

Tổng quan

THỜI ĐIỂM TẬP LUYỆN TRONG NGÀY, NHỊP SINH HỌC VÀ CÁC ĐÁP ỨNG SINH LÝ: Ý NGHĨA TRONG CHĂM SÓC SỨC KHỎE CÁ THỂ HÓA

Nguyễn Ảnh Sang¹, Trần Quốc Doanh^{1*}

1. Bệnh viện Quân y 175, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

* Tác giả liên hệ: Trần Quốc Doanh ✉ drtranquocdoanh@gmail.com

TÓM TẮT: Hoạt động thể chất đóng vai trò quan trọng trong việc duy trì sức khỏe, tuy nhiên, các khuyến cáo hiện nay chủ yếu tập trung vào cường độ và thời lượng tập luyện, trong khi thời điểm tập luyện trong ngày chưa được xem xét đầy đủ. Các bằng chứng gần đây cho thấy nhịp sinh học có thể ảnh hưởng đáng kể đến đáp ứng sinh lý đối với tập luyện. Tổng quan tường thuật các nghiên cứu từ PubMed trong giai đoạn 1996–2026. Các nghiên cứu bao gồm nghiên cứu thực nghiệm, quan sát, tổng quan hệ thống và phân tích gộp được lựa chọn. Hiệu suất vận động, đặc biệt là sức mạnh và sức bền, đạt mức cao nhất vào buổi chiều hoặc đầu buổi tối. Ngược lại, tập luyện vào buổi sáng, đặc biệt trong trạng thái nhịn ăn, có thể cải thiện chuyển hóa lipid và độ nhạy insulin, trong khi tập luyện buổi tối có thể hỗ trợ kiểm soát đường huyết. Kiểu nhịp sinh học cá thể đóng vai trò quan trọng trong điều hòa các đáp ứng này. Không tồn tại thời điểm tập luyện tối ưu chung cho mọi đối tượng. Việc cá thể hóa thời điểm tập luyện dựa trên nhịp sinh học có thể giúp tối ưu hóa hiệu quả can thiệp. Cần có thêm các nghiên cứu dài hạn để xây dựng khuyến cáo thực hành có giá trị.

Từ khóa: thời điểm tập luyện; kiểu nhịp sinh học; chuyển hóa; giấc ngủ; hiệu suất vận động

EXERCISE TIMING, CIRCADIAN BIOLOGY, AND PHYSIOLOGICAL ADAPTATION: IMPLICATIONS FOR PERSONALIZED HEALTH STRATEGIES

Nguyen Anh Sang, Tran Quoc Doanh

ABSTRACT: Exercise is a cornerstone of health promotion, yet current guidelines primarily emphasize frequency, intensity, and duration, with limited attention to the timing of exercise. Emerging evidence suggests that physiological responses to exercise are modulated by circadian rhythms, potentially influencing performance, metabolic outcomes, and sleep quality. A narrative review was conducted using studies retrieved from PubMed, covering the period from 1996 to 2026. A total of relevant studies, including experimental studies, observational studies, systematic reviews, and meta-analyses, were included. Physical performance, particularly muscle strength and endurance, tends to peak in the afternoon or early evening, corresponding with higher core body temperature and optimal neuromuscular function. In contrast, morning exercise, especially in the fasted state, may enhance fat oxidation and insulin sensitivity, while evening exercise may improve postprandial glycemic control. Importantly, chronotype significantly influences these responses. There is no universal optimal time for exercise. Instead, aligning exercise timing with individual circadian characteristics may optimize physiological benefits. Future research should focus on long-term, stratified interventions to establish personalized exercise timing recommendations.

Keywords: exercise timing; chronotype; metabolism; sleep; physical performance

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hoạt động thể chất được xem là một trong những yếu tố nền tảng trong việc duy trì sức khỏe và phòng ngừa bệnh tật, với vai trò rõ rệt trong việc cải thiện chức năng tim mạch, chuyển hóa và sức khỏe tâm thần. Các khuyến cáo hiện hành chủ yếu tập trung vào cường độ, tần suất và thời lượng tập luyện, trong khi yếu tố thời điểm tập luyện trong ngày vẫn chưa được xem xét đầy đủ trong các hướng dẫn lâm sàng và y tế công cộng. Tuy nhiên, ngày càng có nhiều bằng chứng cho thấy hiệu quả của hoạt động thể chất không chỉ phụ thuộc vào khối lượng vận động mà còn chịu ảnh hưởng bởi thời điểm thực hiện trong ngày, gợi ý vai trò quan trọng của nhịp sinh học trong điều hòa đáp ứng sinh lý đối với tập luyện [1],[2].

Nhịp sinh học nội tại của cơ thể, được điều hòa bởi hệ thống đồng hồ sinh học trung ương và các đồng hồ ngoại vi tại cơ xương, gan và các mô chuyển hóa, kiểm soát nhiều quá trình sinh lý như bài tiết hormone, chuyển hóa năng lượng và chức năng thần kinh cơ theo chu kỳ ngày–đêm [3],[4]. Các yếu tố sinh lý này có sự dao động theo thời gian, dẫn đến những khác biệt đáng kể về hiệu suất vận động và khả năng thích nghi với tập luyện. Nhiều nghiên cứu cho thấy sức mạnh cơ và hiệu suất vận động có xu hướng đạt mức cao hơn vào buổi chiều hoặc đầu buổi tối, trong khi một số lợi ích chuyển hóa, đặc biệt liên quan đến kiểm soát glucose và độ nhạy insulin, có thể rõ rệt hơn khi tập luyện vào buổi sáng hoặc trong trạng thái nhịn ăn [5],[6],[7]. Tuy nhiên, các kết quả này chưa đồng nhất giữa các nghiên cứu, cho thấy sự phức tạp trong mối liên hệ giữa thời điểm tập luyện và đáp ứng sinh lý.

Mặc dù đã có nhiều nghiên cứu đề cập đến ảnh hưởng của thời điểm tập luyện, vẫn tồn tại những khoảng trống đáng kể trong hiểu biết hiện tại. Cụ thể, thiếu các nghiên cứu can thiệp dài hạn có phân tầng theo kiểu nhịp sinh học cá thể, thiếu kiểm soát các yếu tố gây nhiễu như giấc ngủ và thời điểm ăn uống, cũng như chưa có mô hình tích hợp nhằm hướng dẫn cá thể hóa thời điểm tập luyện. Trong bối cảnh y học hiện đại đang chuyển dịch theo hướng cá thể hóa, việc xác định thời điểm tập luyện tối ưu dựa trên đặc điểm nhịp sinh học cá thể được xem là một chiến lược tiềm năng, có thể nâng cao hiệu quả can thiệp mà không làm tăng chi phí [8],[9].

Do đó, bài báo này nhằm tổng hợp và phân tích các bằng chứng hiện có về ảnh hưởng của thời điểm tập luyện trong ngày đối với hiệu suất vận động, chuyển hóa và giấc ngủ, đồng thời đánh giá vai trò của đặc điểm nhịp sinh học cá thể trong điều hòa các đáp ứng này. Trên cơ sở đó, nghiên cứu hướng đến việc đề xuất cách tiếp cận cá thể hóa thời điểm tập luyện nhằm tối ưu hóa hiệu quả đối với sức khỏe và hiệu suất vận động trong thực hành lâm sàng và cộng đồng.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Thiết kế nghiên cứu

Nghiên cứu này được thực hiện dưới dạng tổng quan tương tự thuật có cấu trúc, nhằm phân tích các bằng chứng hiện có về ảnh hưởng của thời điểm tập luyện trong ngày đối với hiệu suất vận động, đáp ứng chuyển hóa và sức khỏe tổng thể, đồng thời làm rõ vai trò của đặc điểm nhịp sinh học cá thể trong điều hòa các đáp ứng này.

2.2. Tìm kiếm tài liệu

Nguồn dữ liệu được thu thập từ PubMed. Các bài báo được công bố đến tháng 03 năm 2026. Chiến lược tìm kiếm được xây dựng dựa trên sự kết hợp của các từ khóa liên quan đến chủ đề nghiên cứu, bao gồm "exercise timing", "time of day exercise", "timed exercise", "morning exercise", "evening exercise", "circadian rhythm", "circadian biology", "chronobiology", "chronotype", "metabolism", "insulin sensitivity", "glucose control", "physical performance", "muscle strength", "sleep", "sleep quality", "personalized exercise", "precision medicine", "individualized exercise".

2.3. Lựa chọn nghiên cứu

Bảng 1. Đặc điểm sinh lý và các đáp ứng liên quan đến thời điểm tập luyện trong ngày

Thời điểm trong ngày	Đặc điểm sinh lý nổi bật	Hiệu quả vận động	Ảnh hưởng chuyển hóa	Ảnh hưởng giấc ngủ	Đối tượng phù hợp
Sáng sớm (6h–9h)	Cortisol tăng cao, nhiệt độ cơ thể còn thấp [13],[14]	Hiệu suất có thể thấp hơn so với buổi chiều [5],[15]	Có thể tăng oxy hóa lipid và cải thiện độ nhạy insulin, đặc biệt trong trạng thái nhịn ăn [7],[8]	Có thể hỗ trợ đồng bộ nhịp sinh học và cải thiện chất lượng giấc ngủ [16]	Phù hợp với mục tiêu giảm cân hoặc cải thiện chuyển hóa
Cuối sáng (9h–12h)	Trạng thái sinh lý tương đối ổn định [2]	Hiệu suất ở mức trung bình [5]	Chuyển hóa tương đối ổn định [1]	Ít ảnh hưởng đến giấc ngủ [16]	Phù hợp với người mới bắt đầu tập luyện
Đầu chiều (12h–15h)	Nhiệt độ cơ thể tăng dần [5]	Hiệu suất có xu hướng cải thiện [10]	Có thể tăng hiệu quả sử dụng năng lượng [1]	Ảnh hưởng trung tính	Phù hợp duy trì hoạt động thể lực
Chiều (15h–18h)	Nhiệt độ cơ thể và chức năng thần kinh cơ đạt mức tối ưu [6],[14]	Hiệu suất sức mạnh và sức bền thường đạt mức cao [10],[17]	Có thể cải thiện đáp ứng chuyển hóa [4]	Ít ảnh hưởng nếu không tập quá muộn [18]	Phù hợp với vận động viên hoặc tập cường độ cao
Tối (18h–21h)	Hiệu suất vận động vẫn duy trì ở mức cao [14]	Hiệu suất cao vẫn có thể được duy trì [10]	Có thể hỗ trợ kiểm soát glucose sau ăn [11],[12]	Tập cường độ cao sát giờ ngủ có thể ảnh hưởng giấc ngủ ở một số cá thể [18]	Có thể phù hợp với người đái tháo đường týp 2
Muộn (>21h)	Tăng hoạt hóa thần kinh giao cảm và có thể ức chế tiết melatonin [14],[18]	Bằng chứng về lợi ích hiệu suất còn hạn chế	Chưa có bằng chứng rõ ràng về lợi ích chuyển hóa	Có thể làm chậm khởi phát giấc ngủ, đặc biệt khi tập cường độ cao [18]	Không khuyến nghị tập cường độ cao sát giờ ngủ ở đa số đối tượng

Các nghiên cứu được chọn: (1) các nghiên cứu gốc, tổng quan hệ thống hoặc phân tích gộp có liên quan trực tiếp đến ảnh hưởng của thời điểm tập luyện trong ngày; (2) các nghiên cứu đánh giá mối liên quan giữa nhịp sinh học hoặc kiểu nhịp sinh học cá thể với hiệu suất vận động, đáp ứng chuyển hóa hoặc giấc ngủ; (3) các nghiên cứu được công bố trên các tạp chí khoa học có bình duyệt.

Các nghiên cứu sẽ bị loại trừ: (1) các nghiên cứu không liên quan trực tiếp đến thời điểm tập luyện hoặc nhịp sinh học; (2) các báo cáo ca lâm sàng đơn lẻ, ý kiến chuyên gia không có dữ liệu hỗ trợ; (3) các bài báo không có toàn văn hoặc không đủ thông tin để phân tích.

Tổng cộng 47 bài báo được tìm thấy sau quá trình tìm kiếm ban đầu. Sau khi loại bỏ các bài trùng lặp và không phù hợp, 20 bài báo được lựa chọn vào bản luận trong bài tổng quan này.

3. BÀN LUẬN

Kết quả tổng hợp từ các nghiên cứu hiện có cho thấy thời điểm tập luyện trong ngày là một yếu tố có ảnh hưởng đáng kể đến hiệu suất vận động, đáp ứng chuyển hóa và chất lượng giấc ngủ. Các bằng chứng vẫn chưa đạt được sự thống nhất, với sự khác biệt giữa các nghiên cứu về thời điểm tối ưu cho từng mục tiêu sinh lý. Điều này có thể được

lý giải bởi sự tương tác phức tạp giữa nhịp sinh học nội tại, đặc điểm cá thể và các yếu tố môi trường, thay vì phản ánh sự mâu thuẫn thực sự về cơ chế sinh lý học [1],[2].

Bảng 1 tổng hợp các đặc điểm sinh lý và đáp ứng chức năng theo thời điểm tập luyện trong ngày dựa trên các bằng chứng hiện có. Các kết quả cho thấy sự khác biệt rõ rệt giữa các khoảng thời gian, với hiệu suất vận động đạt đỉnh vào buổi chiều [5],[6],[10], trong khi các lợi ích chuyển hóa có thể rõ rệt hơn vào buổi sáng và buổi tối [7],[11],[12].

Các khoảng thời gian trên mang tính tương đối và được diễn giải trong bối cảnh đặc điểm nhịp sinh học cá thể, tình trạng sức khỏe, thói quen ngủ và mục tiêu tập luyện của từng đối tượng [19],[20].

Hiệu suất vận động có xu hướng đạt mức cao hơn vào buổi chiều hoặc đầu buổi tối, đặc biệt đối với các hoạt động đòi hỏi sức mạnh và công suất cao. Điều này phù hợp với các nghiên cứu cho thấy sự gia tăng nhiệt độ cơ thể, cải thiện chức năng thần kinh cơ và tối ưu hóa các quá trình sinh lý vào thời điểm này trong ngày [5],[6],[17]. Tuy nhiên, lợi thế về hiệu suất này không phải là tuyệt đối và có thể thay đổi tùy theo đặc điểm nhịp sinh học cá thể. Các nghiên cứu về kiểu nhịp sinh học cho thấy những người có xu hướng hoạt động buổi tối thường đạt hiệu suất cao hơn vào cuối ngày, trong khi nhóm hoạt động buổi sáng có thể duy trì hiệu suất ổn định hơn vào đầu ngày [20],[21]. Điều này nhấn mạnh rằng hiệu quả của tập luyện không chỉ phụ thuộc vào thời điểm tuyệt đối trong ngày mà còn phụ thuộc vào sự phù hợp với nhịp sinh học của từng cá thể.

Đối với chuyển hóa, các bằng chứng cho thấy tập luyện vào buổi sáng, đặc biệt trong trạng thái chưa ăn, có thể thúc đẩy quá trình sử dụng chất béo và cải thiện độ nhạy insulin [7]. Ngược lại, tập luyện vào buổi chiều hoặc tối có thể mang lại lợi ích rõ rệt hơn trong kiểm soát đường huyết sau ăn, đặc biệt ở những đối tượng có rối loạn chuyển hóa [11],[12]. Những kết quả này gợi ý rằng thời điểm tập luyện có thể được điều chỉnh tùy theo mục tiêu can thiệp, chẳng hạn như giảm cân, cải thiện chuyển hóa hoặc kiểm soát bệnh lý mạn tính. Tuy nhiên, sự khác biệt giữa các nghiên cứu cũng cho thấy cần thận trọng trong việc khái quát hóa các kết luận, đặc biệt khi chưa kiểm soát đầy đủ các yếu tố gây nhiễu như chế độ ăn, giấc ngủ và mức độ hoạt động thể lực nền.

Một điểm đáng chú ý khác là mối liên hệ giữa thời điểm tập luyện và chất lượng giấc ngủ. Các nghiên cứu cho thấy hoạt động thể chất có thể cải thiện giấc ngủ, nhưng tác động này phụ thuộc vào thời điểm và cường độ tập luyện [16]. Tập luyện vào buổi sáng hoặc đầu buổi chiều thường có lợi cho việc điều hòa giấc ngủ, trong khi tập luyện cường độ cao vào buổi tối muộn có thể ảnh hưởng đến quá trình đi vào giấc ngủ ở một số cá thể [18].

Một điểm quan trọng được ghi nhận là vai trò của nhịp sinh học cá thể trong điều hòa đáp ứng với thời điểm tập luyện. Các nghiên cứu cho thấy sự phù hợp giữa thời điểm tập luyện và kiểu nhịp sinh học có thể tối ưu hóa hiệu suất và đáp ứng sinh lý [20],[21]. Những người có xu hướng hoạt động buổi sáng thường đạt hiệu quả tốt hơn khi tập luyện vào đầu ngày, trong khi nhóm hoạt động buổi tối có xu hướng đạt hiệu suất cao hơn vào buổi chiều hoặc tối. Ngược lại, sự không đồng bộ giữa thời điểm tập luyện và nhịp sinh học cá thể có thể làm giảm hiệu quả vận động và ảnh hưởng đến quá trình hồi phục.

Ngoài ra, một số nghiên cứu đã bước đầu làm rõ vai trò của các cơ chế sinh học phân tử trong mối liên hệ giữa thời điểm tập luyện và đáp ứng sinh lý. Các gene liên quan đến nhịp sinh học và chuyển hóa năng lượng được ghi nhận có vai trò trong điều hòa thích nghi của cơ xương đối với hoạt động thể chất theo từng thời điểm trong ngày [4],[22]. Tuy nhiên, bằng chứng hiện tại còn hạn chế và chưa đủ để xác định rõ các cơ chế tác động cụ thể.

Mặc dù đã có nhiều tiến bộ trong nghiên cứu, vẫn có một số hạn chế. Thứ nhất, đây là tổng quan tương tự nên không thực hiện đánh giá định lượng chất lượng bằng chứng hoặc phân tích gộp dữ liệu. Thứ hai, các nghiên cứu được tổng hợp có sự khác biệt đáng kể về đối tượng nghiên cứu, loại hình vận động, cường độ tập luyện, thời gian can thiệp, thời điểm ăn uống và đặc điểm giấc ngủ, điều này có thể ảnh hưởng đến tính đồng nhất của kết luận. Thứ ba, phần lớn các nghiên cứu hiện có có thời gian theo dõi ngắn và chưa phân tầng đầy đủ theo kiểu nhịp sinh học cá thể. Cuối cùng, khả năng tồn

tại sai lệch công bố và các yếu tố gây nhiễu chưa được kiểm soát hoàn toàn trong các nghiên cứu gốc cũng cần được cân nhắc khi diễn giải kết quả.

Từ góc độ ứng dụng, các kết quả của tổng quan này gợi ý rằng việc cá thể hóa thời điểm tập luyện dựa trên đặc điểm nhịp sinh học có thể là một chiến lược tiềm năng nhằm tối ưu hóa hiệu quả của hoạt động thể chất. Cách tiếp cận này có thể đặc biệt hữu ích trong quản lý các bệnh lý mạn tính như đái tháo đường típ 2, cũng như trong việc nâng cao hiệu suất thể thao và cải thiện chất lượng giấc ngủ. Tuy nhiên, để triển khai trong thực hành lâm sàng và cộng đồng, cần có thêm các nghiên cứu can thiệp dài hạn và phân tầng theo đặc điểm cá thể.

4. KẾT LUẬN

Thời điểm tập luyện trong ngày có ảnh hưởng đáng kể đến hiệu suất vận động, đáp ứng chuyển hóa và chất lượng giấc ngủ. Tuy nhiên, không tồn tại một thời điểm tối ưu chung cho mọi đối tượng. Các bằng chứng hiện có cho thấy hiệu suất vận động đạt đỉnh vào buổi chiều, trong khi lợi ích chuyển hóa có thể rõ rệt hơn khi tập luyện vào buổi sáng hoặc buổi tối, tùy theo mục tiêu can thiệp. Đặc biệt, kiểu nhịp sinh học cá thể đóng vai trò trung tâm trong điều hòa các đáp ứng này, nhấn mạnh nhu cầu cá thể hóa thời điểm tập luyện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bennett S, Sato S. Enhancing the metabolic benefits of exercise: Is timing the key? *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2023;14:987208. Epub 20230215. doi: 10.3389/fendo.2023.987208. PubMed PMID: 36875451; PubMed Central PMCID: PMC9974656.
- [2] Wolff CA, Esser KA. Exercise Timing and Circadian Rhythms. *Curr Opin Physiol*. 2019;10:64-9. Epub 20190427. doi: 10.1016/j.cophys.2019.04.020. PubMed PMID: 31938759; PubMed Central PMCID: PMC6959205.
- [3] Roenneberg T, Kuehnel T, Juda M, Kantermann T, Allebrandt K, Gordijn M, et al. Epidemiology of the human circadian clock. *Sleep Med Rev*. 2007;11(6):429-38. Epub 20071101. doi: 10.1016/j.smrv.2007.07.005. PubMed PMID: 17936039.
- [4] Gabriel B, Zierath J. Circadian rhythms and exercise — re-setting the clock in metabolic disease. *Nature Reviews Endocrinology*. 2019;15. doi: 10.1038/s41574-018-0150-x.
- [5] Atkinson G, Reilly T. Circadian variation in sports performance. *Sports Med*. 1996;21(4):292-312. doi: 10.2165/00007256-199621040-00005. PubMed PMID: 8726347.
- [6] Chtourou H, Souissi N. The effect of training at a specific time of day: a review. *J Strength Cond Res*. 2012;26(7):1984-2005. doi: 10.1519/JSC.0b013e31825770a7. PubMed PMID: 22531613.
- [7] Van Proeyen K, Szulc K, Nielens H, Pelgrim K, Deldicque L, Hesselink M, et al. Training in the fasted state improves glucose tolerance during fat-rich diet. *J Physiol*. 2010;588(Pt 21):4289-302. doi: 10.1113/jphysiol.2010.196493. PubMed PMID: 20837645; PubMed Central PMCID: PMC3002457.
- [8] Martínez-Montoro JI, Benítez-Porres J, Tinahones FJ, Ortega-Gómez A, Murri M. Effects of exercise timing on metabolic health. *Obes Rev*. 2023;24(10):e13599. Epub 20230707. doi: 10.1111/obr.13599. PubMed PMID: 37416977.
- [9] Schmidt Kjølnær Hansen S, Zierath JR, Wallberg-Henriksson H. Exercise timing and circadian regulation of metabolism in type 2 diabetes. *Trends Endocrinol Metab*. 2026. Epub 20260319. doi: 10.1016/j.tem.2026.01.015. PubMed PMID: 41862320.
- [10] Grgic J, Lazinica B, Garofolini A, Schoenfeld BJ, Saner NJ, Mikulic P. The effects of time of day-specific resistance training on adaptations in skeletal muscle hypertrophy and muscle strength: A systematic review and meta-analysis. *Chronobiol Int*. 2019;36(4):449-60. Epub 20190131. doi: 10.1080/07420528.2019.1567524. PubMed PMID: 30704301.
- [11] Teo SYM, Kanaley JA, Guelfi KJ, Marston KJ, Fairchild TJ. The Effect of Exercise Timing on Glycemic Control: A Randomized Clinical Trial. *Med Sci Sports Exerc*. 2020;52(2):323-34. doi: 10.1249/mss.0000000000002139. PubMed PMID: 31479004.
- [12] Munan M, Dyck RA, Houlder S, Yardley JE, Prado CM, Snyder G, et al. Does Exercise Timing Affect 24-Hour Glucose Concentrations in Adults With Type 2 Diabetes? A Follow Up to the Exer-

- cise-Physical Activity and Diabetes Glucose Monitoring Study. *Can J Diabetes*. 2020;44(8):711-8. e1. Epub 20200602. doi: 10.1016/j.jcjd.2020.05.012. PubMed PMID: 32878737.
- [13] Schroder EA, Esser KA. Circadian rhythms, skeletal muscle molecular clocks, and exercise. *Exerc Sport Sci Rev*. 2013;41(4):224-9. doi: 10.1097/JES.0b013e3182a58a70. PubMed PMID: 23917214; PubMed Central PMCID: PMC3866019.
- [14] De Nys L, Anderson K, Ofosu EF, Ryde GC, Connelly J, Whittaker AC. The effects of physical activity on cortisol and sleep: A systematic review and meta-analysis. *Psychoneuroendocrinology*. 2022;143:105843. Epub 20220624. doi: 10.1016/j.psyneuen.2022.105843. PubMed PMID: 35777076.
- [15] Douglas CM, Hesketh SJ, Esser KA. Time of Day and Muscle Strength: A Circadian Output? *Physiology (Bethesda)*. 2021;36(1):44-51. doi: 10.1152/physiol.00030.2020. PubMed PMID: 33325817; PubMed Central PMCID: PMC8425416.
- [16] Kredlow MA, Capozzoli MC, Hearon BA, Calkins AW, Otto MW. The effects of physical activity on sleep: a meta-analytic review. *J Behav Med*. 2015;38(3):427-49. Epub 20150118. doi: 10.1007/s10865-015-9617-6. PubMed PMID: 25596964.
- [17] Kang J, Ratamess NA, Faigenbaum AD, Bush JA, Finnerty C, DiFiore M, et al. Time-of-Day Effects of Exercise on Cardiorespiratory Responses and Endurance Performance-A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Strength Cond Res*. 2023;37(10):2080-90. Epub 20230405. doi: 10.1519/jsc.0000000000004497. PubMed PMID: 37026733.
- [18] Stutz J, Eiholzer R, Spengler CM. Effects of Evening Exercise on Sleep in Healthy Participants: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med*. 2019;49(2):269-87. doi: 10.1007/s40279-018-1015-0. PubMed PMID: 30374942.
- [19] Adan A, Archer SN, Hidalgo MP, Di Milia L, Natale V, Randler C. Circadian typology: a comprehensive review. *Chronobiol Int*. 2012;29(9):1153-75. Epub 20120924. doi: 10.3109/07420528.2012.719971. PubMed PMID: 23004349.
- [20] Vitale JA, Weydahl A. Chronotype, Physical Activity, and Sport Performance: A Systematic Review. *Sports Med*. 2017;47(9):1859-68. doi: 10.1007/s40279-017-0741-z. PubMed PMID: 28493061.
- [21] Facer-Childs E, Brandstaetter R. The impact of circadian phenotype and time since awakening on diurnal performance in athletes. *Curr Biol*. 2015;25(4):518-22. Epub 20150129. doi: 10.1016/j.cub.2014.12.036. PubMed PMID: 25639241.
- [22] Dyar KA, Ciciliot S, Wright LE, Biensø RS, Tagliazucchi GM, Patel VR, et al. Muscle insulin sensitivity and glucose metabolism are controlled by the intrinsic muscle clock. *Mol Metab*. 2014;3(1):29-41. Epub 20131023. doi: 10.1016/j.molmet.2013.10.005. PubMed PMID: 24567902; PubMed Central PMCID: PMC3929910.