

Klinik Nörobilişsel Fonksiyonel Performans Testleri: Geleneksel Derleme

Clinical Neurocognitive Functional Performance Tests: Traditional Review

 Ebru TEKİN^a,  Fatma ÜNVER^b

^aBalıkesir Üniversitesi Bigadiç Meslek Yüksekokulu, Terapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Balıkesir, Türkiye

^bPamukkale Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Denizli, Türkiye

Bu çalışma, 5. Uluslararası Sağlık Bilimleri ve Yaşam Kongresi'nde (10-12 Mart 2022, Burdur, Türkiye) sözel bildiri olarak sunulmuştur.

ÖZET Klinikte fonksiyonel performans testleri (FPT) (örneğin atlama, denge vb.), genellikle fizyoterapistler ve spor bilimciler tarafından bir sporcunun performansını, yaralanma risk profilini, yaralanma sonrası durumunu, rehabilitasyon sürecini ve spora geri dönmeye hazır olup olmadığını belirlemek için kullanılır. FPT yalnızca fiziksel performansı ölçmekle sınırlanmıştır. Oysaki spor aktiviteleri sadece fiziksel performanstan etkilenmez, çevresel uyaranlardan ve nörobilişsel yeteneğten etkilenir. Bu sebeple FPT, nörobilişsel yeteneği de ölçen parametreler eklenerek yeni testler oluşturulmaya başlanmıştır. Bu testler, nörobilişsel fonksiyonel performans testleri olarak adlandırılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, son 3 yıl içinde yayımlanmış olan klinik nörobilişsel fonksiyonel performans testlerinden bahsetmektir. Tüm yayınlar çalışma yöntemleri ve bulguları açısından sistematize edilerek incelenmiştir. Nörobilişsel fonksiyonel performans testleri, görsel uyaranların eklendiği reaksiyon zamanını ölçen Fitlight-training sistem kullanılarak zenginleştirilmiş testlerdir. Belirli bir testi uyarlamak için çok sayıda değişken (örneğin sensör sırası, ışık rengi/tipi, sinyal zaman aşımı ve gecikme veya sesi) değiştirilebilir. Nörobilişsel sıçrama testleri, reaktif denge testi ve motor kognitif testler sensörler kullanılarak tasarlanmış testlerdir. Bu şekilde çevre algısı ve karar vermeyi birleştiren nörobilişsel fonksiyonel performans testleri geliştirilmiştir. Bu testler, farklı belirsizlikler içerir ve sporcunun karar verme, denge ve görsel-motor tepki süresi ile ilgili bileşenlerin kapasitesini test eder. Fakat testlerde sporcunun kaygı veya motivasyonunu etkileyen ses ve insan faktörünün olmaması sebebiyle hâlâ gerçek bir spor ortamı sağlanabilmiş değildir. İşitsel ve somatosensöriyel uyaranlar eklenerek testler zenginleştirilebilir.

ABSTRACT Clinically, functional performance tests (FPT) (e.g. jumping, balance, etc.) are often used by physiotherapists and sports scientists to determine an athlete's performance, injury risk profile, post-injury status, rehabilitation process, and readiness to return to sports. FPT is limited to measuring physical performance only. However, sports activities are not only affected by physical performance, but also by environmental stimuli and neurocognitive ability. For this reason, new tests have been started to be created by adding parameters that measure FPT and neurocognitive ability. These tests are called neurocognitive functional performance tests. The aim of this study is to talk about clinical neurocognitive functional performance tests published in the last 3 years. All publications were systematized and examined in terms of study methods and findings. Neurocognitive functional performance tests are enriched tests using the Fitlight-training system, which measures the reaction time to which visual stimuli are added. Numerous variables (eg sensor order, light color/type, signal timeout and delay or sound) can be changed to tailor a particular test. Neurocognitive jump tests, reactive balance tests and motor cognitive tests are tests designed using sensors. In this way, neurocognitive functional performance tests have been developed that combine environmental perception and decision making. These tests contain different uncertainties and test the capacity of the components related to decision making, balance and visual-motor reaction time of the athlete. However, due to the absence of sound and human factors affecting the anxiety or motivation of the athlete in the tests, a real sports environment has still not been achieved. Tests can be enriched by adding auditory and somatosensory stimuli.

Anahtar Kelimeler: Sporcu; fonksiyonel performans test; nörobilişsel

Keywords: Athlete; functional performance test; neurocognitive

Klinik uygulamada fonksiyonel performans testleri (FPT) (örneğin atlama testleri, denge testleri), genellikle bir sporcunun yaralanma risk profilini,

yaralanma sonrası durumunu, rehabilitasyon sürecini veya spora geri dönmeye hazır olup olmadığını belirlemek için kullanılır. FPT sonuçları, yaralanma du-

Correspondence: Ebru TEKİN

Balıkesir Üniversitesi Bigadiç Meslek Yüksekokulu, Terapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Balıkesir, Türkiye

E-mail: ebrutekin123@gmail.com



Peer review under responsibility of Türkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences.

Received: 14 Apr 2022

Received in revised form: 25 Aug 2022

Accepted: 10 Oct 2022

Available online: 24 Oct 2022

2146-8885 / Copyright © 2023 by Türkiye Klinikleri. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

rumunu veya atletik performansı kesin olarak öngöremese de yaralanma riski veya performans sonuçlarıyla (örneğin sprint hızı) ilişkilendirilebilir.¹ Bu nedenle bu testler, hem klinisyen dostu olmalı hem de spor branşı ile yakın bir ilişkisi olmalıdır.^{2,3} Klinisyenler sadece bu test sonuçlarına ve yaralanma risk faktörleriyle aralarında gösterilen ilişkiye güvenemezler, buna karşın daha doğru sonuçlar için uygun fonksiyonel testleri bilinçli olarak seçmeleri gerekir. Bununla birlikte, geleneksel FPT genellikle bir sporcunun müsabaka ortamına adaptasyon yeteneğini ölçmez.⁴ Bu sebeple çok sayıda mevcut teste rağmen FPT repertuarı, standarttan ve idealden oldukça uzaktır. Bu testler yalnızca önceden planlanmış motor görevleri içerdiğinden, gerçek spor ortamından sporcuyu uzaklaştırmaktadır.⁵⁻⁷ Sporcunun adaptasyonunu klinisyen dostu bir şekilde ölçme olasılıklarından biri, mevcut fonksiyonel performans testlerine nörobilişsel bileşenler (örneğin görsel-motor tepki süresi, hızlı karar verme) eklemektir. Bu tür nörobilişsel işlevsel performans testlerinin geliştirilmesini destekleyen ek bir gerekçe, düşük nörobilişsel performans testleri, sporcunun performansı ve artan alt ekstremitte yaralanma riski arasındaki ilişkidir.^{8,9} Bu sebeple fonksiyonel performans testlerine nörobilişsel yeteneği de ölçen parametreler eklenerek yeni testler oluşturulmuştur. Bu testler, nörobilişsel FPT olarak adlandırılmaktadır.^{10,11} Nörobilişsel FPT, görsel uyaranların eklendiği reaksiyon zamanını ölçen Fitlight-training sistem kullanılarak geliştirilmiş testlerdir. FitLight Trainer (Fitlight Corp., ABD), bir kontrol tableti ve LED ışıklarla donatılmış 8 dairesel kablosuz sensörden oluşan bir motor-bilişsel eğitim sistemidir. Tablete maksimum 50 m mesafede sensörler (çap: 10 cm), planlanan müdahale veya testin tasarımına göre zemine serbestçe yerleştirilebilir, koni veya duvar gibi nesnelere takılabilir. Sistemin kullanımı, sensörler tarafından gösterilen ışıkların (sarı, yeşil, kırmızı, lacivert, açık mavi, menekşe) devre dışı bırakılmasına dayanır ve bu, yakınlık (sensörün üzerinde kaydırma) veya ellerin veya ayakların doğrudan teması ile sağlanır. Belirli bir denemesi veya testi uyarlamak için çok sayıda değişken (örneğin sensör sırası, ışık rengi/tipi, sinyal zaman aşımı ve gecikme veya sesi) değiştirilebilir.¹² Bu derlemede, FitLight sistem eklenerek geliştirilen

nörobilişsel becerileri değerlendiren fonksiyonel testlerden bahsedilecektir.

NÖROBİLİŞSEL SİÇRAMA TESTLERİ

Nörobilişsel Sıçrama Testleri, anaerobik güç, reaksiyon zamanı, tepki engelleme gibi becerileri değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu testler sağlıklı, genç, aktif bireylerde uygulanmalıdır. Nörobilişsel Sıçrama Testleri, FitLight sistemi (FITLIGHT Sports Corp, Aurora, Kanada) kullanılarak uygulanır. FitLights, sensörle temas süresini kaydeden ve aynı veya başka bir sensörle temas için bir uyarıcı görüntüleyen 1 sensörden gelen zamanı kaydeden, görsel uyaranların yanı sıra tetikleyiciler veya sensörler olarak işlev görür. Katılımcılara, nörobilişsel tek bacak sıçramalarına aşına olmaları için 1 deneme verilir. Spesifik olarak, her tek bacak sıçraması için katılımcılara “olabildiğince hızlı ve uzağa zıplamaları” talimatı verilir ve her bir bacak üzerinde 3 başarılı deneme yapıldıktan sonra bunlar gerçekleştirilir. Üç yüz altmış cm önünde bir sensör göz hizasında yeşil-sıçra, kırmızı-sıçrama şeklinde olabilir ya da rastgele 6 renkten (koyu mavi, açık mavi, kırmızı, sarı, yeşil ve mor) biri yanar. Her denemede sıçra rengi olarak rastgele bir renk seçilirken, geri kalan 5 renk sıçrama anlamına gelir ve katılımcı tepki vermez. Yirmi beş cm önünde bir sensör reaksiyon zamanını ölçer. Testler tek ayak sıçrama, üçlü sıçrama şeklinde yapılabilir.¹¹

REAKTİF DENGİ TESTİ

Reaktif denge testi (RDT); denge, çevresel algı, görsel motor tepki süresi gibi becerileri değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu test genç ve aktif bireylerde uygulanmalıdır. RDT, Fitlight-training sistem ile birlikte Y Denge Testi (YDT) kitini içermektedir. Standart protokol için talimatlar ve tavsiyeler Plisky ve ark.dan kabul edilmiştir ve ayrıca RDT’ye de uygulanmıştır.¹³ YDT’nin önüne bir LED ışık yerleştirilmiştir ve her katılımcının maksimum erişim mesafesinin %80’inde YDT kiti üzerine 3 LED ışık yerleştirilmiştir. Katılımcılar, YDT standartlaştırılmış başlangıç pozisyonunu alır. Öndeki LED ışığı 0,2 sn boyunca seçilen 3 renkten (kırmızı, mavi veya yeşil) birini yayar ve ardından her zaman 2 sn YDT kitine bağlı renk uyumlu bir LED ışığı

takip eder. Deneklerden, YDT eksenine bağlı olarak yayılan hareket sensörlü LED ışığı dengesini kaybetmeden 5 cm'lik bir mesafe içinde ayakları ile LED ışığın üzerinden geçerek mümkün olduğu kadar hızlı söndürmeleri talimatı verilir. Bu testin 36 görsel uyarıcısı, önceden belirlenmiş, ancak randomize bir dizide meydana getirilmiştir (<http://www.randomization.com>). Öngörülen zamanlama etkilerini ortadan kaldırmak, test deneğine yeterli zorluk sağlamak ve bir denge veya karar hatası yapıldığında standart pozisyonu kurtarmak için yeterli zaman vermek için uyarılar arasındaki süre 1,5, 2 veya 2,5 sn arasında değişir. Ayrıca renk dizisinin başlangıç noktası gerçekleştirilen her RDT için rasgele seçilmiştir, bu nedenle katılımcılar renk dizisini veya testi birden çok kez (örneğin sol ve sağ duruş bacağı arasında dönüşümlü olarak) gerçekleştirirken, uyarılar arası süreleri ezberleyemezler. RDT'nin sonuç ölçütleri görsel-motor tepki süresi milisaniye (ms) ve doğruluktur (%). Her bir RDT denemesi, geriye dönük olarak testin doğruluğunu belirlemek için bir video kamera ile filme alınır. RDT videolarını analiz ederken, değerlendiriciler, her katılımcı için kaçırılan uyarıları, birden fazla denemeyi, karar hatalarını ve denge hatalarını kaydeder. Hem görsel-motor tepki süresi hem de doğruluk için tüm hatalar dikkate alınır. Doğruluk puanı şu şekilde belirlendi: Doğruluk (%) = ((Toplam uyarı sayısı - (kaçırılan uyarı sayısı + gerekli olan birden fazla deneme + karar hataları)) / Toplam uyarı sayısı) x 100 ile hesaplanır. Görsel motor tepki süresi, daha sonra orijinal Fitlight™ Excel veri sayfasından ilgili görsel motor tepki süresi değerlerinin çıkarılması ve yalnızca dâhil edilen doğru sönmüş LED ışıkları ile ortalama görsel motor tepki süresinin yeniden hesaplanması yoluyla belirlenir.¹⁴

REAKSİYON ZAMANI TESTİ

Üst Ekstremitte Reaksiyon Zamanı Testi

Test, üst ekstremitte reaksiyon zamanını değerlendirmek amacıyla yapılmaktadır. Bununla birlikte test, sadece genç, fiziksel olarak aktif bireylerden oluşan örnekleme (27±4 yıl) test edilmiştir. Test sırasında katılımcı ayakta dururken, dominant elin avucunu (örneğin fırlatma, itme gibi sportif faaliyetler için sezgisel olarak kullanılacak el olarak tanımlanır) dirsek

yüksekliğine ayarlanmış bir masaya yerleştirilir. Aynı masada, kol uzunluğunda bir mesafeye bir sensör yerleştirilir. Görev, sensörü mavi renkte yanar yanmaz üzerinde kaydırarak (temas gerekmez) mümkün olduğunca hızlı bir şekilde devre dışı bırakmaktır. Arada değişken aralıklarla toplam 20 tekrar yapılır. Her kaydırmadan sonra el masadayken nötr/başlangıç pozisyonu yeniden gelir. Tepki süresinin (sn) tüm tekrarlarda ortalaması alınır. Test, yüksek düzeyde dikkat ve yüksek bir reaksiyon hızı gerektirir.¹²

Alt Ekstremitte Reaksiyon Zamanı Testi

Test, alt ekstremitte reaksiyon zamanını değerlendirmek amacıyla yapılmaktadır. Bununla birlikte test, sadece genç, fiziksel olarak aktif bireylerden oluşan örnekleme (27±4 yıl) test edilmiştir. Alt ekstremitte için neredeyse üst ekstremitte testindeki aynı görev tasarlanmıştır. Görevi, hareket sensörlerini devre dışı bırakmak olan katılımcının önüne bir sensör yerleştirilir. Katılımcı ayakta dururken dominant ayağıyla yanıp sönen ışık (örneğin tekme atma, atlama gibi sportif faaliyetler için sezgisel olarak kullanılacak olan ayak olarak tanımlanır) mümkün olduğunca hızlı bir şekilde devre dışı bırakır. Yine, 20 tekrar arasında başlangıç pozisyonu (omuz genişliği duruşu) yeniden benimsenir ve tepki süresi (sn) tüm tekrarların ortalaması olarak ifade edilir. Yukarıda açıklanan versiyona benzer şekilde, bu görevde de dikkat ve tepki süresi performansı gereklidir.¹²

SEÇİM-REAKSİYON ZAMANI TESTİ

Seçim-Reaksiyon Zamanı Üst Ekstremitte Testi

Test, üst ekstremitte reaksiyon zamanı, dikkat, görsel tarama ve işleme hızını değerlendirmek amacıyla yapılmaktadır. Bununla birlikte test, sadece genç, fiziksel olarak aktif bireylerden oluşan örnekleme (27±4 yıl) test edilmiştir. Test sırasında katılımcı, dirsek yüksekliğine göre ayarlanmış bir masanın arkasında durur. Masada, 8 sensör yarım daire şeklinde ve eşit aralıklarla yerleştirilir. Katılımcının her sensöre olan mesafesi, bir dirsek uzunluğuna karşılık gelir. Rastgele, ışıklar birer birer mavi renkte yanıp söner ve ayakta duran katılımcıların elini kaydırması ile devre dışı bırakılması gerekir (sensörle temas gerekmez). Tepki görevlerinin aksine, gerektiğinde her iki el de kullanılabilir (belirli bir el ile bir sensörü devre dışı

bırakmak için talimat yoktur). Her görevden önce eller masaya yerleştirilmelidir. Bu test, tepki süresi ve dikkatin yanı sıra görsel tarama ve işleme hızını da gerektirir.¹²

Seçim-Reaksiyon Zamanı Alt Ekstremitte Testi

Test, alt ekstremitte reaksiyon zamanı, dikkat, görsel tarama ve işleme hızını değerlendirmek amacıyla yapılmaktadır. Test, üst ekstremitte reaksiyon zamanı ile aynı örnekleme test edilmiştir. Testte 8 ışık yarım daire şeklinde düzenlenmiştir, ayağın merkezine olan mesafe, yer ile tibial tüberkül arasındaki alt ekstremitte uzunluğuna karşılık gelir. Bir ışığı ayaklarla devre dışı bırakmadan önce başlangıç/nötr pozisyonunda (omuz genişliği duruşu) zemin teması yapılmalıdır. Bu test, alt ekstremitenin reaksiyon süresi, dikkat, görsel tarama ve işlem hızını değerlendirmek için gereklidir.¹²

DUR-SİNYAL TESTİ

Üst Ekstremitte Dur-Sinyal Testi

Genç ve aktif bireylerde üst ekstremitenin tepki engelleme ve hızlı tepki verme becerisini değerlendirmek amacıyla yapılmaktadır. Test, 50'si devam işareti (koyu mavi) ve 10'u hareket etmeme işareti (açık mavi) olmak üzere 60 ışık içermektedir. Bir masanın önünde duran katılımcı (dirsek seviyesinde), dominant elinin yanını bir sensörün yanına yerleştirir. Daha sonra koyu mavi yanıp sönerken sensörü mümkün olduğunca çabuk devre dışı bırakması, ancak açık mavi yanıp sönerken bunu yapmaması talimatı verilir. Yüksek düzeyde dikkat ve hızlı tepki süresinin yanı sıra görevin başarılı bir şekilde tamamlanması için tepkiyi engelleyebilme becerisi gereklidir. Bu test için gereken toplam süre yaklaşık 1 dk'dır.¹²

Alt Ekstremitte Dur-Sinyal Testi

Genç ve aktif bireylerde alt ekstremitenin tepki engelleme ve hızlı tepki verme becerisini değerlendirmek amacıyla yapılmaktadır. Alt ekstremitte için hemen hemen aynı test yapılır. Katılımcı, yerdeki bir sensörün yanında durur. Dominant bacağı kullanarak, sensörü devre dışı bırakması veya devre dışı bırakmaması (hareket etmemesi) talimatı verilir. Test, 42'si devam işareti ve 8'i hareket etmeme işareti olmak üzere 50 ışık içerir. Hem ortalama yanıt süresi

(sn) hem de hata sayısı kaydedilir. Dikkat, tepki süresi ve tepkiyi engelleyebilme ile ilgili becerileri temsil eder.¹²

REAKTİF ÇEVİKLİK TESTİ

Reaktif Çeviklik Testi A

Genç ve aktif bireylerde reaktif çeviklik, tepki engelleme ve hızlı tepki verme becerilerini değerlendirmek amacıyla yapılmaktadır. Bir iç dikdörtgen ve koniler arasında 1 m mesafe ile bir dış dikdörtgen oluşturan 8 koninin tepesine 8 sensör takılmıştır. Böylece işgal edilen toplam kare 4 m²'dir. Test sırasında, rastgele seçilen 2 sensör aynı anda mavi renkte yanar, ancak biri halka ve merkez ışıklıdır. Katılımcının, halka ve merkez ışıklı sensörleri yok sayarken, halka ışıklı sensörü devre dışı bırakması gerekir. Yirmi dört doğru sensörü devre dışı bırakmak için gereken toplam süre (sn) hesaplanır. İlgili test, görsel tarama, tepki süresi, işlem hızı, tepki engelleme ve bilişsel esnekliği içerir.¹²

Reaktif Çeviklik Testi B

Genç ve aktif bireylerde reaktif çeviklik, tepki engelleme, kısa süreli bellek ve hızlı tepki verme becerilerini değerlendirmek amacıyla yapılmaktadır. Test kurulumu A versiyonuyla aynıdır. Ancak katılımcılar dönüşümlü olarak halka ışıklı sensörleri veya halka merkez ışıklı sensörleri devre dışı bırakmak zorunda kalırlar. Yirmi dört doğru sensörü devre dışı bırakmak için gereken toplam süre (sn) ölçülür. Bu testte A versiyonundan farklı olarak kısa süreli belleğe de ihtiyaç vardır.¹²

SONUÇ

Literatürde, nörobilişsel yetenekleri ve fiziksel performansı ayrı ayrı testlerle değerlendiren çalışmalar mevcuttur.¹⁵⁻¹⁹ Fakat bu yetenekler, spor müsabakasında aynı anda işlev görür ve birbirini etkiler. Bu sebeple bu yetenekleri birlikte değerlendiren nörobilişsel FPT geliştirilmiştir. Nörobilişsel FPT, sporcunun oyun sırasında değişen ortam şartlarına uyum yeteneğinin ilk objektif göstergelerinden biridir. Bu testler ile müsabaka sırasında süre kısıtlılığı olan anlarda spor performansında ortaya çıkan motor ve nörobilişsel eksiklikler tespit edilir. Eksikliklerin tespit edilmesi, yaralanmaların önlenmesinde veya spora

dönüş kararının verilmesinde spor hekimi, antrenör veya fizyoterapistin yardımcı olabilir.

Nörobilişsel FPT, motor performansın yanı sıra nörobilişsel becerileri de değerlendirdiği için sporcu performansını müsabaka anına yakın bir şekilde değerlendirir. Fakat test sırasında müsabaka ortamındaki ses, insan faktörünün ve rekabet ortamının olmaması gibi kaygı ve motivasyonu etkileyen faktörlerin göz ardı edilmesi sebebiyle gerçek bir spor ortamı sağlanabilmiş değildir. İşitsel ve somatosensöriyel uyaranlar eklenerek bu testler zenginleştirilebilir ya da spora özel karmaşık görevlerin testlere entegre edilmesi ile motor planlama becerisi de değerlendirilebilir. Nörobilişsel FPT, genç ve fiziksel olarak aktif bireylerden oluşan örneklerde test edilmiştir. Bununla birlikte, testlerin güvenilirliği henüz diğer popülasyonlarda test edilmemiş olsa da yaşlı bireyler için de değerli olabilir. Yaşlı bireylerde düşme olasılığı tahmini için bu testlerin basit versiyonu tasarlanabilir.

Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Fikir/Kavram: Fatma Ünver; **Tasarım:** Ebru Tekin; **Denetleme/Danışmanlık:** Fatma Ünver; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Ebru Tekin; **Analiz ve/veya Yorum:** Ebru Tekin; **Kaynak Taraması:** Ebru Tekin; **Makalenin Yazımı:** Fatma Ünver, Ebru Tekin; **Eleştirel İnceleme:** Fatma Ünver; **Kaynaklar ve Fon Sağlama:** Ebru Tekin; **Malzemeler:** Ebru Tekin.

KAYNAKLAR

- Bahr R. Why screening tests to predict injury do not work-and probably never will...: a critical review. *Br J Sports Med.* 2016;50(13):776-80. [Crossref] [PubMed]
- Hegedus EJ, McDonough SM, Bleakley C, Baxter D, Cook CE. Clinician-friendly lower extremity physical performance tests in athletes: a systematic review of measurement properties and correlation with injury. Part 2—the tests for the hip, thigh, foot and ankle including the star excursion balance test. *Br J Sports Med.* 2015;49(10):649-56. [Crossref] [PubMed]
- Verschueren J, Tassignon B, De Pauw K, Proost M, Teugels A, Van Cutsem J, et al. Does acute fatigue negatively affect intrinsic risk factors of the lower extremity injury risk profile? A systematic and critical review. *Sports Med.* 2020;50(4):767-84. [Crossref] [PubMed]
- Glasgow P, Bleakley CM, Phillips N. Being able to adapt to variable stimuli: the key driver in injury and illness prevention? *Br J Sports Med.* 2013;47(2):64-5. [Crossref] [PubMed]
- Chimera NJ, Warren M. Use of clinical movement screening tests to predict injury in sport. *World J Orthop.* 2016;7(4):202-17. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Hegedus EJ, McDonough S, Bleakley C, Baxter GD, DePew JT, Bradbury I, et al. Physical performance tests predict injury in National Collegiate Athletic Association athletes: a three-season prospective cohort study. *Br J Sports Med.* 2016;50(21):1333-7. [Crossref] [PubMed]
- Tassignon B, Verschueren J, Delahunt E, Smith M, Vicenzino B, Verhagen E, et al. Criteria-based return to sport decision-making following lateral ankle sprain injury: a systematic review and narrative synthesis. *Sports Med.* 2019;49(4):601-19. [Crossref] [PubMed]
- Herman DC, Barth JT. Drop-jump landing varies with baseline neurocognition: implications for anterior cruciate ligament injury risk and prevention. *Am J Sports Med.* 2016;44(9):2347-53. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Wilkerson GB. Neurocognitive reaction time predicts lower extremity sprains and strains. *International Journal of Athletic Therapy and Training.* 2012;17(6):4-9. [Crossref]
- Verschueren J, Tassignon B, Pluym B, Van Cutsem J, Verhagen E, Meeusen R. Bringing context to balance: development of a reactive balance test within the injury prevention and return to sport domain. *Arch Physiother.* 2019;9:6. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Millikan N, Grooms DR, Hoffman B, Simon JE. The development and reliability of 4 clinical neurocognitive single-leg hop tests: implications for return to activity decision-making. *J Sport Rehabil.* 2019;28(5):536-44. [Crossref] [PubMed]
- Wilke J, Vogel O, Ungricht S. Can we measure perceptual-cognitive function during athletic movement? A framework for and reliability of a sports-related testing battery. *Phys Ther Sport.* 2020;43:120-6. [Crossref] [PubMed]
- Plisky PJ, Gorman PP, Butler RJ, Kiesel KB, Underwood FB, Elkins B. The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *N Am J Sports Phys Ther.* 2009;4(2):92-9. [PubMed] [PMC]
- Tassignon B, Verschueren J, De Wachter J, Maricot A, De Pauw K, Verhagen E, et al. Test-retest, intra- and inter-rater reliability of the reactive balance test in healthy recreational athletes. *Phys Ther Sport.* 2020;46:47-53. [Crossref] [PubMed]
- Ludyga S, Tränkner S, Gerber M, Pühse U. Effects of judo on neurocognitive indices of response inhibition in preadolescent children: a randomized controlled trial. *Med Sci Sports Exerc.* 2021;53(8):1648-55. [Crossref] [PubMed]

16. Abeare C, Messa I, Whitfield C, Zuccato B, Casey J, Rykalski N, et al. Performance validity in collegiate football athletes at baseline neurocognitive testing. *J Head Trauma Rehabil.* 2019 ;34(4):E20-31. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
17. Ludyga S, Mücke M, Leuenberger R, Bruggisser F, Pühse U, Gerber M, et al. Behavioral and neurocognitive effects of judo training on working memory capacity in children with ADHD: A randomized controlled trial. *Neuroimage Clin.* 2022;36:103156. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
18. Avery M, Wattie N, Holmes M, Dogra S. Seasonal changes in functional fitness and neurocognitive assessments in youth ice-hockey players. *J Strength Cond Res.* 2018;32(11):3143-52. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
19. Mulligan I, Boland M, Payette J. Prevalence of neurocognitive and balance deficits in collegiate aged football players without clinically diagnosed concussion. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2012;42(7):625-32. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]