BIÓPSIA MUSCULAR EM EQUINOS COMO FERRAMENTA PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO ESPORTIVO

Evelyn Freitas Penitente, Luiza Volkers Silva, Bianca Rodrigues de Figueiredo, Juliara Coutinho Gonçalves Chaves, Gabrielly de Oliveira Pereira, Carla Soares Rodrigues, Felipe Berbari Neto.

Universidade Federal do Espírito Santo/Departamento de Medicina Veterinária, Alto Universitário, S/N, Guararema- 29500-000 - Alegre-ES, Brasil, eve.penitente@hotmail.com, luizavolkers@gmail.com, biancar.figueiredo07@gmail.com, chavesjuliara2@gmail.com, GabriellyOliveira.p002@gmail.com, carlasr2011@live.com, Berbarineto@hotmail.com.

Resumo

Os equinos são amplamente utilizados em diversas modalidades esportivas, que apresentam diferentes níveis de intensidade e duração, resultando no recrutamento de distintos tipos de fibras musculares e vias metabólicas. Nesse sentido, compreender a participação das fibras e suas características oxidativas e glicolíticas é relevante para avaliar a aptidão dos animais frente às exigências de cada modalidade. A biópsia muscular constitui uma ferramenta potencial para caracterizar essas particularidades, contribuindo para a avaliação individual, a seleção de animais conforme sua aptidão e o direcionamento do treinamento. Assim, esta revisão tem como objetivo analisar a relação entre os tipos de fibras musculares, as demandas metabólicas das diferentes atividades esportivas e o desempenho atlético de equinos, considerando também as adaptações promovidas pelo treinamento. Conclui-se que a análise das características musculares por meio da biópsia pode fornecer informações relevantes sobre a capacidade atlética e a resposta ao treinamento, embora deva ser utilizada como ferramenta complementar à avaliação do animal.

Palavras-chave: Biópsia muscular; equinos, esporte, fibras musculares, treinamento.

Área do Conhecimento: Ciências da Saúde, Medicina Veterinária.

Introdução

O desempenho esportivo em equinos está relacionado à capacidade de executar atividades de acordo com as exigências específicas de cada modalidade, sendo influenciado por fatores genéticos, fisiológicos, anatômicos, metabólicos e ambientais, incluindo composição corporal, capacidade cardiorrespiratória, metabolismo energético, composição das fibras musculares, treinamento, manejo e nutrição (Mckenzie, 2017; Reed, 2022; Rivero; Hill, 2016). Modalidades como enduro, corrida, salto e adestramento apresentam diferentes níveis de intensidade e duração, exigindo distintas capacidades de força, resistência e velocidade e, consequentemente, diferentes respostas fisiológicas e biomecânicas (Rivero, 2007; Reed, 2022; Mckenzie, 2017). Nesse contexto, o sistema musculoesquelético possui papel central no desempenho, e a composição das fibras musculares influencia a resposta às demandas esportivas. As fibras tipo I apresentam contração lenta, maior capacidade oxidativa e resistência à fadiga; as IIA possuem contração rápida e capacidade oxidativa intermediária/alta; e as IIX são mais rápidas e apresentam maior participação do metabolismo anaeróbico (Lopez-Rivero *et al*., 1991; Rivero *et al*., 1993). Além da composição das fibras, parâmetros como atividade da citrato sintase (CS), 3-hidroxiacil-CoA-desidrogenase (HAD), lactato desidrogenase (LDH), área de secção transversal e capilarização permitem caracterizar aspectos oxidativos, anaeróbicos, estruturais e funcionais do tecido muscular (Rivero *et al*., 1995; Rivero; Henckel, 1996; Rivero, 1996; Serrano; Quiroz-Rothe; Rivero, 2000).

A biópsia muscular, realizada principalmente no glúteo médio por técnica percutânea com agulha de Bergström, possibilita a avaliação desses parâmetros, considerando que a distribuição das fibras e a capilarização podem variar conforme a profundidade da amostra (Rivero *et al*., 1993; Rivero, 1996; Padilha *et al*., 2008). Em equinos atletas, maior proporção e desenvolvimento das fibras I e IIA foram

associados ao melhor desempenho em provas de resistência, enquanto características metabólicas e capilares também se relacionam à condição de treinamento (Rivero *et al*., 1993; Rivero; Henckel, 1996). Além disso, diferenças na composição das fibras entre raças indicam que determinadas características musculares podem ser inerentes ao animal, e não exclusivamente decorrentes do treinamento (Valberg *et al*., 2022). Dessa forma, a biópsia muscular permite caracterizar o perfil estrutural e metabólico do músculo e pode contribuir para a avaliação individual, o acompanhamento das adaptações ao treinamento e a compreensão das bases musculares relacionadas ao desempenho atlético. Assim, esta revisão tem como objetivo analisar a biópsia muscular em equinos, enfatizando as principais informações obtidas por meio da técnica e sua aplicabilidade na avaliação do desempenho atlético desses animais.

Metodologia

A condução desta revisão de literatura, fundamentou-se na identificação, seleção, análise, extração de dados e síntese das principais evidências científicas acerca de biópsia muscular em equinos, e de que maneira ela pode se comportar como uma ferramenta para a avaliação do desempenho esportivo e principais quais informações podem ser obtidas através dela, com enfoque especial a caracterização das fibras musculares e seu perfil metabólico. Para esta revisão, foram realizadas buscas bibliográficas em sites como PubMed, Web of Science, MDPI, Scopus, ScienceDirect e SciElo, sem restrições de idioma, e utilizando as palavras chaves biópsia muscular, equinos, desempenho atlético e fibra muscular. Para a presente revisão, foi feita a seleção de 15 artigos, que foram publicados entre os anos de 1991 a 2022. A grande amplitude do período de publicação dos artigos utilizados, deve-se à existência de estudos clássicos sobre o tema, que são fundamentais para a compreensão sobre o assunto. A partir disso, os dados mais relevantes dos artigos estudados foram extraídos e sintetizados, para a produção da revisão em questão.

Resultados

Durante a revisão da literatura, foram identificados 15 estudos relacionados às fibras musculares e ao desempenho atlético em equinos. Dentre os trabalhos encontrados, 6 foram selecionados para compor a presente tabela, considerando sua maior pertinência ao objetivo da revisão e a abordagem direta de aspectos relacionados à composição, proporção, tamanho, atividade metabólica e adaptações das fibras musculares em resposta ao treinamento, bem como sua relação com o desempenho esportivo. Os estudos selecionados também contemplaram diferentes protocolos de treinamento, raças e categorias de equinos, possibilitando uma visão abrangente sobre as características das fibras musculares e suas respostas ao exercício. Os demais trabalhos, embora relacionados ao tema, apresentaram menor correspondência com o enfoque estabelecido para esta revisão ou abordaram aspectos complementares que não foram priorizados na síntese apresentada.

Tabela 1 - Principais estudos encontrados na literatura sobre fibras musculares e desempenho atlético em equinos

Autor/ano	Objetivo	Resultados
Lopez-Rivero *et al*., 1991.	Avaliar composição das fibras musculares em 68 garanhões submetidos a diferentes níveis de treinamento durante 6 meses.	A proporção de fibras I:II foi semelhante entre os grupos, porém, aquele submetido a treinamento intenso, apresentou maior porcentagem de fibras IIA em relação aos não treinados. Todos os equinos treinados, tiveram maior quantidade de fibras do tipo IIB oxidativas.

Rivero *et al*., 1993.	Avaliar composição e tamanho das fibras musculares de 36 equinos de enduro, a partir da biópsia do músculo glúteo médio.	Os equinos de desempenho no enduro considerado excelente, apresentaram maior tamanho de fibras e maior porcentagem de fibras do tipo I e IIA.
Rivero *et al*., 1995	Avaliar o efeito de um programa de treinamento de resistência de 3 meses em 20 garanhões adultos sedentários de diversas raças.	A porcentagem de fibras I em equinos andaluz e de fibras IIB oxidativas em anglo-árabes aumentou, assim como a área de secção transversal das fibras I e IIA raças árabe e andaluz. Essas adaptações não foram mantidas após 3 meses subsequentes de destreinamento.
Rivero & Henckel, 1996.	Avaliar composição e tamanho das fibras musculares, e atividade das enzimas citrato sintase, 3-hidroxil-acil-CoA-desidrogenase e lactato desidrogenase em 36 equinos de enduro, a partir da biópsia do glúteo médio.	A partir da análise dos dados obtidos, foi possível discriminar os equinos de acordo com o desempenho esportivo, sendo que, os animais de maior desempenho, apresentaram maior quantidade e área das fibras I e IIA.
Serrano, Quiroz-Rothe & Rivero, 2000.	Avaliar o efeito a curto e longo prazo do treinamento de resistência e destreinamento, sobre o tipo de fibra muscular e seu perfil metabólico, em 24 equinos.	O efeito em 3 meses incluiu: hipertrofia e aumento no número de fibras IIA, redução da quantidade de fibras IIX, aumento de fibras oxidativas, enzimas aeróbicas e glicogênio. Em 8 meses, houve queda e aumento adicional nas fibras IIX e fibras oxidativas, respectivamente, assim como aumento das fibras tipo I, densidade capilar, atividade de enzimas aeróbicas, glicogênio e depósitos lipídicos. A maior parte das alterações foram revertidas após 3 meses de destreinamento.
Valberg *et al*., 2022.	Avaliar o tipo de fibra muscular e atividade da enzima citrato sintase em equinos das raças Warmblood (WB) e Quarto de milha (QM), a partir da biópsia do músculo glúteo.	Os cavalos da raça WB possuíram maior porcentagem de fibras do tipo I e conteúdo mitocondrial e menor de fibras do tipo IIX. Já a raça QM, possui menor quantidade de fibras I e atividade mitocondrial e maior porcentagem de fibras do tipo IIX.

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Discussão

Os resultados encontrados demonstram que a biópsia muscular apresenta potencial não apenas para caracterizar os tipos de fibras musculares, mas também como uma ferramenta de avaliação do condicionamento e do potencial atlético dos equinos. Essa aplicação é particularmente evidente em animais de enduro, nos quais características histoquímicas e morfométricas obtidas a partir do músculo glúteo médio foram capazes de diferenciar animais com diferentes históricos de desempenho. Rivero *et al*. (1993) observaram que equinos com melhor desempenho apresentavam maior proporção e maior

área das fibras I e IIA e menor proporção das fibras IIB, demonstrando que os dados obtidos pela biópsia podem apresentar associação direta com a capacidade atlética do animal.

A utilização da biópsia torna-se ainda mais relevante quando diferentes parâmetros musculares são avaliados conjuntamente. Rivero e Henckel (1996) demonstraram que a análise combinada da distribuição dos tipos de fibras, área das fibras e atividade enzimática permitiu discriminar corretamente equinos de enduro com diferentes históricos de desempenho. Os autores verificaram que os animais de melhor desempenho apresentavam maior proporção e área relativa das fibras I e IIA. Dessa forma, a biópsia pode fornecer informações mais específicas sobre o músculo do que avaliações exclusivamente externas ou funcionais, permitindo identificar características fisiológicas relacionadas ao desempenho.

Além da avaliação do potencial atlético, a biópsia pode ser utilizada para acompanhar a resposta individual ao treinamento. Rivero (1996) propôs um índice fisiológico baseado em parâmetros obtidos por biópsia do glúteo médio para estimar a condição de treinamento dos equinos. A análise de características como distribuição dos tipos de fibras, área de secção transversal e número de capilares associados às fibras permitiu classificar corretamente 77% das observações quanto à condição de treinamento, demonstrando que a técnica pode ser empregada não somente para descrever o músculo, mas também para acompanhar objetivamente as adaptações decorrentes do treinamento.

Essa aplicação apresenta importância prática para o planejamento e individualização do treinamento esportivo. As alterações observadas nas fibras musculares podem indicar se o animal está desenvolvendo adaptações compatíveis com a modalidade praticada. Em equinos submetidos ao treinamento de resistência, por exemplo, foram observados aumento das fibras IIA e redução das fibras IIX, além de aumento do tamanho das fibras I e IIA, alterações associadas ao aumento da resistência à fadiga e à eficiência da propulsão (Rivero *et al*., 2001). Assim, a avaliação histológica realizada antes e após determinado período de treinamento pode auxiliar na identificação das respostas musculares individuais e na avaliação da efetividade do programa empregado.

Outro aspecto importante é que a biópsia pode fornecer informações relacionadas à capacidade metabólica do músculo, e não apenas à sua composição fibrilar. Rivero *et al*. (1995) verificaram diferenças nas atividades de enzimas associadas ao metabolismo aeróbico e anaeróbico entre equinos de diferentes desempenhos. Animais considerados excelentes atletas apresentaram maior atividade da citrato sintase e da 3-hidroxiacil-CoA-desidrogenase, relacionadas, respectivamente, ao metabolismo oxidativo e à utilização de lipídios. Dessa forma, a associação entre avaliação histológica e bioquímica amplia a capacidade da biópsia de caracterizar o estado fisiológico do músculo e sua adaptação ao exercício.

Entretanto, a utilização da biópsia como ferramenta de avaliação de desempenho exige padronização da coleta e interpretação cuidadosa dos resultados. A composição das fibras varia de acordo com a profundidade do músculo, de modo que amostras obtidas em diferentes regiões do glúteo médio podem apresentar resultados distintos. Rivero *et al*. (1993) observaram que as diferenças entre animais de maior e menor desempenho eram mais evidentes nas regiões profundas do músculo. Além disso, Rivero e Henckel (1996) demonstraram que a classificação dos equinos quanto ao desempenho foi mais eficiente quando foram utilizadas amostras provenientes de diferentes profundidades, e não apenas uma única biópsia.

Conclusão

A biópsia muscular apresenta-se como uma ferramenta de interesse para a medicina esportiva equina, especialmente por possibilitar uma avaliação mais individualizada das características musculares dos animais. Sua utilização pode contribuir para uma abordagem mais objetiva na tomada de decisões relacionadas ao acompanhamento de equinos atletas, complementando os métodos convencionais de avaliação. Apesar de seu potencial, a aplicação da técnica na rotina ainda depende de padronização dos procedimentos de coleta, processamento e interpretação, bem como da definição de parâmetros de referência para diferentes raças, idades e modalidades esportivas. Dessa forma, sua utilização deve ser associada a outras informações clínicas e funcionais, evitando que os achados musculares sejam interpretados de maneira isolada. Nesse sentido, ampliar a investigação sobre a aplicação da biópsia muscular em diferentes perfis de equinos pode favorecer o desenvolvimento de métodos mais precisos de avaliação individual e contribuir para uma medicina esportiva baseada em parâmetros fisiológicos objetivos.

Referências

ENRÍQUEZ, V. *et al*. Muscle fiber types of gluteus medius in the Colombian Creole Horse. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 35, n. 6, p. 524-530, 2015. DOI: 10.1016/j.jevs.2015.02.010. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0737080615001185. Acesso em: 27 ago. 2026.

LOPEZ-RIVERO, J. L. *et al*. Muscle fibre type composition in untrained and endurance-trained Andalusian and Arab horses. **Equine Veterinary Journal**, v. 23, n. 2, p. 91-93, 1991. DOI: 10.1111/j.2042-3306.1991.tb02727.x. Disponível em: https://www.ovid.com/journals/jevs/pdf/10.1016/j.jevs.2015.02.010~muscle-fiber-types-of-gluteus-medius-in-the-colombian-creole. Acesso em: 21 ago. 2026

MCKENZIE, E. Foundations of performance – factors that contribute to excellence in equine exercise. **Comparative Exercise Physiology**, v. 13, n. 3, p. 127-132, 2017. DOI: 10.3920/CEP170016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/319563117_Foundations_of_performance_-_Factors_that_contribute_to_excellence_in_equine_exercise. Acesso em: 21 ago. 2026

PADILHA, F. G. F.; AMORIM, R. M.; SUMMA, R. Avaliação prática da biópsia muscular percutânea por agulha em equinos. **A Hora Veterinária**, Porto Alegre, v. 28, n. 164, p. 29-32, 2008. Disponível em: https://www.revistamvez-crmvsp.com.br/index.php/recmvz/article/view/22130. Acesso em: 21 ago. 2026

REED, S. A. Horses as athletes: the road to success. **Animal Frontiers**, v. 12, n. 3, p. 3-4, 2022. DOI: 10.1093/af/vfac024. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9197305/. Acesso em: 21 ago. 2026

RIVEROJ. L. L. Muscle biopsy as a tool for assessing muscular adaptation to training in horses. **American Journal of Veterinary Research**, v. 57, n. 10, p. 1412-1416, 1996. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8896675/. Acesso em: 28 ago. 2026

RIVERO, J. L. L. A scientific background for skeletal muscle conditioning in equine practice. **Journal of Veterinary Medicine Series A**, v. 54, n. 6, p. 321-332, 2007. DOI: 10.1111/j.1439-0442.2007.00947.x. Disponível em:https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1439-0442.2007.00947.x. Acesso em: 28 ago. 2026

RIVERO, J. L. L.; HENCKEL, P. Muscle biopsy index for discriminating between endurance horses with different performance records. **Research in Veterinary Science**, v. 61, n. 1, p. 49-54, 1996. DOI: 10.1016/S0034-5288(96)90110-1. Disponível em:https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8819194/. Acesso em: 23 ago. 2026

RIVERO, J. L. L.; HILL, E. W. Skeletal muscle adaptations and muscle genomics of performance horses. **The Veterinary Journal**, v. 209, p. 5-13, 2016. DOI: 10.1016/j.tvjl.2015.11.019. Disponível em:https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26831154/. Acesso em: 27 ago. 2026

RIVERO, J. L. L.; RUZ, M. C.; SERRANO, A. L.; DIZ, A. M. Effects of a 3 month endurance training programme on skeletal muscle histochemistry in Andalusian, Arabian and Anglo-Arabian horses. **Equine Veterinary Journal**, v. 27, n. 1, p. 51-59, 1995. DOI: 10.1111/j.2042-3306.1995.tb03033.x. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7774548/. Acesso em: 27 ago. 2026

RIVERO, J. L. L. *et al*. Muscle fiber type composition and fiber size in successfully and unsuccessfully endurance-raced horses. **Journal of Applied Physiology**, v. 75, n. 4, p. 1758-1766, 1993. DOI: 10.1152/jappl.1993.75.4.1758. Disponível em:https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8282629/. Acesso em: 23 ago. 2026

RIVERO, J. L. L.; SERRANO, A. L.; HENCKEL, P. Activities of selected aerobic and anaerobic enzymes in the gluteus medius muscle of endurance horses with different performance records. **Veterinary Record**, v. 137, n. 8, p. 187-192, 1995. DOI: 10.1136/vr.137.8.187. Disponível em:https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8560724/. Acesso em: 28 ago. 2026

RIVERO, J. L. L. *et al*. Coordinated changes of kinematics and muscle fibre properties with prolonged endurance training. **Equine Veterinary Journal**, v. 33, p. 104-108, 2001. DOI: 10.1111/j.2042-3306.2001.tb05370.x. Disponível em: https://beva.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.2042-3306.2001.tb05370.x. Acesso em: 27 ago. 2026

SERRANO, A. L.; QUIROZ-ROTHE, E.; RIVERO, J. L. L. Early and long-term changes of equine skeletal muscle in response to endurance training and detraining. **Pflügers Archiv,** v. 441, n. 2-3, p. 263-274, 2000. DOI: 10.1007/s004240000408. Disponível em:https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11211112/. Acesso em: 23 ago. 2026

VALBERG, S. J. *et al*. Skeletal muscle fiber type composition and citrate synthase activity in fit and unfit Warmbloods and Quarter Horses. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 118, p. 104123, 2022. DOI: 10.1016/j.jevs.2022.104123. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36096315/. Acesso em: 23 ago. 2026