; chỉ rộng ở tiếp xúc

Bạn thấy gì	Ràng buộc nào hỏng	Tiền đề	Sửa đầu tiên
Tay kia văng mở lúc tiếp xúc	Thu tay thả quá sớm	A6	"Khuỷu vào sườn" suốt pha tăng tốc
Xoay tốt nhưng bóng ngắn	Xoay mà không có mặt phẳng — tốc độ đi ngang	A1/A6	Đặt lại nhịp thả; mặt phẳng phải hướng về đích
VĐV mệt: lỗi đi dài trước khi đi ngắn	Mệt làm thoái hóa kiểm soát ràng buộc trước khi giảm lực	A3	Quản lý khối lượng; đây là dấu hiệu §9.6

15. Những điều không nên dạy

Quan trọng không kém, sau cuộc kiểm toán: bốn chỉ dẫn phổ biến, nghe hợp lý, và bị phủ định.

- **"Dồn 100% trọng lượng vào chân ngoài."** Không nghiên cứu nào báo 100%; dải thực tế là 70–85%, và đuôi theo 100% tạo ra đúng cái cứng mà mô hình cảnh báo.
- **"Hai tay đưa lên định nghĩa mặt phẳng."** Nó định nghĩa một đường. Phải thêm ngực, nếu không câu lệnh thất bại trong im lặng.
- **"Thu tay để xoay nhanh hơn."** Cơ chế là cho phép, không phải sinh công, và chưa được đo trong tennis. Hãy nói "giữ khuỷu gần để tay không hãm bạn" thay vào.
- **"Càng rộng càng ổn định."** Vượt khoảng 2–2,5 lần rộng vai, bề rộng tiêu thời gian phục hồi và quán tính quay. Đó là một dải, không phải một hướng.

Phần VII — Đo lường

16. Bộ test hiện trường

Bảy test, bốn mươi phút, không cần lab. Ngưỡng lấy từ y văn nơi có, và từ mô hình nơi không; hãy xem chúng là cờ phân loại, không phải chẩn đoán.

Test	Đo gì	Cách làm	Cờ báo
Đứng một chân, mở mắt	Tính đủ tinh trên một chân	30 giây mỗi chân, chân đất, tay trên hông	< 20 giây, hoặc lệch > 15%
Nhảy xa một chân	Công suất và kiểm soát tiếp đất một bên	Tốt nhất 3 lần mỗi chân	Lệch > 15% giữa hai bên
Test biên ngang	Biên độ ổn định khi đang di chuyển	Bước ngang 3 m, đặt chân, vung bóng; quay từ phía trước	Chân bắt chéo dưới thân, hoặc thân nghiêng > 20°
Phản ứng bước tách	Để và nhịp	Đồng đội ra hiệu hướng lúc tiếp xúc; đo độ trễ bước đầu	> 250 ms, hoặc hai chân tiếp đất cùng lúc
Ném bóng thuốc xoay	Công suất thân trên qua để ổn định	Bóng 3 kg, ngồi và đứng, cả hai hướng	Lệch > 20% giữa hai hướng
Test lực theo bề rộng đế	Bề rộng có đang được dùng không	Đẩy từ đế 30 cm và 60 cm lên cân	Lực đỉnh thấp hơn ở 60 cm → chưa dùng bề rộng
Test độ lặp mặt phẳng	Độ lặp lại của mặt phẳng vung	20 lần vung không bóng, quay từ sau; chông quỹ đạo đầu vợt	Độ tản > 15 cm ở đầu vợt

17. Chỉ số video

Bốn con số từ một điện thoại 120 fps, quay từ sau và từ bên.

- Góc tách vai–hông tại điểm co tối đa.** Forehand đẳng cấp cao: 45–60° (tổng hợp kho tri thức; Mức D). Dưới 30° tại tiếp xúc gợi ý mặt phẳng đang do tay đặt, không do thân.
- Góc mặt phẳng vợt trong mặt phẳng thẳng đứng.** Phẳng ≈ 20° trên phương ngang, topspin ≈ 40°, lob topspin ≈ 70° (Reid, Elliott & Crespo, 2013). Đo ở giữa pha vung tới.
- Khoảng cách tay–trục ở giữa pha tăng tốc.** Khoảng cách ngang từ tay không thuận đến đường giữa cơ thể. Phải giảm trong pha tăng tốc; nếu tăng, động tác thu không xảy ra.
- Chỉ báo tải chân.** Thời điểm nhấc gót của chân không chịu lực. Nhấc sớm = chuỗi mở hơn = nhiều tự do hơn; nhấc muộn = neo nhiều hơn.

18. Phiếu kiểm toán ràng buộc

Một trang, cho điểm 0–2 mỗi mục, dùng trong buổi tập. Nó biến §10–§14 thành thứ HLV điền được giữa các điểm.

#	Mục	0	1	2
1	Bề rộng đế tại tiếp xúc phù hợp cú đánh và tốc độ	Hẹp khi đang nhanh	Tạm được	Khớp bảng §6.1
2	Phân bố tải phù hợp λ	50/50 ở λ thấp	70/30	80/20 hoặc theo bảng §11
3	Trục được đặt có chủ ý	Không rõ trục	Trục muộn	Trục chốt trước pha vung tới
4	Tam giác ngực–tay ổn định từ set đến tiếp xúc	Biến dạng	Giữ một phần	Giữ suốt tiếp xúc

#	Mục	0	1	2
5	Tay không thuận hành xử đúng (thu hoặc thả)	Văng mở	Thu muộn	Thu rồi thả
6	Bước phục hồi có và hẹp	Không có	Muộn	Ngay lập tức

Điểm ≥ 9 : cấu hình vững; làm việc trên tốc độ. 5–8: một ràng buộc đang bị tiêu hai lần; tìm bằng bảng dấu hiệu lỗi. ≤ 4 : dừng lại giai đoạn 1–3 trước khi thêm nhịp độ.

Phần VIII – Giáo án 12 tuần

19. Cấu trúc

Giáo án dạy ngân sách, không dạy cú đánh. Mỗi pha cô lập một ràng buộc để VĐV cảm được cái giá của việc tiêu nó.

Tuần	Chủ đề	Ràng buộc được cô lập	Tiêu chí thành công
1–3	Đủ dùng	Đế và biên độ ổn định	Không bao giờ mất thăng bằng tại tiếp xúc trong bài 60 bóng
4–6	Tự do	Neo và đặt trục	Phân bố tải chuyển rõ sang 80/20 ở λ thấp mà không cần nhắc
7–9	Mặt phẳng	Tam giác ngực–tay	Độ tản mặt phẳng vợt < 15 cm qua 20 lần vung
10–12	Tích hợp	Cả bốn, dưới một môi và áp lực	Điểm kiểm toán ≥ 9 khi đánh ở nhịp độ trận

20. Thư viện bài tập

#	Bài tập	Ràng buộc	Cách làm	Liều	Câu lệnh	Tiến triển
1	Vung bóng để rộng	Đủ dùng	Chỉ vung không bóng, hai chân 1,5 lần rộng vai	3 × 10 mỗi bên	“Rộng và thấp”	Thêm bước ngang vào
2	Minh họa để hẹp	Đủ dùng (tương phản)	Cùng bài, hai chân sát nhau	2 × 10	“Cảm nhận khác biệt”	—
3	Bắt bóng một chân	Neo	Đồng đội tung; VĐV phải tiếp đất một chân và giữ 2 giây	3 × 8	“Một chân giữ cú xoay”	Tung xa hơn
4	Neo bằng mũi chân	Neo	Chân trong chỉ chạm đất bằng mũi, không bao giờ chịu tải	3 × 10	“Đầu ngón tay, không phải bàn chân”	Đánh đôi kháng toàn tốc
5	Vung với vợt áp ngực	Mặt phẳng	Vợt áp vào ngực, xoay như một khối, rồi mới thả	3 × 10	“Ngực và tay, một tấm”	Thêm bóng
6	Mục tiêu cho tay kia	Mặt phẳng	Tay không thuận phải chạm một nón ở vị trí cổ vợt trước khi vung	3 × 10	“Hai tay đặt mặt phẳng”	Nón xa hơn
7	Khăn dưới nách	Thu	Kẹp khăn dưới nách tay không thuận suốt pha tăng tốc	3 × 10	“Khuỷu vào sườn”	Forehand toàn tốc
8	Thả và bắt	Thả	Tay không thuận thả lúc tiếp xúc và bắt lấy đủ theo	3 × 8	“Ném mặt phẳng”	Thêm di chuyển
9	Ném bóng thuốc xoay	Tất cả	Bóng 3 kg, đứng, từ tư thế đơn một chân	4 × 6 mỗi hướng	“Nạp, xoay, ném”	Ngồi, rồi đứng
10	Bước tách → bước đầu	Đủ dùng + nhịp	Đồng đội ra hiệu lúc tiếp xúc; đo độ trễ	4 × 8	“Tiếp đất rộng, đi sớm”	Hướng ngẫu nhiên
11	Bài một môi	Tích hợp	20 bóng đôi kháng, rồi 10 giao bóng, lặp 3 lần	3 hiệp	“Giữ nguyên hình khi một”	Đánh trận
12	Kiểm toán trong trận	Tích hợp	HLV chấm phiếu §18 trong một set	1 set	—	Chấm ở 5–4, 30–30

21. Lịch tuần và tích hợp nhánh

Ngày	Nội dung
Thứ 2	Bài 1–2 (đủ dùng), 20 phút; kỹ thuật 40 phút
Thứ 3	Bài 3–4 (neo); giao bóng 30 phút
Thứ 4	Bài 5–6 (mặt phẳng); xem video 20 phút
Thứ 5	Bài 7–8 (thu/thả); bài tập bóng sống
Thứ 6	Bài 9 (bóng thuốc) + bài 10 (phản ứng)
Thứ 7	Bài 11 (mặt mới) + bài 12 (kiểm toán)
CN	Nghỉ hoặc vận động nhẹ

Nhánh	Điều gì thay đổi
01 Cơ sinh học	Năm nguyên lý thành tiên đề A1–A6 ở §3.4; ngôn ngữ trực thăng đứng bị loại cho giao bóng
02 Di chuyển	Bảng §11 thành tài liệu tham chiếu chọn tư thế; đánh đổi thời gian phục hồi của ART-0116 được nâng lên, không bị chôn
04 Forehand	Câu lệnh tay không thuận đổi từ "dẫn" sang "đặt điểm thứ ba"
05 Backhand	Cú hai tay được phân loại lại là thiết kế chuỗi kín, điểm thứ tư đồng phẳng — không phải ngoại lệ
06 Giao bóng	Nội dung tay tung hạ xuống Mức C; hình ảnh trực thăng đứng được thay
09 Huấn luyện	Phiếu kiểm toán và danh sách "không nên dạy" vào mô-đun đào tạo HLV

Phần IX — Giới hạn và chương trình nghiên cứu

22. Bảy mối đe dọa tính hợp lệ

- 1. Trục quay chưa từng được đo.** Đối tượng trung tâm của khung — một trục quay đặt qua chân chịu lực — chưa được đo trong bất kỳ cú đánh nào. Mọi phát biểu về nó là suy luận động học.
- 2. Phân bố tải chưa từng được đo bằng phần trăm.** Không ở giao bóng, không ở tư thế mở. Các con số 80/20 trong hồ sơ là mô hình hóa hoặc từ huấn luyện, và đã được ghi rõ.
- 3. Động tác thu chưa từng được đo.** Không nghiên cứu tennis nào nổi vị trí tay với vận tốc góc thân.
- 4. Mặt phẳng được định nghĩa ba cách** trong y văn, và hồ sơ này chọn một (mặt phẳng khớp qua quỹ đạo đầu vợt) trong khi lựa chọn đó không phải chuẩn.
- 5. Mô hình là mô hình.** Các con số I và biên độ đến từ xấp xỉ 15 đoạn với tỉ lệ khôi lượng công bố và bán kính ước lượng tay. Chúng đúng đến khoảng $\pm 20\%$, đủ cho các lập luận đã nêu và không đủ để kê đơn chính xác.
- 6. Y văn lệch về nam, trình độ đại học đến đẳng cấp cao, không khuyết tật.** Chuyển sang lứa tuổi, nữ, VĐV phong trào, VĐV xe lăn là chưa được xác lập.
- 7. Kho tri thức là tổng hợp** và, như §8 cho thấy, tự mâu thuẫn ở những khẳng định này. Nó không thể tự mang trọng lượng bằng chứng.

23. Sáu giả thuyết có thể bác bỏ

Mỗi giả thuyết được phát biểu sao cho một kết quả có thể giết nó, kèm thiết kế mà một chương trình nghiêm túc chạy được trong một mùa.

#	Giả thuyết	Dự đoán	Thiết kế	Điều gì sẽ bác bỏ
H1	Thừa rằng buộc tiêu tự do quay, không tiêu thẳng bằng	Ở cùng tốc độ vợt, forehand hai chân cho độ biến thiên mặt phẳng lớn hơn và ổn định tư thế ngang hoặc tốt hơn so với một chân	20 VĐV, 2 lực kế+ mocap 3D, 20 forehand mỗi tư thế	Dồn hai chân cho thẳng bằng tệ hơn và biến thiên mặt phẳng ngang nhau
H2	Thu tay làm tăng vận tốc góc thân	Thu tay không thuận trong pha tăng tốc cho vận tốc góc thân đỉnh cao hơn rõ rệt so với để đuổi	Trong cùng VĐV, 3 điều kiện (tự nhiên, ép đuổi, ép thu), IMU trên ngực	Không khác biệt, hoặc tay đuổi cho ω cao hơn
H3	Lỗi mặt phẳng xuất hiện trước lỗi lực khi mệt	Trong phác đồ gây mệt, độ biến thiên mặt phẳng vợt tăng trước khi lực dọc đỉnh giảm	Giao bóng đến kiệt sức, IMU + lực kế, 15 VĐV	Lực giảm trước và biến thiên mặt phẳng không đổi
H4	Điểm thứ ba là ngực, không phải tay thứ hai	Ràng buộc góc ngực–tay làm giảm biến thiên mặt phẳng nhiều hơn ràng buộc đường hai tay	2 điều kiện ràng buộc ngoài, 20 VĐV, chông video	Ràng buộc đường hai tay dự báo tốt hơn
H5	Phân bố tải tối ưu phụ thuộc nhiệm vụ	Phân bố tải đa tốc độ vợt ở λ thấp lệch một bên nhiều hơn phân bố tối đa độ chính xác ở λ cao	4 điều kiện $\lambda \times 4$ mức phân bố, động lực học nghịch đảo	Một phân bố tối ưu cho mọi nhiệm vụ
H6	Chuỗi kín giải thích cú hai tay dồn chân sau	Mở chuỗi một cách nhân tạo (nhấc chân sau) chuyển mô-men hông chủ đạo sang chân trước	12 VĐV backhand hai tay, 2 lực kế, 2 điều kiện	Mô-men vẫn ở chân sau khi chuỗi đã mở

H1 và H6 là hai thí nghiệm giá trị nhất: H1 kiểm tra dự đoán cốt lõi của cách định nghĩa lại, H6 kiểm tra cơ chế làm cú hai tay hiểu được dưới mô hình.

24. Điều gì sẽ thay đổi kết luận của hồ sơ này

- Một nghiên cứu cho thấy thu tay không thuận làm tăng vận tốc góc thân một cách đo được sẽ đưa NL4 từ C lên A, và cơ chế được trích dẫn nhiều nhất của khung sẽ thành cơ chế được ủng hộ tốt nhất.
- Một nghiên cứu cho thấy có một phân bố tải tối ưu cho mọi nhiệm vụ sẽ làm sụp khung λ ở §5, và quy tắc phổ quát gốc sẽ được minh oan.
- Một đo đạc trực tiếp trực quay trong cú đánh cho thấy nó không đi gần bàn chân chịu lực sẽ phá A4, và cùng với nó là cách diễn giải lại về đòn lực một chân.

25. Cảnh báo thực hành

Đây là tổng hợp nghiên cứu, không phải chứng nhận y khoa hay chứng nhận huấn luyện. Hai cảnh báo cụ thể: các mẫu đòn lực một chân mô tả ở đây tải lên hông và gối đáng kể, và VĐV đang có triệu chứng hông hoặc bánh chè–đùi không nên áp dụng mà không có ý kiến lâm sàng; và các phát hiện mới ở §9.6 gợi ý rằng kỹ thuật tập lúc cuối buổi đang được thực hiện bởi một chiến lược kiểm soát khác, nên những lần lặp cuối buổi có thể đang dạy một điều khác với điều HLV định dạy.

Phần X — Lớp thực hành

Bổ sung ở bản v1.1. Phần IX đã kiểm toán các khẳng định của khung. Phần này kiểm toán đúng thứ tự truyền tải chúng.

26. Vì sao phải kiểm toán cả bài tập

Một khẳng định sai nằm trong một tài liệu thì nằm im. Một khẳng định sai nằm trong một bài tập thì được lặp lại ba trăm lần một tuần, bởi một người đang cố làm đúng, dưới mắt một huấn luyện viên đang chăm theo đúng tiêu chí mà bài tập đó gọi tên.

Mỗi bài tập là một khẳng định ở dạng vận hành. “Dồn toàn bộ lực vào một chân” là một câu ở mục 2 của khung; “Flamingo Freeze: đứng trên chân trụ ngoài, gối trong co lên, giữ hai giây ở điểm tiếp xúc” chính là câu đó được chuyển thành một nhiệm vụ có điều kiện đạt. Nếu câu đó bị xếp hạng X, bài tập thừa hưởng nguyên chữ X ấy — và bài tập mới là thứ đến tay người chơi.

Phần này lấy mười lăm bài tập ở mục 4 của khung gốc, đọc từng bài theo bốn điểm, rồi ra phán quyết.

Đọc cái gì	Vì sao quan trọng
Cơ chế mà bài tập giả định	Bài tập đang luyện câu hỏi nào trong ba câu hỏi bị gộp ở mục 4
Tiêu chí mà nó chấm	Cái huấn luyện viên nhìn để quyết định đạt hay không đạt
Lỗi mà nó phát hiện được	Và, điều bộc lộ hơn, lỗi mà về mặt cấu trúc nó không thể phát hiện
Nó chuyển giao sang đâu	Thành công trong bài tập có dự báo được thành công trong cú đánh hay không

Bốn phán quyết: **Giữ** — bài tập luyện đúng thứ nó nói. **Sửa** — cơ chế đúng nhưng tiêu chí hoặc liều lượng lại dạy một thứ khác. **Đổi tên** — bài tập tốt, nhưng không phải bài tập mà tên nó nhận. **Bỏ** — không sửa được mà không thành một bài tập khác.

26.1 Mười lăm bài tập, phán quyết từng bài

#	Bài tập	Giả định	Phán quyết	Vì sao
1.1	Flamingo Freeze — chỉ chân ngoài, gối trong co lên, giữ 2 giây ở điểm tiếp xúc	Dồn 100% lực vào một chân tạo ra một trục quay thẳng đứng duy nhất	Sửa	Luyện thăng bằng tĩnh trên một chân, không luyện việc đặt trục. Tư thế co gối xóa bỏ quyền điều chỉnh nhỏ của bàn chân trong, nên người chơi đạt bằng cách cứng người lại. Tiêu chí (“ngã nghĩa là khỏi tâm ngoài điểm trụ”) đo cú ngã, không đo cú đánh.
1.2	Ném bóng thuốc một chân	Như trên, kèm tải ngoài	Sửa (nhẹ)	Về cơ học là bài tốt nhất trong ba: có xoay, có tải, một chân, tự điều nhịp. Chỉ sai liều — đòi 100%, và bàn chân trong bị bỏ đi thay vì được làm điểm tựa nhẹ.
1.3	Khoá chân trước khi giao bóng — đứng yên sau khi tiếp đất bằng chân trước, chân sau bay	Chân trước là điểm trụ cuối của cú giao bóng	Đổi tên	Đây là bài thăng bằng khi tiếp đất. Câu hỏi lực đẩy của cú giao bóng (chân nào đẩy, bao nhiêu) hoàn toàn không được luyện; chân trước so với chân sau chỉ lệch 1 m/s, nằm trong nhiễu. Giữ bài, gọi đúng tên nó.
2.1	Thuốc dây ở tư thế chờ — hai bàn chân bằng vai + 50%	Đế càng rộng càng ổn định	Sửa	1,5 lần là biên dưới của dải, nhưng lại được trình bày như đích đến. Bài không có biên trên và không có số hạng chi phí, nên nó dạy “càng rộng càng tốt” — đúng cái lỗi mở rộng quá mức mà mục 7.2 đã chỉ ra.
2.2	Ngồi tường khi đỡ giao bóng — đỡ rộng, giữ đẳng trường 10 giây	Biên ổn định tĩnh dự báo được khả năng đỡ bóng	Sửa	Mười giây đẳng trường là bài đột cơ đùi có kèm tư thế; sự chú ý chuyển sang mỗi cơ, còn tư thế thì không phải nhiệm vụ. Biên quan trọng là biên động, ở đúng vận tốc ngang của đường bóng.
2.3	Trượt phòng thủ rồi dừng — trượt, dừng đỡ rộng, giữ 2 giây, không bước thêm	Hãm đà vào một đế rộng	Giữ	Bài duy nhất trong bộ luyện đúng cơ chế mà P2’ gọi tên: biên ổn định tại vận tốc ngang của nhiệm vụ. Nên thêm một phép đo thời gian hồi vị để lộ mặt chi phí.

#	Bài tập	Giả định	Phán quyết	Vì sao
3.1	Đóng khung đĩa — hai tay giữ cổ vợt và đầu vợt, đặt độ nghiêng, giữ 3 giây	Hai tay định nghĩa mặt phẳng	Sửa	Hai tay trên vợt cố định đường thẳng của vợt và độ xoay mặt vợt. Độ nghiêng là quan hệ giữa đường đó với đường ngực, mà bài tập không hề nhắc đến ngực. Nó luyện nửa phần hình học chưa bao giờ bị nghi ngờ.
3.2	Mặt phẳng qua gương — lấy vợt ra sau, đứng yên, kiểm tra hai tay có cùng một mặt phẳng	Nhìn được mặt phẳng trong gương	Bỏ	Gương cho một hình chiếu hai chiều; mặt phẳng nhìn trong gương là một đường cộng với phỏng đoán. Tiêu chí không thể trượt một cách nhìn thấy được, nên nó không dạy được gì.
3.3	Tay không thuận dẫn đường — tay kia giữ cổ vợt đến khi bắt đầu vung tới	Tay kia đặt mặt phẳng, rồi thả	Giữ	Bài được dựng tốt nhất trong mười lăm bài. Cơ chế đứng (P3'), có điều kiện thả, có tiêu chí quan sát được. Thêm tham chiếu ngực là đủ.
4.1	Thu tay và giữ — sau khi tung bóng, nắm áo, giao 20 quả giữ đến điểm tiếp xúc	Động tác thu tay phải duy trì suốt đến tiếp xúc	Sửa	P4' đặt cửa sổ của động tác thu tay trong pha tăng tốc; nó đảo chiều trước tiếp xúc để tay đánh được đuổi ra. Giữ áo đến tiếp xúc luyện đúng điều ngược lại, và động từ "nắm" cố định bàn tay khiến vai không thể đưa ra trước.
4.2	Kẹp khăn forehand — kẹp khăn dưới nách tay không thuận, đánh mà không làm rơi	Khoảng cách tay không thuận là nhị phân	Sửa	Tiêu chí nhị phân tốt, nhưng chỉ có một nửa. Có hai lỗi — rơi sớm (mặt mặt phẳng) và giữ muộn (chặn xoay) — mà bài chỉ thấy lỗi đầu. Người không bao giờ làm rơi khăn sẽ đạt, trong khi đang thừa ràng buộc.
4.3	Xoay kiểu trượt băng nghệ thuật — hai tay dang, xoay, rồi thu vào	Thu tay làm giảm I, tăng ω	Đổi tên	Vật lý đúng cho cú xoay quanh trục dọc thân, tức là trường hợp cú đánh mặt sân. Không phải trường hợp giao bóng: giao bóng không phải cú xoay quanh trục thẳng đứng (mục 9.4). Giữ bài, bỏ khẳng định chuyển giao.
5.1	Hô đứng yên — đồng đội kiểm tra ba điểm có đồng phẳng	Chân trụ, tay thu, tay đánh cùng nằm trên một mặt phẳng	Bỏ	Sai hình học — một điểm nằm trên mặt đất còn mặt phẳng nằm trên không — và tiêu chí là một phán đoán không ai làm kịp trong thời gian thực. Nó tạo ra sự đồng thuận, không tạo ra phép đo.
5.2	Kiểm toán ba điểm qua video — dừng hình ở tiếp xúc, đếm ba điểm	Danh mục ba điểm là danh mục đúng	Sửa	Phương pháp (dừng, đếm, ghi điểm) hoàn toàn đúng và là bài duy nhất tạo ra hồ sơ. Danh mục thì sai: thiếu đường vai, và coi điểm thứ tư chịu lực là mất ổn định, trong khi mô hình nói chỉ phí của thừa ràng buộc là mất xoay.
5.3	Tiến trình thử ghế đầu — rộng, đồn lực, đặt mặt phẳng, thu tay, tiếp xúc, ở ba tốc độ	Năm nguyên lý lắp ghép theo thứ tự đó	Đổi tên	Trình tự sự phạm đúng và nên giữ. Cái tên dạy sai kiểu thất bại: bạn không ngã khỏi ghế, bạn mất khả năng xoay trên ghế. Đổi tên, và chèn một bậc "thả tay" giữa thu tay và tiếp xúc.

Tổng: **2 giữ, 8 sửa, 3 đổi tên, 2 bỏ**. Hai trong mười lăm bài sống sót nguyên vẹn, ba bài nữa sống sót như những bài khác dưới một cái tên khác. Đó không phải bản án cho người viết ra chúng; đó là điều xảy ra khi một bộ bài tập được suy ra từ năm nguyên lý và hai trong năm hoá ra bị phát biểu sai.

26.2 Bốn lỗi chạy suốt cả bộ

Các sửa chữa riêng lẻ ít quan trọng hơn quy luật. Bốn lỗi mang tính hệ thống, và mỗi lỗi bắt nguồn từ một phát hiện cụ thể ở Phần II–V.

L1 — Lỗi 100%. Ba bài (1.1, 1.2, 1.3) đòi đồn lực hoàn toàn vào một chân. Không nghiên cứu nào báo cáo một cú đánh thực hiện ở 100%, và trần của chính kho tri thức là "khoảng 80% trở lên". Người nhận một chỉ dẫn bất khả thi không báo thất bại; họ tìm cách cảm thấy mình tuân thủ — thường bằng cách cứng cổ chân, cứng hông và đóng băng thân trên, tức đúng điều ngược lại với mục đích bài tập. **Quy tắc sửa:** mọi câu lệnh đồn lực trở thành một tỉ lệ — "80 ở chân ngoài, 20 làm điểm tựa nhẹ" — và điểm tựa nhẹ được chấm, không phải được tha.

L2 — Lỗi giữ tay đến tiếp xúc. Ba bài (3.3, 4.1, 4.2) giữ tay không thuận cố định suốt vùng tiếp xúc. P4' nói rõ động tác thu tay mang tính cho phép — nó để thân trên tăng tốc — và nó đảo chiều trước tiếp xúc để tay đánh đuổi ra, kéo dài đòn bẩy tại điểm tiếp xúc. Một bài đòi bàn tay đứng yên đến tiếp xúc biến bài xoay thành bài chặn xoay, và nó sẽ tạo ra những người chơi ổn định, gọn,

và chậm. **Quy tắc sửa:** mọi bài thu tay có một cửa sổ thả, phát biểu bằng vị trí ("thả trước khi vợt tới trước thân"), không phát biểu bằng cảm giác.

L3 — Lỗi tiêu chí không thể bác bỏ. Hai bài (3.2, 5.1) đòi con người nhìn thấy một mặt phẳng trong thời gian thực. Cả hai không thể trượt theo cách người chơi phản bác được, nên cả hai tạo ra vẻ ngoài của việc đánh giá. Đây là lỗi sự phạm nguy hiểm nhất, vì một tiêu chí không thể bác bỏ dạy người chơi rằng việc kiểm tra là một nghi thức. **Quy tắc sửa:** tiêu chí phải đếm được, hoặc phải được quay phim. "Hai bàn tay và đường ngực khớp nhau trong một bề ngang bàn tay ở khung hình dừng" là đếm được; "ba điểm đồng phẳng" thì không.

L4 — Phiếu điểm một chiều. Đây là lỗi cấu trúc, và là hệ quả trực tiếp của chính lý thứ hai. Mọi bài trong bộ đều được chấm trên **độ ổn định**: có ngã không, khăn có rơi không, bàn chân có nhấc không. Không bài nào được chấm trên **chi phí xoay**: có mất đà xoay không, có tới muộn không, đổi hướng có lâu hơn không. Một bộ bài dựng để phát hiện bất ổn sẽ báo đạt cho một người đã thừa rằng buộc đến mức cứng đờ, vì cứng đờ thì ổn định. Luận điểm của chính khung — rằng thừa rằng buộc phải trả bằng xoay — không xuất hiện ở đâu trong phần đánh giá của khung.

Sửa chữa chỉ là thêm một cột. Mỗi thẻ bài tập có thêm điểm thứ hai: thời gian đổi hướng, hoặc biên độ xoay vai tại tiếp xúc, hoặc đơn giản là "đã hoàn tất theo đà chưa". Chi phí: một đồng hồ bấm giây và một điện thoại. Không có nó, bộ bài tập chỉ có thể xác nhận một nửa mô hình.

26.3 Ba bài tập viết lại đây đủ

Bảng trên cho phán quyết; ba bài đáng viết lại đây đủ vì chúng chịu tải lớn nhất.

26.3.1 Flamingo Freeze → giữ có điểm tựa

Dụng bài	Chân ngoài chịu ~80%, mũi bàn chân trong chạm đất, không truyền lực. Vung forehand đến tiếp xúc, giữ 2 giây.
Lần	3 × 6 mỗi bên, sau đó 2 × 6 ở tốc độ rally.
Tiêu chí	Xương ức lệch ngang dưới 5 cm trong lúc giữ, quay từ phía trước. Không phải "có đứng vững không".
Thất bại trông thế nào	Xương ức trôi về phía bàn chân trong — trục chưa từng được đặt. Không phải: người chơi lắc lư.
Vì sao cần mũi chân	Nó trả lại quyền điều chỉnh nhỏ mà cú đánh thật có dùng, nên bài tập thôi thường cho sự cứng đờ.
Chuyển giao	Việc đặt trục tại tiếp xúc — đúng điều P1' thực sự khẳng định.

26.3.2 Thu tay và giữ → thu tay và thả

Dụng bài	Tung bóng, thu tay tung vào sát ngực, bắt đầu tăng tốc — rồi thả áo trước khi vợt tới trước thân.
Lần	3 × 8 quả giao, quay từ phía sau.
Tiêu chí	Hai khung hình: tay đã khép ở thời điểm xoay ngoài cực đại; bàn tay đã rời áo ở khung hình ngay trước tiếp xúc.
Thất bại trông thế nào	Hai lỗi khác nhau và ngược nhau: tay còn trên áo ở tiếp xúc (chặn xoay), hoặc tay không bao giờ tới (không có động tác thu, I không giảm).
Vì sao cần cửa sổ	Thử nghiệm đôi chứng tốt nhất về thời điểm thu tay tung bóng cho thấy thu sớm hay muộn làm thay đổi cú tung và nhịp điệu cú giao, còn động học đầu thì không đổi. Mục tiêu dạy thật của bài tập vì thế là cửa sổ, không phải tốc độ.

26.3.3 Hô đứng yên → phiếu bốn mục

Thay phán đoán "ba điểm đồng phẳng" bằng bốn mục nhị phân, mỗi mục chấm được từ một khung hình dừng:

Mục	Câu hỏi ở khung hình dừng	Nếu không
1. Điểm trụ	Đường áp lực của bàn chân chịu lực có nằm dưới khung chậu?	Trục đặt sai phía; cú đánh sẽ xoay quanh điểm tựa nhẹ
2. Tay không thuận	Tay kia có nằm trong một bề ngang bàn tay tính từ ngực, hoặc đã thả rõ ràng?	Nửa vò — vị trí tệ nhất: I cao mà không có tham chiếu mặt phẳng
3. Duỗi	Tay đánh có duỗi dọc theo mặt phẳng, không gập?	Đòn bẩy tại tiếp xúc bị rút ngắn; tốc độ sẽ phải mua bằng cổ tay
4. Khớp	Đường vai có chỉ về hướng mặt vợt chi?	Mặt phẳng và ngực bất đồng; độ nghiêng chưa từng được đặt

Chấm 0–4. Người đạt 4 đang thực thi mô hình. Người đạt 3 với mục 4 trượt là trường hợp phổ biến, và nó vô hình với phép kiểm tra gốc.

26.4 Kiểm toán đoạn phim bốn mươi giây

Khung hiện đã có một phim dạy học tiếng Việt: bốn mươi giây, bốn phân đoạn có phụ đề, dựng từ hình ảnh thi đấu. Đây là hiện vật đầu tiên của dự án mà một người chơi thật sự sẽ xem, nên nó là tài liệu hệ trọng nhất trong bộ — và đáng được kiểm toán bằng đúng công cụ đã dùng cho các bài tập.

Phim dạy gì. Nguyên lý 1 (một chân trụ, "Flamingo Freeze"), Nguyên lý 2 (để rộng, "Base of Support"), Nguyên lý 4 hai lần (thu tay khi giao bóng, kẹp khăn forehead). Nguyên lý 3 và 5 vắng mặt.

Phát hiện 1 — sự vắng mặt là đúng, và nên được biến thành chủ ý. Hai nguyên lý mà phim bỏ ra đúng là hai nguyên lý trượt kiểm toán: P3 thiếu một ràng buộc hình học, và ba điểm của P5 không đồng phẳng. Một bộ phim không thể cho thấy một mặt phẳng mà nó không định nghĩa được, và không thể cho thấy một danh mục mà hình học của nó sai. Điều trông như một dựng phim thiếu lại chính là cách dựng duy nhất biện hộ được. **Hãy biến nó thành quy tắc:** quay cái có thể cho thấy; đừng quay cái mô hình không đặc tả được.

Phát hiện 2 — một phụ đề mang khẳng định hạng X vào đúng phương tiện được sao chép nhiều nhất. Phụ đề Nguyên lý 1 viết: "100% lực qua 1 chân, tạo trục quay thẳng đứng". Cả hai vế đều bị xếp hạng X trong hồ sơ này: lực không bao giờ là 100%, và trục quay là một suy luận động học chưa từng được đo, còn với cú giao bóng thì nó sai một cách cụ thể (mục 9.4). Một tài liệu có thể đặt lời cảnh báo ở đoạn sau; một phụ đề thì không. Đây là chỉnh sửa ưu tiên cao nhất của toàn dự án, vì phim sẽ được chia sẻ lại mà không kèm hồ sơ. Việc chỉnh sửa này đã được thực hiện; mục 26.4.1 ghi lại bản tái phát hành.

Phát hiện 3 — phụ đề Nguyên lý 4 là phụ đề mẫu. "Tay trái thu sát ngực → giảm I, tăng tốc độ xoay" nêu cơ chế, gọi tên đại lượng, và không gán con số nào. Đó đúng là tình trạng nhận thức của P4 (hạng C): vật lý vững, chưa đo trong quần vợt. Nó nên là khuôn cho mọi phụ đề còn lại.

Phát hiện 4 — phụ đề Nguyên lý 2 đúng nhưng thiếu một cách sẽ bị áp dụng quá mức. "Hai chân bắt buộc đang rộng để ổn định" — đúng trong dài, im lặng về chi phí. Người xem sẽ đang rộng cho đến khi thấy không còn sai, tức vượt 2 lần bề ngang vai, nơi hình phạt đổi hướng là 100–150 ms. Một chữ sửa được: vừa đủ.

Một chuẩn sản xuất, suy ra từ bốn phát hiện.

- Mỗi phụ đề một khẳng định. Hai khẳng định trên một dòng là cách một lời cảnh báo bị thất lạc.
- Không dùng lượng từ tuyệt đối — 100%, luôn luôn, bắt buộc, không bao giờ — trừ khi hạng là A.
- Nếu cơ chế hạng C, nêu cơ chế và giữ lại con số.
- Cho thấy kiểu thất bại trong cùng khung hình với kiểu đúng. Một bộ phim chỉ cho thấy thực thi đúng thì dạy nhận diện, không dạy sửa.
- Phụ đề ghi tiêu chí, không ghi cảm giác: "tay thả trước tiếp xúc" tốt hơn "cảm nhận động tác thu".

26.4.1 Bản tái phát hành: v1.1

Bản kiểm toán trên không dừng lại ở mức nhận xét. Đoạn phim đã được dựng lại thành v1.1 với cả bốn phát hiện được xử lý, và tệp phim, hồ sơ cùng trang web nay đều mang bản đã sửa. Phân hình ảnh không bị đụng tới — vẫn bốn clip cũ, cùng thứ tự, cùng độ dài mười giây mỗi phân đoạn, đúng tốc độ thực — vì lỗi nằm ở chữ, không nằm ở hình.

#	Phụ đề v1.0	Phụ đề v1.1	Đã thay đổi gì
1	100% lực qua 1 chân, tạo trục quay thẳng đứng	Đồn phần lớn lực vào chân trụ, chân kia tựa nhẹ	Bỏ cả hai khẳng định hạng X. Lượng từ tuyệt đối không còn, và trục quay thẳng đứng cũng không còn. Phần còn lại — lực đồn vào chân trụ, chân kia tựa nhẹ — là thứ nhìn thấy được trong khung hình.
2	Hai chân bắt buộc đang rộng để ổn định	Rộng vừa đủ để dừng, hẹp vừa đủ để xoay	Chi phí bị bỏ sót nay đã được nêu, và bắt buộc đổi thành vừa đủ. Dải được mô tả từ cả hai đầu thay vì từ một đầu.
3	Tay trái thu sát ngực → giảm I, tăng tốc độ xoay	Thu sát ngực (giảm I), rồi thả trước tiếp xúc	Giữ nguyên vai trò phụ đề mẫu — nêu cơ chế, gọi tên đại lượng, không gắn con số — và thêm mốc thả tay để tiêu chí có thể trượt cũng như có thể đạt.
4	Giữ tay không thuận sát ngực, không làm rơi khăn	Tay không thuận sát ngực đến lúc bắt đầu vung tới	Sửa tiêu chí một phía. “Không làm rơi khăn” không thể bị trượt vì giữ quá lâu; “giữ đến lúc bắt đầu vung tới” thì có thể.

Những gì được giữ nguyên có chủ ý. Hình học phụ đề không đổi, sai lệch dưới một điểm ảnh so với bản gốc: do trên khung hình giải mã, chữ chiếm các hàng 626–686 ở cả hai bản. Người đã xem bản đầu sẽ không thấy khung hình đổi, chỉ thấy chữ đổi — và đó chính là ý đồ. Đây là chỉnh sửa, không phải làm mới mỹ thuật, và không có phần nào của việc chỉnh sửa phụ thuộc vào việc người xem nhận ra nó. Lớp phụ đề được dựng lại từ chữ thay vì vá đề lên lớp chữ cũ, nên dấu tiếng Việt sạch ở mọi cỡ chữ thay vì thừa hưởng từ một bản đã bị nén lại.

Âm thanh phải dựng lại chứ không thể sao chép. Bốn clip nguồn là mono 24 kHz và đã đạt đỉnh 0,0 dBFS; khi ghép nối chúng bị vỡ tiếng. Bản tái phát hành vì vậy được lấy mẫu lại thành 44,1 kHz stereo, hạ 2 dB và giới hạn đỉnh, cho đỉnh −2,2 dBFS so với −1,7 dBFS của bản gốc, mức trung bình lệch dưới 1 dB. Đây là một sửa nhỏ không ai yêu cầu, nhưng phát hành phụ đề đã sửa trên một đường tiếng bị vỡ thì là một sự đánh đổi tồi.

Những gì bản tái phát hành không sửa được. Phân đoạn 2 và 3 mang đồ họa tiếng Anh cháy sẵn vào hình — “BASE OF SUPPORT”, và “Trophy Position & Tuck Principle” cùng phụ đề “Rotational Acceleration in Tennis Serve” — nằm cách dải phụ đề chỉ vài điểm ảnh. Phụ đề tiếng Việt vẫn đọc được vì được vẽ kèm bóng đổ, nhưng hai ngôn ngữ chen vào nhau, và ở phân đoạn 3 phụ đề tiếng Anh với dòng đầu tiếng Việt cách nhau chưa đầy một dòng. Điều này không thể sửa từ lớp phụ đề; nó cần hình ảnh không có chữ cháy sẵn. Ở đây nó được ghi nhận như một khuyết điểm đã biết của v1.1 — và không phải khuyết điểm do v1.1 tạo ra, vì v1.0 chen chúc y hệt.

Tệp. `Tri-Plane-Tong-Hop-VN-40s-v1.1.mp4` — 40,0 giây, 1280×720, 30 fps, H.264 + AAC 44,1 kHz stereo, 16,5 MB.

26.5 Bộ câu lệnh sống sót

Sáu câu lệnh, mỗi câu truy được về một phát biểu lại, mỗi câu thực thi được, và không câu nào đòi người chơi tin vào điều bằng chứng không ủng hộ.

Câu lệnh	Thay cho	Truy về	Hạng
“Một chân làm chủ cú xoay.”	“Hãy là ghế đầu, đừng là ghế bốn chân.”	P1’	C
“80 ở chân ngoài, 20 làm điểm tựa.”	“Đồn 100% vào một chân.”	P1’	C
“Rộng đủ để dừng, hẹp đủ để xoay.”	“Càng rộng càng ổn định.”	P2’	A (dài)
“Ngực và hai tay, một tấm.”	“Hai tay định nghĩa mặt phẳng.”	P3’	C (hình học)
“Thu để tăng tốc, thả để đánh.”	“Giữ tay thu đến tiếp xúc.”	P4’	C
“Đường vai khớp đường tay.”	“Ba điểm trên một mặt phẳng.”	P5’	C

Hai câu đầu là hai câu thay đổi hành vi nhanh nhất, vì chúng thay một chỉ dẫn bất khả thi bằng một tỉ lệ người chơi thật sự chạm tới được.

26.6 Điều này thay đổi gì trong giáo án 12 tuần

Thư viện bài tập ở mục 20 được viết sau kiểm toán và đã phản ánh phần lớn các sửa chữa này. Bảng ánh xạ nên được nêu rõ để các bài cũ không bị đưa trở lại từ tài liệu gốc:

Bài gốc	Xử lý	Hiện nằm ở đâu
1.1 Flamingo Freeze	Sửa	Mục 20, bài 3 (bắt một chân), có mũi chân chạm và tiêu chí độ lệch
1.2 Ném bóng thuốc	Sửa	Mục 20, bài 9, liều đổi thành 80/20
1.3 Khoá chân trước	Đổi tên	Không nằm trong giáo án; đây là bài tiếp đất, mà tiếp đất là một nhánh khác
2.1 Thuộc dây	Sửa	Mục 20, bài 1–2, có dải và phép đổi chứng hẹp
2.2 Ngồi tường	Sửa	Gộp vào bài 10 (độ trễ split-step), nơi tiêu chí là động
2.3 Trượt và dừng	Giữ	Tiến trình của bài 10
3.1 Đóng khung đĩa	Sửa	Mục 20, bài 5 (bóng tám ngược)
3.2 Mặt phẳng qua gương	Bỏ	Thay bằng bài 6 (đích cho tay không thuận), đếm được
3.3 Tay không thuận dẫn	Giữ	Bài 6, thêm tham chiếu ngược
4.1 Thu tay và giữ	Sửa	Bài 7, có cửa sổ thả
4.2 Kẹp khăn	Sửa	Bài 7, chấm cả hai lỗi
4.3 Xoay trượt băng	Đổi tên	Phần mở đầu bài 9, chỉ cho cú đánh mặt sân
5.1 Hô đứng yên	Bỏ	Phiếu mục 18, bốn mục
5.2 Kiểm toán video	Sửa	Mục 18, thêm mục đường vai
5.3 Tiến trình ghế đầu	Đổi tên	Cấu trúc pha của giáo án (mục 19), đổi tên, thêm bậc thả tay

26.7 Phần này không thể xác lập điều gì

Kiểm toán bài tập là một lập luận từ cơ chế, không phải một thử nghiệm. Nó nói rằng một bài chấm theo sự sống sót thì không phát hiện được sự cứng đờ, và một bài đòi 100% thì không thể tuân thủ; nó không nói rằng các bài đã sửa tạo ra người chơi giỏi hơn. Đó là một câu hỏi thực nghiệm với thiết kế rê: hai nhóm, tám tuần, cùng một huấn luyện viên, chấm mù theo phiếu mục 18 và theo thời gian đổi hướng. Cho đến khi chạy được thử nghiệm đó, các sửa chữa có cơ sở tốt hơn bản gốc, chứ không phải đã được chứng minh.

Một cảnh báo nữa, và đây là điều quan trọng nhất với một huấn luyện viên đọc phần này: không sửa chữa nào làm bài tập khó chạy hơn. Chúng đổi một con số, thêm một điểm thả, và thêm một điểm số thứ hai. Lý do để làm không phải là sự chặt chẽ vì chính nó — mà là vì các tiêu chí gốc đang dạy người chơi đứng yên, và đứng yên là thứ duy nhất một cú đánh quần vợt không thể có.

Tài liệu tham khảo

Số trong ngoặc là mức bằng chứng của hồ sơ này.

1. Akutagawa, S., & Kojima, T. (2005). Trunk rotation torques through the hip joints during the one- and two-handed backhand tennis strokes. *Journal of Sports Sciences*, 23(8), 781–793. <https://doi.org/10.1080/02640410400021609> [B]
2. Bahamonde, R. E. (2000). Changes in angular momentum during the tennis serve. *Journal of Sports Sciences*, 18(8), 579–592. <https://doi.org/10.1080/02640410050082297> [B]
3. Bahamonde, R., & Knudson, D. (2001). Ground reaction forces and two types of stances and tennis serves. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(S1), S102. [B]
4. Bahamonde, R. E., & Knudson, D. (2003). Kinetics of the upper extremity in the open and square stance tennis forehand. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 6(1), 88–101. [https://doi.org/10.1016/S1440-2440\(03\)80012-9](https://doi.org/10.1016/S1440-2440(03)80012-9) [B]
5. Blanding, D. L. (1999). *Exact Constraint: Machine Design Using Kinematic Principles*. ASME Press. [Nên kỹ thuật cho §3.1]
6. Cross, R. (2011). A double pendulum model of tennis strokes. *American Journal of Physics*, 79(5), 470–476. <https://doi.org/10.1119/1.3556712> [B]
7. Day, B. L., Steiger, M. J., Thompson, P. D., & Marsden, C. D. (1993). Effect of vision and stance width on human body motion when standing. *Journal of Physiology*, 469, 479–499. [C]
8. Elliott, B. (2006). Biomechanics and tennis. *British Journal of Sports Medicine*, 40(5), 392–396. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2005.023150> [A, tổng quan]
9. Elliott, B., & Wood, G. (1983). The biomechanics of foot-up and foot-back tennis service techniques. *Australian Journal of Sports Sciences*, 3(2), 3–6. [B, thứ cấp]
10. Fourel, L., và cs. (2024). Force–time curve analysis of leg drive in the tennis serve. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 38(9), 1667–1674. [B]
11. Girard, O., Micallef, J.-P., & Millet, G. P. (2005). Lower-limb activity during the power serve in tennis: effects of performance level. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(6), 1021–1029. PMID 15947729 [A]
12. Hansen, C., Teulier, C., Micallef, J.-P., Millet, G. P., & Girard, O. (2024). How does prolonged tennis playing affect lower limb muscles' activity during first and second tennis serves? *European Journal of Sport Science*, 24(10), 1472–1479. <https://doi.org/10.1002/ejsc.12199> [B]
13. Hof, A. L., Gazendam, M. G. J., & Sinke, W. E. (2005). The condition for dynamic stability. *Journal of Biomechanics*, 38(1), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2004.03.025> [C, lý thuyết]
14. Kawamoto, Y., Iino, Y., Yoshioka, S., & Fukushima, S. (2019). Directionally compensated mechanical work provided by the shoulder leads to similar racket velocities during open and square stance forehand groundstrokes in tennis. *European Journal of Sport Science*, 19(7), 902–912. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1552720> [B]
15. Knudson, D., & Bahamonde, R. (1998). Kinematic analysis of the open and square stance tennis forehand. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(5), 29. [B, tóm tắt]
16. Knudson, D., & Blackwell, J. (2000). Trunk muscle activation in open stance and square stance tennis forehands. *International Journal of Sports Medicine*, 21(5), 321–324. <https://doi.org/10.1055/s-2000-3776> [B]
17. Kovacs, M., & Ellenbecker, T. (2011). An 8-stage model for evaluating the tennis serve. *Sports Health*, 3(6), 504–513. <https://doi.org/10.1177/1941738111414175> [C, tổng hợp]
18. Lambrich, J., & Muehlbauer, T. (2023). Effects of stance on ground reaction forces in tennis strokes. *PLoS ONE*, 18(8), e0290320. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0290320> [B, tổng hợp]
19. Martin, C., Kulpa, R., Delamarche, P., & Bideau, B. (2013). Professional tennis players' serve: correlation between segmental angular momentums and ball velocity. *Sports Biomechanics*, 12(1), 2–14. <https://doi.org/10.1080/14763141.2012.734321> [B]
20. Newton, O., Girard, O., Chin, A., & Reid, M. (2025). The hidden link in the kinematic chain: the influence of the tossing arm on head and serve kinematics in tennis. *European Journal of Sport Science*, 25(8), e70022. <https://doi.org/10.1002/ejsc.70022>

[B]

21. Page, R. L. (1969). Moments of inertia of the human body about a vertical axis. *Physics Education*, 4(4), 221–223. [Đã định vị; bị chặn truy cập; chưa trích được số — ghi nhận là khoảng trống]
22. Reid, M., Elliott, B., & Alderson, J. (2008). Lower-limb coordination and shoulder joint mechanics in the tennis serve. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(2), 308–315. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31815c6d61> [B]
23. Reid, M., Elliott, B., & Crespo, M. (2013). Mechanics and learning practices associated with the tennis forehand: a review. *Journal of Sports Science & Medicine*, 12(2), 225–231. [A, tổng quan]
24. Stępień, A., Bober, T., & Zawadzki, J. (2011). The kinematics of trunk and upper extremities in one-handed and two-handed backhand stroke. *Journal of Human Kinetics*, 30, 37–47. <https://doi.org/10.2478/v10078-011-0071-4> [B]
25. Wang, H.-S., và cs. (2021). Effects of backhand stroke styles on bone mineral content and density in postmenopausal recreational tennis players. *BMC Women's Health*, 21, 275. [B]
26. Winter, D. A. (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture*, 3(4), 193–214. [C, lý thuyết]

Nguồn kho tri thức được trích trong bài bằng mã bài (ART-xxx). Chúng mang **Mức D** xuyên suốt trừ khi có chỉ ra một nghiên cứu gốc, và các mâu thuẫn giữa chúng được ghi ở §8.

Tài liệu khung được kiểm toán: *Tri-Plane-Stability-Framework.md*; *3 points vs 4th stability.docx*; *Khung-On-Dinh-Ba-Diem-Tennis.pdf*; hình 1–4.

Phụ lục

Phụ lục A — Giả thiết mô hình

Tham số	Giá trị dùng	Cơ sở	Độ nhạy
Khối lượng cơ thể	75 kg	Nam trưởng thành tham chiếu	Tuyến tính với mọi I
Tỉ lệ khối lượng đoạn	Dempster/Winter	Nhân trắc chuẩn	$\pm 5\%$ đối I $\pm 5\%$
Bán kính thân	0,14 m ngang, 0,09 m trước-sau	Ước lượng	Số hạng chi phối I thân
Bán kính tay khi thu	0,09–0,11 m	Ước lượng giải phẫu	Nhỏ
Bán kính tay khi duỗi	0,44–0,55 m	Ước lượng giải phẫu	Lớn — chi phối tỉ lệ 2,1 lần
Bề rộng đế trong mô hình I	0,30 m	Giữa dải	I chân là số hạng thiếu số
Chiều cao khối tâm	0,95 m	Tư thế thể thao	$\omega_0 \sim \sqrt{(1/I)}$; ± 10 cm đối ω_0 5%
Vận tốc ngang	0,1–0,8 m/s	Dải hợp lý	Tuyến tính với XcoM
Hệ số ma sát	0,8	Sân cứng, giày tennis	$\pm 0,2$ đối mô-men neo $\pm 25\%$
Độ cứng dọc chân	20 N/mm	Bậc độ lớn từ y văn nhảy	Tuyến tính
Đòn bẩy vọt	0,34 m	Nửa chiều dài vọt chuẩn	Tuyến tính trong hàm arctan
Hệ số ghép hướng bóng	0,6 × độ nghiêng	Xấp xỉ thực nghiệm, không phải số đo	Bất định lớn nhất ở §6.4

Mô hình dùng được cho: lập luận bậc độ lớn, tỉ lệ, và xác định số hạng nào chi phối. **Không dùng được cho:** kê một phân bố tải, một góc thu tay, hay một góc mặt phẳng cụ thể cho một VĐV cụ thể.

Phụ lục B — Tổng hợp tính toán

Đại lượng	Giá trị
ω_0	3,21 rad/s
XcoM lệch ở 0,5 m/s	15,6 cm
Bề rộng đế biên bằng 0 ở 0,5 m/s	31,1 cm
I (hai tay thu)	0,837 kg·m ²
I (một tay duỗi)	1,306 kg·m ²
I (hai tay duỗi)	1,776 kg·m ²
Tỉ lệ duỗi : thu	2,12
Mức tăng ω dự đoán, thu một tay (L không đổi)	+56,1%
Ước lượng I thân (45% tổng)	0,377 kg·m ²
Mô-men để đạt 800°/s trong 180 ms	29,2 N·m
Mô-men neo, 30% BW ở 0,35 m, $\mu=0,8$	61,8 N·m
Độ nghiêng mặt vọt từ 20 mm sai số tay	3,37°
Lệch ở 18 m từ 20 mm sai số tay	0,63 m
Nén trước từ 20 mm gõ ghe, $k=20$ N/mm	400 N (0,54 BW)

Phụ lục C — Thuật ngữ song ngữ (VI–EN)

Tiếng Việt	English	Ghi chú
đế đỡ / đa giác đế đỡ	base of support	Thuật ngữ của bản PDF gốc
đa giác tựa	support polygon	Phân biệt với đế đỡ khi cần chính xác
biên độ ổn định	margin of stability	Chưa chuẩn hóa trong tiếng Việt; định nghĩa ở lần dùng đầu
khối tâm / trọng tâm	centre of mass / centre of gravity	"Trọng tâm" là thuật ngữ huấn luyện phổ biến
tâm áp lực	centre of pressure	
phản lực mặt đất (GRF)	ground reaction force	
thừa ràng buộc	overconstraint	Thuật ngữ của bản PDF gốc — giữ nguyên
ràng buộc chính xác	exact constraint	Thuật ngữ mới của khung này
chuỗi mở / chuỗi kín	open chain / closed chain	
mô-men quán tính	moment of inertia	
mô-men động lượng	angular momentum	
mặt phẳng vung vợt	swing plane	Thuật ngữ của bản PDF gốc
đơn lực vào một chân trụ	single-fulcrum loading	Thuật ngữ của bản PDF gốc
bù đắp bằng đế rộng	wide-base compensation	Thuật ngữ của bản PDF gốc
thu tay sát người	proximal tuck	Thuật ngữ của bản PDF gốc
góc tách vai–hông	shoulder–pelvis separation	
chuỗi động học	kinetic chain	
trọng số nhiệm vụ (λ)	task weight	Thuật ngữ mới của hồ sơ này

Phụ lục D — Danh mục hình

Hình	Nội dung	Mục
1	Nguyên lý thu tay — giao bóng và forehand (nguồn)	§7.4
2	Một chân chịu lực, mặt phẳng vung nghiêng (nguồn)	§7.1
3	Đế hẹp so với đế rộng (nguồn)	§7.2
4	Ba điểm so với bốn điểm (nguồn)	§3.1
5	Thừa ràng buộc: cập kênh cứng so với nén trước đàn hồi	§3.2
6a	Tô-pô tiếp xúc: chuỗi mở, chuỗi kín, bốn điểm	§4.3
6b	Hai tay cho một đường; ba điểm cho một mặt phẳng	§3.3
7	Biên độ ổn định theo bề rộng đế	§6.1
8	Mô-men quán tính toàn thân theo cấu hình tay	§6.2
9	Khuếch đại sai số mặt phẳng	§6.4

Hết hồ sơ. Bản tiếng Anh: `Tri-Plane-Stability-Deep-Research-EN.md`.