



Spor Bilimlerinde Ultrasonografi Kullanımı

Hilal ER ULUBABA¹, Fahri Safa ÇINARLI², Rukiye ÇİFTÇİ³

Özet

Bu araştırma, spor bilimleri alanında performansı doğrudan etkileyebilecek iskelet kasına ait yapısal ve fizyolojik parametrelerin belirlenmesinde ultrasonografi görüntüleme yönteminin kullanımı ve atletik performans ile ilişkisini içermektedir. Spor bilimlerinde egzersiz fizyolojisi temelli araştırmalar incelendiğinde, performansı doğrudan etkileyen pek çok mekanizma olduğu bilinmektedir. Performans çıktısını doğrudan etkileyebilecek mikro ve makro ölçekli faktörlerin belirlenmesi ile mevcut durum tespiti ve gelişim süreci açısından doğru stratejik planlama yapılabilir. Ölçme ve değerlendirme sürecinde teknolojik ekipman yeterliliği araştırmanın niteliğini doğrudan etkilemektedir. Kas iskelet sistemine ait problem sorusunun detaylı olarak incelenebilmesi için ayrıntılı görüntüleme yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu noktada, insan kas iskelet sistemi açısından üst düzey teknolojik görüntüleme cihazlarının kullanılması, muhtemel mekanizmaların anlaşılabilmesine katkı sağlayabilir.

Anahtar Kelimeler

Atletik Performans,
İskelet Kası,
Kas Mimarisi.

Yayın Bilgisi

Gönderi Tarihi: 03.03.2022

Kabul Tarihi: 14.03.2022

Online Yayın Tarihi: 15.03.2022

DOI: 10.18826/useeabd.1082058

Use of Ultrasonography in Sports Science

Abstract

This research includes the use of ultrasonography imaging method in determining the structural and physiological parameters of skeletal muscle that may directly affect performance in the field of sports sciences and its relationship with athletic performance. When exercise physiology-based studies in sports sciences are examined, it is known that there are many mechanisms that directly affect performance. By determining the micro and macro scale factors that can directly affect the performance output, correct strategic planning can be made in terms of current situation determination and development process. In the measurement and evaluation process, technological equipment adequacy directly affects the quality of the research. Detailed imaging methods are needed to create the problem question and to elaborate the parameters to be examined. At this point, the use of high-end technological imaging devices in terms of the human musculoskeletal system will contribute to the understanding of possible mechanisms.

Keywords

Athletic Performance,
Skeletal Muscle
Muscle Architecture.

Article Info

Received: 03.03.2022

Accepted: 14.03.2022

Online Published: 15.03.2022

DOI: 10.18826/useeabd.1082058

GİRİŞ

Ultrasonografi (USG) non-invaziv kolay ulaşılabilir ve hızlı değerlendirme yapabilen yüksek teknolojik bir görüntüleme yöntemidir. USG'nin taşınabilir olması, kolay ulaşılabilmesi, radyasyon içermemesi, maliyetinin düşük olması, dinamik görüntü alınabilmesi gibi avantajlarından dolayı spor bilimlerinde kullanımını gittikçe yaygınlaştırmaktadır. Ayrıca USG, tanıya ek olarak takip ve lokal enjeksiyonlar yaparak tedavide de kullanılmaktadır. Radyolojik incelemelerde genel olarak; direk grafi, USG, artrografi, bilgisayarlı tomografi ve manyetik rezonans görüntüleme (MRG) yöntemleri kullanılmaktadır. USG ve MRG, kas iskelet sistemi tanısında en faydalı görüntüleme teknikleridir. MRG ve USG karşılaştırıldığında ulaşılabilirlik, zaman ve maliyet açısından MRG daha zor bir tetkiktir. Ayrıca, MRG' de dinamik değerlendirme yapılamazken USG ölçümleri, fizik muayeneyle birlikte dinamik değerlendirmelerde kullanılabilir.

Güncel literatür incelendiğinde iskelet kas mimarisi atletik performans arasında yüksek düzeyde ilişki olduğu görülmektedir (Raj ve ark., 2017; Nazdalan ve ark., 2019). Egzersiz uygulamaları veya yaralanmalara bağlı olarak iskelet kasında meydana gelen değişimler, bilim insanları tarafından incelenmektedir. bu değişimlerin tespitinde ve değerlendirilmesinde ayrıntılı görüntüleme yöntemlerinin kullanılması ile atletik performansın optimizasyonu açısından önemli bir avantaj elde edilebilir. Bu araştırmada, iskelet kasının egzersiz uyaranlarına verdiği adaptasyonel yanıtlar, kasın mimari özellikleri ile kuvvet, sürat performansı arasındaki ilişkinin rasyonel mekanizmaları ve spor bilimleri alanında USG kullanımının gerekçelerinden bahsedilmiştir.

¹ Sorumlu Yazar: Yeşilyurt Hasan Çalık Devlet Hastanesi Radyoloji Birimi, erhilal44@yahoo.com, ORCID ID: 0000-0003-2124-4525

² İnönü Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, safacinarli@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7552-367X

³ Bandırma Onyediy Eylül Üniversitesi Anatomi ABD, rukiyekelesciftci@hotmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5894-5256

Ultrasonografik Görüntüleme Süreci

Ultrasonografi, ses dalgaları ile görüntü oluşturmaktadır. USG problemleri yüzeyindeki birçok piezoelektrik kristal ile ses dalgaları oluşturur, ses dalgaları dokularla reaksiyona girer. Dokular tarafından yansıtılan ses dalgaları tekrar proba döner ve piezoelektrik kristaller gelen ses dalgalarını elektrik enerjisine çevirerek görüntüyü oluşturur.

Frekans Faktörü

USG’de yüksek frekanslı ses dalgaları dokulara fazla penetre olamaz, fakat yüksek çözünürlüklü görüntü oluşturur. Düşük frekanslı ses dalgalarında ise daha fazla doku penetrasyonu olur fakat daha düşük çözünürlüklü görüntü elde edilir. Çoğu kas-iskelet sistemi bileşenleri yüzeysel yerleşim gösterdiğinden yüksek frekanslı ses dalgaları ile yüksek çözünürlüklü ultrasonografik görüntülemeye elverişlidir.

Probe Tipleri ve Özellikleri

USG problemleri piezoelektrik kristal dizilimlerine göre isimlendirilir. Kas iskelet sistemi değerlendirmesinde lineer prob çok daha sık olmak üzere lineer ve konveks prob kullanılır. Lineer problemler, yüksek frekanslı olup (7-12 MHz) özellikle yüzeysel dokularda yüksek çözünürlüklü görüntü oluştururlar. Konveks problemler ise düşük frekanslı (3.5-5 MHz) olup daha derin dokuların incelenmesinde kullanılırlar.

İskelet Kas Mimarisi ve Uyarı İlişkisi

İskelet kası, farklı kasılma ve metabolik özelliklere sahip liflerden oluşan heterojen bir dokudur. İskelet kası, yüksek düzeyde plastik özelliğine rağmen, egzersiz hacmi ve yoğunluğunun büyüklüğü de göz önünde bulundurulduğunda, dayanıklılık ve direnç egzersizine farklı tepki verir. Farklı antrenman uygulamaları zamanla kasta bazı değişikliklere neden olmaktadır (Timmins ve ark., 2016). Yetişkin erkeklerde 6 haftalık germe egzersizlerinden sonra kas kalınlığının %5,6 arttığı belirlenmiştir (Simpson ve ark., 2017). Yüklenme yoğunluğundaki farklılıkların, kasta meydana gelen değişiklikleri doğrudan etkileyebileceğinden bahsedilmiştir (Presland ve ark., 2018). Kas modifikasyonuna neden olan diğer önemli faktör ise kasılma tipi olarak düşünülmektedir. Eksantrik temelli direnç egzersizlerinde kas kalınlığı ve pennasyon açısı değerlerinin arttığına dair kanıtlar olsa da (Duclay ve ark., 2009), anlamlı bir farklılık meydana gelmediğini tespit eden araştırmalar vardır (Potier ve ark., 2009). Ayrıca konsantrik temelli antrenmanlarda kas kalınlığı ve pennasyon açısı değerlerinde artış olmasına rağmen (Franchi ve ark., 2014), bazı araştırmalarda kasılma tipleri açısından anlamlı bir farklılık görülmemiştir (Blazevich ve ark., 2007). Kasılma hızı farklılığını inceleyen bir araştırmada ise 4 sn eksantrik ve 1 sn eksantrik kasılma grupları karşılaştırılmış, antrenman uygulamasından sonra her iki grupta da vastus lateralis fibril uzunluğu ve kalınlığında anlamlı artış görülmüştür. Ancak birim zamanda üretilen kuvvet performansı açısından hızlı eksantrik direnç antrenmanının (1 sn eksantrik kasılma) daha büyük katkı potansiyeli olduğundan bahsedilmiştir (Stasinaki ve ark., 2019). Literatürde paradoksal bulgulara rağmen, bir uyarana az ya da çok maruz kalan kasta morfolojik değişiklikler olabileceği belirtilmektedir (Timmins ve ark., 2016).

Atletik Performans ve İskelet Kas Mimarisi

İskelet kas mimarisi, kuvvet oluşturma eksenine göre bir kas içindeki kas liflerinin düzenlenmesi olarak tanımlanabilir (Lieber ve Fridén, 2001). Kas mimarisinin, kas tendon birimi boyunca hız ve kuvvet üretimini etkileme potansiyeline sahip olan kas lifinin yapısal düzenleyicisi olduğu düşünülmektedir (Lieber ve ark., 2010; De Boer ve ark., 2008). Kas mimarisi ve atletik performans skorlarını inceleyen bilimsel araştırmalarda, genel olarak kas kalınlığı, pennasyon açısı, fibril uzunluğu ve kasların çapraz kesit alanları belirlenmektedir (Lieber ve ark., 2010; De Boer ve ark., 2008).

Kuvvet çıktısı skorları ile kas kalınlığı ve pennasyon açısı arasında pozitif yönde doğrusal korelasyon olduğunu tespit eden pek çok araştırmadan bahsedilebilir. Bartolomei ve ark. (2022) 1 maksimum tekrar deadlift performansı ile vastus lateralis (VL) kas kalınlığı arasında pozitif yönde doğrusal korelasyon ($r= 0.52$, $p= 0.020$) olduğunu tespit etmişlerdir (Bartolomei et al., 2022). Secomb ve ark. (2015) VL kas kalınlığı ile isometrik midthigh pull zirve kuvvet skorları arasında anlamlı ilişki bulmuşlardır ($r = 0.53-0.60$, $p = 0.02-0.04$). Aynı araştırmada lateral gastrocnemius pennasyon açısı ve isometrik midthigh pull zirve kuvvet skorları arasında da anlamlı korelasyon görülmüştür ($r = 0.70$, $p <$

0.01) (Secomb ve ark., 2015). Strasser ve ark. maksimal istemli kasılma performansı ve bacak ekstansör kas kalınlıkları arasında yüksek düzeyde anlamlı korelasyon bulmuşlardır ($r = 0.74-0.87$). Earp ve ark. (2010) farklı sıçrama performansları sırasında elde edilen relatif kuvvet değerleri ve pennasyon açısı arasında anlamlı korelasyon tespit etmişlerdir (Earp ve ark., 2010).

Kasın mimari yapıları arasında da etkileşim olduğundan söz edilebilir. Pennasyon açısı ve kas kalınlığı arasında anatomik olarak pozitif yönde doğrusal korelasyon olduğu ifade edilmektedir (Moreau ve ark., 2009). Pennasyon açısı, kas liflerinin bağ dokusu ve tendona göre pozisyonlarını ifade etmektedir. Bu nedenle pennasyon açısı ile fasikül uzunluğu arasında bir etkileşim vardır. Fasikül uzunluğu, kuvvet-hız performansını ve tendonlara aktarılan gücü doğrudan etkilemektedir (Abe ve ark., 2002). Bunun nedeni, kasılmadan önce ve kasılmanın zirvesinde tendon boyunca iletilen kasılma hızının, kas lifi serilerindeki sarkomerlerin sayısına ve ayrıca kas liflerinin pennasyon açısına ve uzunluğuna bağlı olmasıdır. Daha küçük pennasyon açısına sahip olmak, tendona güç aktarımı noktasında mekanik bir avantaj sağlayabilir. Bu nedenle iki aponevroz arasındaki pennasyon açısı ve kas kalınlığı kas lifinin güç aktarımı noktasındaki performans sonucunu doğrudan etkileyebilir (Tillin ve Bishop, 2009). Bu görüşü destekleyen bir bulgu olarak, vastus lateralis ve gastrocnemius lateralis kaslarının fasikül uzunluğunun sprinterler açısından anlamlı düzeyde daha uzun olduğu ve pennasyon açılarının da anlamlı düzeyde daha küçük olduğu tespit edilmiştir (Abe et al., 2001). Başka bir çalışmada, elit erkek sprinterlerin elit erkek uzun mesafe koşucularına göre daha uzun fasikül uzunluğuna ve daha küçük pennasyon açısına sahip oldukları bulunmuştur (Abe ve ark., 2000). Kuvvet çıktısı skorları incelendiğinde kas içindeki pennasyon açısı ve fizyolojik çapraz kesit alanı arasında da pozitif yönde korelasyon vardır. Daha büyük çapraz kesit alanı, kas konsantrasyonunda avantaj sağlayarak maksimum kuvvet büyüklüğünü arttırmaktadır (Kawakami ve ark., 2000).

Spor Yaralanmalarında USG Kullanımı

Spor yaralanmaları sportif aktiviteler sırasında vücudumuzda oluşan hasarlara verilen bir ortak bir tanımlamadır (Hasçelik ve ark.,2007). Spor yaralanmalarında fonksiyon kaybı olmaması için erken tanı ve tedavi önemlidir (Linklater ve ark., 2010). Travma sonrası erken dönemde yapılan USG özellikle fasya ve kasta oluşan hasar ve hemorajiyi tanımlamada yardımcıdır. USG doppler görüntüleme özelliği ile kan akımı da değerlendirilebilir (Orlandi ve ark.,2016; Draghi ve ark., 2013; Lee ve ark.,2012).

USG, klinisyenler tarafından fazla tercih edilmekte olup spesifik alanlar ve amaçlar için yapılan USG, “odaklanmış USG” veya “bakım noktası USG” (Point-of-care ultrasound -POCUS) olarak adlandırılır. POCUS’un, kemik fraktür tanısında ve yumuşak doku hasarlarının tanısında yüksek duyarlılığa sahip olduğu saptanmıştır (Kozacı ve ark., 2014, Kozacı ve ark., 2014). Şiddetli kontüzyonlarda, hematomu değerlendirmede USG duyarlılığı %100’dür (Maffulli ve ark., 2015). Fizik muayene ve USG bulguları uyumlu değilse küçük yapısal yaralanmaların tanısında MRG kullanılabilir. Ancak MRG’nin kastaki hasarın boyutunu tek başına tam olarak görüntüleyemediği için MRG ile USG’nin birleştirilmesi önerilmektedir. Renkli Doppler ve Power Doppler USG vasküler yapıların görüntülenmesini ve kas içindeki aktif kanamanın tespitini sağlar (Maffulli ve ark., 2015).

Sonuç olarak, literatürde pek çok çalışmada yaralanma sonrası spora dönüş süreçlerinde USG kontrolü yapıldığı ve kasın egzersize hazır olup olmadığı bu yöntemle kontrol edildiği görülmektedir (Petersen ve ark., 2014). Aynı zamanda tespit sürecinin birinci basamağında da USG görüntüleme yönteminin önemli bir kolaylık olduğu ifade edilebilir. Bununla birlikte, ölçüm amacından bağımsız olarak USG, kas iskelet sistemi ultrasonografisi eğitimi ve tecrübesine sahip uzmanlar tarafından kullanılmalıdır (Maffulli ve ark., 2015; Crema., 2015; Shah ve ark., 2015).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Ultrasonografi ölçüm yöntemi, iskelet kas sisteminin egzersiz uyaranlarına verdiği yanıtların tespit edilebilmesinde ve kas mimarisi ile atletik performans parametreleri arasındaki ilişkinin anlaşılabilmesinde kullanılan yüksek düzey güvenilirliğe sahip bir görüntüleme teknolojisidir. Atletik performans faktörlerini doğrudan etkileyebilecek problem durumunun veya egzersiz etkinliğinin morfolojik ve fizyolojik süreçlerinin belirlenmesinde USG kullanımı önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Abe, T., Kumagai, K., Brechue, W.F. (2000). Fascicle length of leg muscles is greater in sprinters than distance runners. *Med Sci Sport Exer.*: 32(6): 1125-9.
- Abe, T., Fukashiro, S., Harada, Y., Kawamoto, K. (2001). Relationship between sprint performance and muscle fascicle length in female sprinters. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci.*: 20(2): 141-7.
- Bartolomei, S., Rovai, C., Lanzoni, I. M., & di Michele, R. (2022). Relationships between muscle architecture, deadlift performance, and maximal isometric force produced at the midhigh and midshin pull in resistance-trained individuals. *The Journal of Strength & Conditioning Research*: 36(2), 299-303.
- Blazevich, A. J., Cannavan, D., Coleman, D.R., & Horne, S. (2007). Influence of concentric and eccentric resistance training on architectural adaptation in human quadriceps muscles. *Journal of Applied Physiology*.
- Krema, M.D., Yamada, A.F., Guermazi, A., Roemer, A.F., Skaf, A.Y. (2015). *Imaging Techniques for Muscle Injury in Sports Medicine and Clinical Relevance*. *Curr Rev Musculoskelet Med.*; 8(2): 154–161.
- De Boer, M.D., Seynnes, O.R., Di Prampero, P.E., Pisot, R., Mekjavic, I.B., Biolo, G., & Narici, M.V. (2008). Effect of 5 weeks horizontal bed rest on human muscle thickness and architecture of weight bearing and non-weight bearing muscles. *Eur J Appl Physiol.*: 104: 401–7.
- Duclay, J., Martin, A., Duclay, A., Cometti, G., & Pousson, M. (2009). Behavior of fascicles and the myotendinous junction of human medial gastrocnemius following eccentric strength training. *Muscle & Nerve*. Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine: 39(6), 819-827.
- Draghi, F., Zacchino, M., Canepari, M., Nucci, P., Alessandrino, F. (2013). *Muscle Injuries: Ultrasound Evaluation in the Acute Phase*. *Journal of Ultrasound*: 16:209–214 DOI 10.1007/S40477-013-0019-8.
- Earp, J.E., Kraemer, W.J., Newton, R.U., Comstock, B.A., Fragala, M.S., Dunn-Lewis, C., Denegar, C.R. (2010). Lower-body muscle structure and its role in jump performance during squat, countermovement, and depth drop jumps. *J Strength Cond Res.*: 24(3): 722-9.
- Franchi, M.V., Atherton, P.J., Reeves, N.D., Flück, M., Williams, J., Mitchell, W.K., ... & Narici, M. V. (2014). Architectural, functional and molecular responses to concentric and eccentric loading in human skeletal muscle. *Acta Physiologica*: 210(3), 642-654.
- Hasçelik, Z. (2007). “Spor Yaralanmaları Ve Önlenmesi”, [Http://Hastarehberi.Com/Article_Read.Asp?İd=2159](http://Hastarehberi.Com/Article_Read.Asp?İd=2159) Erişim: 10.02.2014.
- Kawakami, Y., Ichinose, Y., Kubo, K., Ito, M., Imai, M., Fukunaga, T. (2000). Architecture of contracting human muscles and its functional significance. *J Appl Biomech*: 16: 88–98.
- Kozacı, N., Ay, M.O., Akcimen, M., Turhan, G., Şaşmaz, İ., Turhan, S., & Çelik, A. (2014). Evaluation of The Effectiveness of Bedside Point Of-Care Ultrasound in The Diagnosis and Management of Distal Radius Fractures. *Am J Emerg Med*. 2015 Jan;33(1):67-71. Doi: 10.1016/J.Ajem.2014.10.022.
- Kozacı, N., Ay, M.O., Avci, M., Beydilli İ, Turhan, S., Dönertaş, E., & Ağrı, E. (2017). The Comparison of Radiography and Point-Of-Care Ultrasonography in The Diagnosis and Management of Metatarsal Fractures. *Injury.*, 48(2):542-547.
- Lee, J.C., Mitchell, A.W.M., Healy, J.C. (2012). Imaging of muscle injury in the elite athlete. *Br J Radiol.*: 85(1016):1173-85.
- Lieber, R. L., & Fridén, J. (2001). Clinical significance of skeletal muscle architecture. *Clinical Orthopaedics and Related Research*: 383, 140-151.
- Lieber, R.L. (2010). *Skeletal Muscle, Structure, Function and Plasticity: The Physiological Basis of Rehabilitation*. 3rd ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins.
- Linklater, J.M., Hamilton, B., Carmichael, J., Orchard, J., Wood D.G. (2010). *Hamstring Injuries: Anatomy, Imaging, and Intervention*. *Semin Musculoskelet Radiol.*: 14(2):131-61.

- Maffulli, N., Del Buono, A., Oliva, F., Via, A.G., Frizziero, A....., Valent A. (2015). *Muscle Injuries: A Brief Guide to Classification and Management*. Transl Med Unisa.: 12: 14–18.
- Moreau, N.G., Teefey, S.A., Damiano, D.L. (2009). *In vivo muscle architecture and size of the rectus femoris and vastus lateralis in children and adolescents with cerebral palsy*. Dev Med Child Neurol.: 51(10): 800-6.
- Nadzalan, A.M., Mohamad, N.I., Lee, J.L.F., & Chinnasee, C. (2018). *Relationship between muscle architecture and badminton-specific physical abilities*. Human Movement: 19(1), 44-50.
- Orlandi, D., Corazza, A., Arcidiacono, A., Messina, C., Serafini G., Sconfienza, L.M., Silvestri, E. (2016). *Ultrasound-Guided Procedures to Treat Sport-Related Muscle Injuries*. Br J Radiol.: 89(1057):20150484.
- Petersen, J., Thorborg, K., Nielsen, M. B., Skjødt, T., Bolvig, L., Bang, N., & Hölmich, P. (2014). *The diagnostic and prognostic value of ultrasonography in soccer players with acute hamstring injuries*. The American journal of sports medicine: 42(2), 399-404.
- Potier, T. G., Alexander, C. M., & Seynnes, O. R. (2009). *Effects of eccentric strength training on biceps femoris muscle architecture and knee joint range of movement*. European journal of applied physiology: 105(6), 939-944.
- Presland, J. D., Timmins, R. G., Bourne, M. N., Williams, M. D., & Opar, D. A. (2018). *The effect of Nordic hamstring exercise training volume on biceps femoris long head architectural adaptation*. Scandinavian journal of medicine & science in sports, 28(7), 1775-1783.
- Raj, I. S., Bird, S. R., & Shield, A. J. (2017). *Ultrasound measurements of skeletal muscle architecture are associated with strength and functional capacity in older adults*. Ultrasound in Medicine & Biology: 43(3), 586-594.
- Secomb, J. L., Lundgren, L. E., Farley, O. R., Tran, T. T., Nimphius, S., & Sheppard, J. M. (2015). *Relationships between lower-body muscle structure and lower-body strength, power, and muscle-tendon complex stiffness*. The Journal of Strength & Conditioning Research: 29(8), 2221-2228.
- Simpson, C.L., Kim, B.D.H., Bourcet, M.R., Jones, G.R., Jakobi, J.M. (2017). *Stretch training induces unequal adaptation in muscle fascicles and thickness in medial and lateral gastrocnemii*. Scandinavian journal of medicine & science in sports.: 27(12):1597-604.
- Shah, F., Patel, H., Shah, D., Turakhia, S., Gandhi, N., Darji, P. (2015). *Study Of 90 Cases of Pathology Involving Muscle and Tendon by Ultrasonography and Magnetic Resonance Imaging*. BJR: 2(4): 107-121.
- Stasinaki, A. N., Zaras, N., Methenitis, S., Bogdanis, G., & Terzis, G. (2019). *Rate of force development and muscle architecture after fast and slow velocity eccentric training*. Sports: 7(2), 41.
- Tillin, N.A., Bishop, D. (2009). *Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities*. Int J Sports Med.: 39(2): 147-66.
- Timmins, R. G., Shield, A. J., Williams, M. D., Lorenzen, C., & Opar, D. A. (2016). *Architectural adaptations of muscle to training and injury: a narrative review outlining the contributions by fascicle length, pennation angle and muscle thickness*. British Journal of Sports Medicine: 50(23), 1467-1472.

KAYNAK GÖSTERME

Er Ulubaba, H., Çınarlı, F.S. ve Çiftçi, R. (2022). Spor Bilimlerinde Ultrasonografi Kullanımı. *Uluslararası Spor, Egzersiz ve Antrenman bilimi Dergisi - USEABD*, 8(1), 28-32. DOI: 10.18826/useabd.1082058