

Sportif Performans Açısından İzokinetik Kuvvet Değerlendirme ve Yorumlama

Hasan Hüseyin Yılmaz¹

Sonay Serpil Daşkesen²

Özet

Sportif performans; fiziksel, fizyolojik, psikolojik, zihinsel ve teknik-taktik birçok parametreyi kompleks şekilde içerisinde barındırmaktadır. Sporcuların fiziksel parametreleri diğer parametrelere alt yapı oluşturmaktadır. Bu parametrelerden en önemlisi kuvvet olarak düşünülmektedir. Kuvvet, iskelet ve eklemleri harekete geçirmek için gereken mekanik enerjiyi oluşturmada ve harekete imkan vermektedir. Aynı zamanda hareket sisteminin önemli bir ögesinde meydana getirildiğinden birçok performans parametresini doğrudan etkilemektedir. Sporcuların kuvvet testlemelerinin yapılmasıyla antrenman takibi ve güncellemesi, kuvvet dengesizlikleri, rehabilitasyon süreci takibi, spor sakatlıkları riskleri tespit edilebilmektedir. Kuvvet ölçümleri, birçok farklı yöntem kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir. Bu yöntemlerden en yaygın kullanılan ve en güvenilir veri sağlayan ise izokinetik kuvvet platformlarıdır. İzokinetik kuvvet platformlarında farklı kasılma türlerine yönelik statik ve dinamik testlemeler yapılmaktadır. Buna ek olarak sporcuların kuvvet temelli, devamlılık, yorgunluk indeksi, maksimal kuvvet, relatif kuvvet, güç ve relatif güç gibi fonksiyonel değerlendirmelerine veri elde edilmektedir. Ayrıca, sportif performans için önemli olan propriosepsiyon ile ilgili testlemelere imkan sağlamaktadır. Testlemeler sonucunda, antrenörler, atletik performans uzmanları ve kondisyonerlere önemli bilgiler sağlamakta ve zirve performans için dönemleme ve antrenman planlamalarının güncellenmesinde önemli rol oynamaktadır.

- 1 Atatürk Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, hasanh.yilmaz@atauni.edu.tr <https://orcid.org/0000-0003-1994-7731>
- 2 Atatürk Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, sonayserpilalpdogan@gmail.com , <https://orcid.org/0000-0002-8227-6590>

Giriş

Antrenörler, atletik performans uzmanları, kondisyonerler ve sporcuların ortak hedefi performansın en üst düzeye çıkarılması ve sürdürülebilmesidir. Performans birçok parametre ile yakından ilişki içerisindedir ve kompleks bir yapıdadır (Kurudirek,2022). Sporcuların performansları fiziksel, fizyolojik, psikolojik, mental, teknik-taktik öğelerin üst düzeye getirilmesi ile mümkün olmaktadır (ACSM, 2012).

Sportif performans açısından düşünüldüğünde fiziksel ve fizyolojik parametreler sporcuların spor dalına özgü beceri ve hareketleri gerçekleştirmek için önemli parametreler olarak öne çıkmaktadır (Kurudirek,2021). Çünkü olimpik ve olimpik olmayan birçok spor branşı çoğunlukla fiziksel ve fizyolojik parametreleri içerisinde barındırmaktadır. Fiziksel ve fizyolojik parametreler arasında; kuvvet, dayanıklılık, sürat, denge, koordinasyon, çeviklik, hareketlilik, esneklik, kardiyovasküler uyum, enerji sistemleri, solunum sistemi fonksiyonları gibi faktörler başlıca yer almaktadır (Bompa ve Buzzichelli, 2015; Aktaş,2024). Bu parametrelerin her birisine temel oluşturan ise kuvvet özellikleridir.

Kuvvet sporcuların, diğer tüm motor yetilerinin gelişmesi başta olmak üzere, teknik-taktik uygulamalar, tüm fiziksel ve fizyolojik parametrelerin gelişmesinde ana faktör olarak ortaya çıkmaktadır (ACSM,2012). Kuvvet tüm temel motor özelliklerin alt yapısını oluşturur bir niteliktedir. Bunun temel gerekmesi olarak, hareket sisteminin temel ögesi olarak yer alan kas sistemi ile ilişkisi gösterilmektedir. Hareket sistemi kas, iskelet ve sinir sisteminin uyumlu ve sorunsuz çalışması fonksiyonlarını yerine getirmektedir (Gaines ve Talbot, 1999). Hareket ve becerilerin uygulanması için gereken dinamik enerji ise kas sistemi aracılığı ile sağlanmaktadır. Bu enerjinin iş yapabilmek için sürekli ve istenilen düzeylerde ortaya çıkarılmasının koşulu ise kuvvet üretim mekanizmasında yatmaktadır. Bu nedenle, kuvvet temelli olup olmamasına bakılmaksızın spor dallarının çoğunda kuvvet gelişimi sportif performans için önerilmektedir (Porcari ve ark., 2015).

Sportif performanstaki önemi göz önüne alındığında kuvvet gelişimi testlemeleri ve takibi antrenörler, atletik performans uzmanları ve kondisyonerler için önemli hale gelmektedir (Demirel, 2017). Kuvvet birçok direkt ve indirekt ölçüm yöntemleri ile değerlendirilmektedir. Kuvvet sportif müsabakalar sırasında sergilenen performans gözlemleri ile fonksiyonel olarak, manuel dinamometreler, sıçrama testleri, izometrik yüklenme testleri vb. ile indirekt olarak ve izokinetik dinamometreler yardımıyla ise direkt olarak ölçülebilmektedir (ACSM, 2013). Kuvvet ölçümleri, kuvvet parametrelerinin yanı sıra, sakatlık sonrası rehabilitasyon süreci ve

sahaya dönüş protokollerinin belirlenmesinde, kuvvet dengesizliklerinin belirlenmesinde, performans takibinin düzenli sağlanmasında, sakatlık riski tahminlerinde, performans hedeflerinin belirlenmesinde sıklıkla kullanılmaktadır (Demirel, 2018).

Bu bölüm kapsamında sportif performans açısından günümüzde hem bilimsel güvenilirliği hem de direkt bir ölçüm olması sebebiyle birçok amatör ve profesyonel sporcunun kuvvet ölçümlerinde kullanılan izokinetik kuvvet platformu ile kuvvet ve kuvvet çıktılarının değerlendirilmesi anlatılmıştır.

Kuvvet ve İzokinetik Kuvvet

Kuvvet en genel tanımı ile bir dirençe karşı koyabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Sportif açıdan düşünüldüğünde ise kuvvet, sporun temel bileşeni olarak bir veya birden fazla kas grubunun istenilen düzeyde çalışması ile direnç gösterme yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Bompa ve Buzzichelli, 2015).

İzokinetik kuvvet ise kasılmanın gerçekleşme tipi ile ilgili bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Günlük yaşamda ve çoğu spor becerileri genellikle izometrik ve izotonik kasılmaların kombinasyonu ile gerçekleşmektedir (Zoladz, 2018). Ancak izokinetik kuvvet yardımcı ekipmanlar kullanılarak gerçekleştirilmektedir. İzokinetik kuvvet; hareket hızının sabitlenerek direnç yenebilme olarak tanımlanabilmektedir. İzokinetik kuvvet ölçüm ve antrenmanları özel ekipmanlar ile gerçekleştirilmektedir. Bu kasılma ve kuvvet türünde eklem hareketleri de sınırlar içerisinde tutulmaktadır (Groeber vd., 2021). Sporcuların hareketleri ve hareket hızlarının kontrol edilmesi izokinetik kuvvet değerlendirmelerini günümüzde en çok kullanılan kuvvet testleri arasında yer almasına neden olmaktadır.

İzokinetik Kuvvet Platformu

İzokinetik kuvvet platformları kuvvet ölçümleri için özel olarak üretilmiş ekipmanlardan oluşmaktadır. İzokinetik kuvvet platformu temelde sporcuların eklem hareketlerine uygun olarak konulandırılabilmesi bir platform, kuvvet ölçümlerinin gerçekleşmesini sağlayan bir dinamometre ve testleme yapılacak olan sporcuların platform üzerine sabitlenmesine ve dinamometre ile bağlantının kurulmasına olanak sağlayan farklı şekil ve uzunluklarda aparatlardan oluşmaktadır. İzokinetik kuvvet platformları ile hareket sistemi ögesi olarak değerlendirilen tüm ana eklemlerin tüm hareketlerinin kuvveti ölçülebilmektedir. İzokinetik kuvvet platformu ve diğer ekipmanları Şekil 1.'de gösterilmektedir.



Şekil 1. İzokinetik Kuvvet Platformu

İzokinetik Kuvvet Platformu Testlerinde Terimler

İzokinetik kuvvet platformu ile gerçekleştirilen testlerde birçok parametre ve değerlendirme yer almaktadır. Bu parametreler ve değerlendirmeler sırasında testleme sonuçlarını doğru yorumlayabilmek ve iyi analiz edebilmek için terimlerin iyi öğrenilmesi ve kavranması önemlidir. İzokinetik kuvvet platformu ile gerçekleştirilen testlerde kuvvet ölçü birimleri, kasılma türleri, anatomik terimler ve anatomik bilgiler oldukça önemli yere sahiptir.

İş ve Total İş

İş, iki temel miktarın çarpımından elde edilir: kuvvet ve uzunluk (mesafe veya yer değiştirme). Mekanik iş, bir cisme uygulanan kuvvet ile cisme kuvvet uygulanırken cismin kuvvet doğrultusunda hareket ettiği mesafenin ürünüdür (Kural ve Arslan, 2024). Matematiksel olarak iş, uygulanan kuvvetin (F), kuvvetin nesneye uygulandığı açının (θ) ve nesnenin hareket ettirildiği mesafenin (D) ürünüdür. Total iş ise bir cisme uygulanan kuvvetlerin toplamı olarak ifade edilir. Her tekrardan elde edilen işlerin toplamına eşittir. İş kavramının ölçü birimi joule'dür.

Güç

Güç, yapılan işin oranını ifade eden değişkendir. Matematiksel olarak güç, işin zamana bölümü olarak hesaplanır. Güç (P) için önerilen birim, watt'tır (W). Joule gibi, watt da gücü bütünlüğü içinde tanımlar (Adaş, 2008; Aktaş,2023).

Hız

Hız, mesafenin (D) zamana (t) bölümüdür, burada mesafe kat edilen gerçek uzunluğu temsil etmektedir. Hız, yer değiştirmenin (d) zamana (t) bölünmesiyle hesaplanır; burada yer değiştirme, belirli bir başlangıç noktası ile bitiş noktası arasındaki düz çizgi mesafesini temsil etmektedir (Clark ve Lucett, 2010). Çoğu durumda, hız terimi sürat yerine kullanılır.

Açısal hız

Açısal hız, bir nesnenin döndüğü hızı tanımlar. İzokinetik dinamometride sıklıkla olduğu gibi, saniye başına derece olarak tanımlanabilir. Açısal hız (v), doğrusal olmak yerine, bir nesnenin dönme hızını tanımlar. Açısal hızı ifade etmek için tercih edilen ölçü birimi saniye başına radyandır (rad·s – 1) (Kural ve Arslan, 2024). Bununla birlikte, özellikle izokinetik dinamometri ile ilgili olarak sıklıkla kullanılan diğer bir birim saniye başına derecedir (deg·s – 1 veya °·s – 1). Tam bir çemberde 2π radyan olduğundan, bir radyan yaklaşık 57,3 °dir.

Tork ve Zirve Torku

Tork, dönme veya bükme hareketi üreten veya üretme eğiliminde olan bir kuvvet veya kuvvetler kombinasyonudur. Tork, bir izokinetik dinamometre ile alınan kas gücü ölçümlerini tanımlamak için kullanılır. Cihaza uygulanan doğrusal kuvvetin (F) ve bu kuvvetin uygulandığı manivela kolunun dik uzunluğunun (D) matematiksel olarak çarpımıdır (Kural ve Arslan, 2024). Zirve tork tipik olarak birkaç denemede üretilen en büyük tork olarak tanımlanır ve kas gücünün bir ölçüsü olarak kullanılır. Tork yaratılan “ kuvvet momentine “ dayalı olarak türetilmiş bir nicel ölçü birimidir. Kuvvet momenti, moment kolunun uzunluğunun (dönme merkezinden kuvvetin uygulandığı noktaya kadar ölçülen) ve o anda kol boyuna uygulanan kuvvetin matematiksel çarpımıdır. Tork için kullanılan ölçü birimi, kuvvet (N) ve uzunluk (m) biriminden türetilen newton metredir (N·m) (Biodex, 2024).

Kasılma Türleri

Kas kasılması, hareket sistemi öğeleri olan sinir ve kas sisteminin koordineli çalışması sonucunda ortaya çıkmaktadır. Temel olarak kasa gelen ardı ardına uyarılar sonucunda boyutsal olarak kısılması durumu olarak tanımlanmaktadır. Kas kasılması birçok fizyolojik sürecin katıldığı kompleks bir yapıdadır ve sonucunda kasın kasılabilir öğelerinde gerilim ortaya çıkarmaktadır (Günay ve ark., 2019). Kas kasılması hareketlerin temelini oluşturan önemli bir özelliktir. Hareket sisteminin pasif öğesi olan iskeletin

harekete geçmesini sağlar. Kas kasılması içerisinde kayan filamentler teorisi ve ya hep ya hiç kanunu bulunmaktadır. Kayan filamentler teorisi kasılmanın fiziksel görünümünü (kısalmayı) gösteren ögedir (Porcari ve ark. 2015). Ya hep ya hiç kanunu ise motor ünitelerin kasılma prensibi olarak açıklanabilmektedir. Hareket üretebilmenin temel prensibi kasılmayla olan gerilimin dış dirence olan büyüklüğü ile ilişkilidir. Kasılma ile hareketin ortaya çıkması ancak gerilim, dirençten büyük ise gerçekleşmektedir. Kasılma döngüsü, uyarılma, kasılma ve gevşeme süreçleri olmak üzere üç ana aşamada gerçekleşmektedir (Powers ve ark., 2018).

İzometrik Kasılma

İzometrik kasılma, temel olarak kasın boyunda herhangi bir değişiklik olmadan gerilim üreterek direnç yenebilmeyi sağlayan bir kasılma türüdür. Bu kasılma türünde aktin ve miyozin bağlanma gerçekleştirmekte ancak kayma hareketini yapmamaktadır (Estrázulas ve ark. 2020). Bu nedenle statik bir kasılma türü olarak nitelendirilmektedir. Bu kasılma türünde kasın boyu sabittir. Bu tür kasılmalar izole edilmiş kaslarda gerçekleştirilebilmektedir (de Carvalho Froufe ve ark. 2013).

İzotonik Kasılma

İzotonik kasılma, kasın boyunda değişiklik meydana getiren kasılma türüdür. Bu kasılma türünde kas iç direncinde herhangi bir değişiklik meydana gelmemektedir. Bu kasılma türü dinamik bir kasılma olarak nitelendirilmektedir ve kasılma ile ilgili tüm döngü gerçekleşmektedir (Günay ve ark, 2019). Bu kasılma ile eklemde açılma farklılıkları oluşmakta ve direnç hareket ile birlikte yenilmektedir. Kasın kuvvet üretme büyüklüğü ve kapasitesi yenilmesi gereken dirence göre her tekrarda değişmektedir. İzotonik kasılma, konsantrik ve eksantrik olmak üzere iki ayrı faz ile incelenmektedir. Bu kasılmanın konsantrik fazında çalıştırılan kas ve/veya kas grubu kuvvet üretme işlemini kasın boyu kısalmaya gerçekleştirilmektedir (Li ve ark., 1996). Eksantrik fazda ise konsantrik fazın tam tersi şekilde kaslar direnci yenerken uzayarak kuvvet üretmektedir (Solomon, 2015).

İzokinetik Kuvvet Testi Türleri

İzokinetik kuvvet testleri en genel anlamda kuvvetin genel bir bilgisini elde etmek için gerçekleştirilmektedir. Kuvvetin ölçülmesi dinamometre yardımı ile nesnel ve kolay bir şekilde yapılabilmektedir. İzokinetik kuvvet testleri içerisinde kasın kasılma özelliklerine ve hareketin genel yapısına göre hareket modları seçilebilmektedir. Sporcu ve spor dalının gereksinimleri

göz önünde bulundurularak kuvvet üretim mekanizmaları ve fazları net olarak ölçümlenebilmektedir.

İzokinetik kuvvet test platformlarında genellikle, kuvvet ölçümleme için statik ve dinamik testler kullanılmaktadır. Statik testler olarak bakıldığında platform, izometrik kuvvet testlerini ve propriosepsiyon ölçümleri için olanaklar sunmaktadır. Dinamik testlerde ise, kasılma özelliklerine göre dört farklı ölçüm mekanizması ortaya konulabilmektedir (Drouin ve ark. 2004). Bu testlemelerde eklem hareketleri iki yönlü olarak ölçümlenmektedir (fleksiyon/ekstansiyon, abduksiyon/adduksiyon gb.) (Dvir ve Müller, 2020). İzokinetik kuvvet platformunda dinamik ölçümler sırasında kasın kasılma türlerine göre herhangi bir eklem hareketi; konsantrik-konsantrik, eksantrik-eksantrik, konsantrik-eksantrik ve eksantrik-konsantrik olmak üzere dört farklı şekilde testlenebilmektedir (Biodex, 2024). Bu modlar arasındaki geçişler spor dalının özelliklerine, testleme yapılan eklem sportif performans sürecinde hangi fonksiyonlara sahip olduğuna ve nasıl çalıştığına bağlı olarak karar verilmektedir.

İzokinetik Kuvvet Platformunda İzometrik Testler

İzokinetik kuvvet platformlarında, izometrik kuvvet ölçümleri tüm eklem hareketleri için gerçekleştirilebilmektedir. Bu ölçümlerde temel amaç statik durumda kasların maksimum kuvvet üretme mekanizmalarını ortaya çıkarmaktadır (Caruso ve ark. 2012). İzometrik testlemeler fonksiyonel değerlendirmeler için genellikle kullanılmamaktadır. Bu ölçümlerler daha çok kasın toplam potansiyeline yönelik değerlendirmeler yapmak ve referans bir üst eşik belirlemek için tercih edilmektedir. Bu süreç her eklem için üç kez tekrarlanmaktadır ve en iyi sonuç test sonucu olarak değerlendirmelere dahil edilmektedir (Kato ve ark. 2011).

İzokinetik Kuvvet Platformunda Propriosepsiyon Testi

İzokinetik kuvvet platformları çoğunlukla kasıl kasılabilir öğelerinin ürettiği kuvvete yönelik olsa da buna ek olarak propriosepsiyon ölçümlerinde gerçekleştirilebilmektedir. Testlemeye katılacak bireyleri tüm eklem hareketlerinde hareket hissi ve eklem konumu ile ilgili bilgiler bu ölçümler ile nicel ve nesnel olarak belirlenmektedir (Seven ve ark. 2019). Propriosepsiyon ölçümleri için sporcular platform üzerine ölçüm yapılacak eklem izole bir şekilde kalacak şekilde yerleştirilmektedir ve sporcunun gözleri göz bandı ile kapatılmaktadır. Bu sayede sporcunun eklem konumunu tahmin etmesi sağlanmaktadır (Ordahan, 2009). Ölçüm süreci, test yapan kişi tam eklem hareket açıklığını sporcunun algılayabilmesi için başlangıç ve bitiş noktası arasında dinamometre bağlantı noktası olan ve eklem hareketi için bağlanmış

olan aparatı yavaşça hareket ettirmektedir. Başlangıç ve bitiş noktası arasında hareket tamamlandıktan sonra sporcuya toplam hareket açıklığı arasında bir noktada referans bir nokta verilmektedir. Referans noktanın belirlenmesi için 3-5 saniyelik bir bekleme gerçekleştirilmektedir (Atalay ve ark. 2008). Sonrasında ise sporcunun ölçüm yapılan ekstremitesinin konumu değiştirilmekte ve referans olarak verilen noktayı tekrar bulması istenmektedir. Sporcunun referans noktasına olan uzaklığı testleme sonucu olarak kaydedilmektedir (Biodex, 2024). Bu süreç her eklem için üç kez tekrarlanmaktadır ve en iyi sonuç test sonucu olarak değerlendirilmelere dahil edilmektedir. Bu ölçüm sonuçları, sportif performans için, sakatlıklar sonrası rehabilitasyon sürecinin belirli aşamalarının yorumlanmasında kullanılmaktadır.

İzokinetik Kuvvet Platformunda İzotonik Testler

İzokinetik kuvvet platformunda kuvvet ve kuvvete bağlı olarak yapılan fonksiyonel değerlendirmeler için sıklıkla tercih edilen testler dinamik testlerdir (Baltzopoulos, 2017). Kasın kasılma sistemine uygun olarak izotonik fazların farklı dört kombinasyonu kullanılarak ölçümler gerçekleştirilmektedir. Bu kombinasyonlar; konsantrik-konsantrik, eksantrik-eksantrik, konsantrik-eksantrik ve eksantrik-konsantrik olarak dizayn edilmektedir. Sporcuların eklem hareketi sırasında, çalışan kasları agonist ve antagonist olarak kombine şekilde ölçülebilmektedir. Bu sayede eklem hareketinin iki fazı ile ilgili bilgiler elde edilmektedir (Gaines ve Talbot, 1999).

Bu ölçüm sisteminde literatüre bakıldığında sıklıkla tercih edilen konsantrik-konsantrik kombinasyon olduğu görülmektedir ve birçok fonksiyonel değerlendirme bu kombinasyona göre şekillendirilmektedir (Pua ve ark. 2008). Ancak spor dalı ve sporcunun, antrenör ve kondisyonerlerin talepleri doğrultusunda diğer kombinasyonlar da tercih edilmektedir.

Dinamik ölçümler olan izotonik testler izokinetik olarak ölçümlenirken farklı açısız hızlar ve tekrar sayıları tercih edilebilmektedir. Test açısız hızı ve tekrar sayıları ölçüm kombinasyonu ve türüne göre değişmemektedir.

İzokinetik Kuvvet Platformu Testlerinde Açısız Hızlar ve Tercih Edilen Tekrar Sayıları

İzokinetik kuvvet testlerinde değerlendirmelerin anahtarı açısız hız olarak ifade edilmektedir. Açısız hızlar izokinetik kuvvet değerlendirmelerinde kuvvet türüne göre değerlendirmelerde ve fonksiyonel değerlendirmelerde ön plana çıkmaktadır. İzokinetik kuvvet platformlarında farklı açısız hız aralıkları bulunmasına rağmen genellikle 0 ile 600 m/sn aralığı her cihazda bulunmaktadır (Biodex, 2024; Gleeson ve Mercer, 1996). Açısız

hızlar genellikle üç seviye olarak değerlendirilmektedir. 0-90 m/sn açısız hızlar düşük açısız hız, 90-180 m/sn açısız hızlar orta açısız hız ve 180 m/sn üzeri açısız hızlar ise yüksek açısız hız olarak nitelendirilmektedir ve bu açısız hızların sporcularda oluşturduğu yüklenme zorluğuna göre tekrar sayıları belirlenmektedir (Stark ve ark. 2011). Sporcuların açısız hızlarda tercih edilen tekrar sayıları antrenman bilimi açısından yüklenme şiddeti ve yüklenme tekrar sayısı arasındaki ilişkiye göre belirlenmektedir. Ancak bazı durumlarda spesifik farklılıklar oluşabilmektedir. Açısız hız ne kadar düşüğe yüklenme süresi o kadar uzamakta ve yüklenme şiddeti ve zorlayıcılık okadar fazla artmaktadır. Bu nedenle tekrar sayıları düşük hızlarda daha az seçilirken yüksek hızlarda daha fazla tercih edilmektedir.

Düşük Açısız Hız (0-90 m/sn)

İzokinetik kuvvet testlemelerinde tercih edilen açısız hızlardan düşük açısız hız genellikle sporcuların maksimal kuvvet performanslarının belirlenmesinde, sakatlık riski değerlendirmelerinde, bilateral ve unilateral farklılıkların ortaya çıkarılmasında tercih edilmektedir. Düşük açısız hızlarda tercih edilen tekrar sayıları genellikle 3 ile 8 arasında değişmektedir. En düşük 3 tekrar seçilmesinin temel sebebi olarak sporcuların maksimum güç üretme kapasitelerinin genellikle 3. Tekrarda ortaya çıkıyor olmasıdır. Sporcuların düşük hızlarda gerçekleştirdiği ölçümler sonucunda elde edilen verilerden özellikle tork ile ilgili kavramlar değerlendirmede çok daha fazla kullanılmaktadır.

Ortalama Açısız Hız (90-180 m/sn)

İzokinetik kuvvet testlemelerinde tercih edilen açısız hızlardan ortalama açısız hız genellikle sporcuların kısa süreli kassal devamlılık performanslarının belirlenmesinde tercih edilmektedir. Ortalama açısız hızlarda tercih edilen tekrar sayıları genellikle 8 ile 15 arasında değişmektedir. Aynı zamanda sakatlık sonrası rehabilitasyon sürecinin ilk aşamalarında maksimal kuvvetlerin belirlenmesinde tercih edilebilmektedir. Daha çok orta süreli spor dallarının değerlendirmelerinde fonksiyonel olarak kullanılmaktadır. Güç ve iş parametreleri değerlendirmelerde daha çok tercih edilmektedir.

Yüksek Açısız Hız (>180 m/sn)

İzokinetik kuvvet testlemelerinde tercih edilen açısız hızlardan yüksek açısız hızlar genellikle sporcuların uzun süreli kassal dayanıklılık parametrelerini, yorgunluk indekslerini belirlemek için tercih edilmektedir. Yüksek açısız hızlarda tercih edilen tekrar sayıları 15'den başlayarak sporcuların özelliklerine ve testleme yapılmak istenen özelliklere göre artırılabilir. Tekrar sayısı artışlarında açısız hız artışlarında göz önünde bulundurulmalıdır. Sporcuların

yorgunluk indekslerinin belirlenmesi temel hedef ise tekrar sayısının 20 ve üzerinde tercih edilmesi önerilmektedir.

İzokinetik Kuvvet Platformu Testlerinin Yorumlanması

İzokinetik kuvvet testi sonucunda elde edilen verilerin yorumlanması tercih edilen açısız hız ve modlara göre çeşitlenmektedir. Ancak genel olarak tüm değerlendirmeler antrenörler, bilim uzmanları, kondisyonerler ve sporcuların talepleri doğrultusunda çeşitlenebilmektedir.

Sporcuların kas kuvvetleri üzerinden maksimal kuvvet, kuvvet farklılıkları (bilateral ve ünilateral) kassal dayanıklılıkları, yorgunluk indeksleri, maksimale ulaşılan açı, kasların çalışma kombinasyonları (kasın farklı başlarının harekete katkı düzeyi) değerlendirilebilmektedir (Osternig, 1986).

Maksimal kuvvet değerlendirmeleri izometrik testler ile statik izotonik testler ile ise dinamik olarak değerlendirilebilmektedir. İzometrik testlerden elde edilen tork verilerin en iyisi sporcu için maksimal kuvvet olarak yorumlanmaktadır. İzotonik değerlendirmelerde ise tüm tekrarlar içerisinde en yüksek tork değeri maksimal kuvvet olarak değerlendirilmektedir. Ancak sporcuların maksimal tork çıktıları dinamik testlerde direkt olarak maksimal kuvvet olarak nitelendirilemeyebilir. Bunun yerine takım karşılaştırmaları ve nesnellığın artırılması için relatif zirve tork hesaplaması yapılmaktadır. Relatif tork için; ulaşılan zirve tork kişinin vücut ağırlığına bölünmektedir. Bu şekilde, her bir vücut ağırlığına karşılık gelen üretilen tork hesaplanmaktadır (Şahin, 2010).

Bilateral farklılık yorumlaması ise yine zirve tork değeri üzerinden gerçekleştirilmektedir. Bu değerlendirmede sporcunun farklı ekstremitelerde çalışan aynı kas gruplarının karşılaştırılması yapılmaktadır. Sporcuların bilateral farklılık değerlendirmeleri sakatlık riski ile de önemli bilgiler sağlamaktadır (Jones ve Bampouras, 2010; Şahin 2010). Bilateral karşılaştırmalar yapılırken, zirve tork değerleri arasındaki farklılıklara göre yorumlama yapılmaktadır. Sporcuların iki ekstremitede arasındaki kuvvet farklılığı %10 ve altında ise normal olarak değerlendirilmekte, %10-20 arası riskli ve %20 ve daha fazla bir farklılık oluşması durumunda ise çok riskli olarak değerlendirilmektedir (Jones ve Bampouras, 2010; Şahin 2010). Bu değerler tüm eklemler için geçerlidir ve tüm eklem hareketlerinde değerlendirme yapılırken referans aralıkları olarak kullanılmaktadır (Şahin, 2010).

Unilateral farklılık yorumlamasında da bilateral farklılık yorumlamasında olduğu gibi zirve tork değerleri kullanılmaktadır. Sporcuların agonist ve antagonist (aynı harekette karşıt çalışan) kaslarının birbirlerine olan kuvvet

oranları ile unilateral değerlendirme yapılmaktadır (Impellizzeri ve ark. 2008). Bilateral farklılıklarda sabit bir oran veriliyorken unilateral farklılıkların belirlenmesinde tam bir referans aralık ve oran bulunmamaktadır. Unilateral değerlendirmelerde, testleme yapılan eklem ve eklem grubuna göre referans değerler vardır. Örneğin Diz fleksör/ekstansör kasları için bu oran %50-80 aralığı verilmektedir (Pua ve ark, 2008). Ancak tüm eklem hareketleri için norm haline gelmiş değerler bulunmamaktadır. Ancak literatür üzerinde farklı örneklem gruplarında yapılmış çalışmalar referans alınarak farklı eklem hareketlerinin unilateral değerlendirmeleri yapılabilmektedir. Unilateral değerlendirmeler sonucunda kas ve eklem sakatlanmalarına ön bir tahmin imkânı sunmaktadır.

Kassal dayanıklılık yorumlaması yüksek açışal hızlar ile gerçekleştirilmektedir ve genellikle total iş ve ortalama iş değerleri kullanılarak yapılmaktadır. Sporcuların tüm tekrarlarda yaptıkları yüklenmelerde ortaya çıkardıkları iş miktarı üzerinden değerlendirme yapılmaktadır. Sporcuların toplam tekrar sayıları sonucunda elde ettikleri total iş sporcularının kassal dayanıklılık düzeyleri ile yorumlama yapmaya katkı sağlamaktadır. Buna ek olarak ortalama iş değerlerinin total işe olan oranı ise kuvvet üretme mekanizmalarının yorumlamasında kullanılmaktadır.

Yorgunluk indeksi hesaplaması ve yorumlaması total iş ve ortalama iş değerleri üzerinden yapılmaktadır. Sporcuların yorgunluk indeksleri hesaplanırken yüksek hızlar kullanılmaktadır. Yüksek hızlarda yapılan tekrarların (en az 20) ilk beş tekrar total iş ve ortalama iş değerlerinin son 5 tekrarda ortaya çıkan değerlere göre oranı yorgunluk indeksi olarak yorumlanmaktadır. Sporcuların anaerobik güç testlerinde olduğu gibi yorgunluk indeksleri için referans olarak %50-55'lik kayıp alınmaktadır (Vassão, 2016).

Propriosepsiyon yorumlamaları, testleme yapan kişinin belirlediği referanslara sporcuların tahmin ettikleri eklem açıklıkları oranarak yorumlanmaktadır. Bu testlemelerin yorumlamalarında net bir yakınlık referansı bulunmamaktadır (Seven ve ark., 2019). Genellikle sporcuların referans noktalara yakınlıkları propriosepsif olarak iyi olduklarını göstermekte olarak yorumlanmaktadır. Referans noktalardan uzaklaşmış olması düşük proprioseptif yetenek olarak değerlendirilmektedir (Ordahan, 2009).

Tekrarlar gerçekleştirilirken ortaya çıkan grafiklerden ise sporcuların toplam açışal farklılıkların hangi aşamalarında kuvvet kaybı yaşadıkları yorumlanmaktadır. Aynı zamanda bu grafiklerden testlerin güvenilirlik ve doğruluğuna dair yorumlama yapılabilmekte ve buna göre sporcuların diğer parametrelerinin değerlendirmeleri güvenli hale getirilmektedir

(Şahin, 2010). Buna ek olarak grafik bütünsel olarak değerlendirildiğinde eklem yaralanmalarına yönelik ön bir tanı ve tahmin imkânı sunmaktadır. Sporcuların eklem hareketini sağlayan kaslarının eklem üzerinde etkinliği değerlendirilebilmektedir.

Kaynakça

- Adaş, R. T. (2008). İzokinetik dinamometre ile yapılan ölçümlerde farklı eklemlere ait yük aralığının tespiti (Master's thesis, Sağlık Bilimleri Enstitüsü).
- Aktaş, B. S. (2023). A Study on the Association between Skiers' Body Fat Percentage and Their Jump and Sprint Performance. *CBÜ Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 18(2), 669-682.
- Aktaş, B. S. The analysis of the relationship between respiratory functions and body compositions of alpine discipline and cross-country skiing athletes. *Turkish Journal of Kinesiology*, 10(1), 34-40.
- American College of Sports Medicine. (2012). ACSM's resource manual for guidelines for exercise testing and prescription. Lippincott Williams & Wilkins.
- American College of Sports Medicine. (2013). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Lippincott williams & wilkins.
- Atalay, N., Ersöz, M., Eser, F., Kumbara, F., & Akyüz, M. (2008). Serebrovasküler olaya bağlı hemipleji gelişen hastalarda el bilek eklem pozisyon duyusunun bilgisayarlı izokinetik sistemlerle incelenmesi. *Türkiye Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Dergisi*.
- Baltzopoulos, V. (2007). Isokinetic dynamometry. *Biomechanical Evaluation of Movement in Sport and Exercise*, 117-142.
- Baltzopoulos, V. (2017). Isokinetic dynamometry. In *Biomechanical evaluation of movement in sport and exercise* (pp. 140-167). Routledge.
- Biodex (2024). <https://biodexrehab.com/wp-content/uploads/2024/08/20-001-CLR-System-4-IFU-Rev-E.pdf>. Erişim tarihi:10.12.2024.
- Bompa, T., & Buzzichelli, C. (2015). *Periodization training for sports*, 3e. Human kinetics.
- Caruso, J. F., Brown, L. E., & Tufano, J. J. (2012). The reproducibility of isokinetic dynamometry data. *Isokinetics and Exercise Science*, 20(4), 239-253.
- Clark, M., & Lucett, S. (Eds.). (2010). *NASM essentials of corrective exercise training*. Lippincott Williams & Wilkins.
- de Carvalho Froufe, A. C. P., Caserotti, P., de Carvalho, C. M. P., de Azevedo Abade, E. A., & da Eira Sampaio, A. J. (2013). Reliability of concentric, eccentric and isometric knee extension and flexion when using the REV9000 isokinetic dynamometer. *Journal of human kinetics*, 37, 47.
- Demirel, N., Özbay, S., Kaya, F., & Bayram, M. (2017). The effects of aerobic and anaerobic training programs applied to elite wrestlers on body composition. *International Journal of Social Sciences and Education Research*, 3(2), 675-682.

- Demirel, N. (2018). The Impact of Therapeutic Recreational Gymnastic Exercise on Basic Motor Skills of Hearing-Impaired Children Aged between 6 and 9 Years. *Journal of education and training studies*, 6(3), 147-151.
- Drouin, J. M., Valovich-mcLeod, T. C., Shultz, S. J., Gansneder, B. M., & Perrin, D. H. (2004). Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. *European journal of applied physiology*, 91, 22-29.
- Dvir, Z., & Müller, S. (2020). Multiple-joint isokinetic dynamometry: a critical review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(2), 587-601.
- Estrázulas, J. A., Estrázulas, J. A., de Jesus, K., de Jesus, K., da Silva, R. A., & Dos Santos, J. O. L. (2020). Evaluation isometric and isokinetic of trunk flexor and extensor muscles with isokinetic dynamometer: A systematic review. *Physical Therapy in Sport*, 45, 93-102.
- Gaines, J. M., & Talbot, L. A. (1999). Isokinetic strength testing in research and practice. *Biological research for nursing*, 1(1), 57-64.
- Gleeson, N. P., & Mercer, T. H. (1996). The utility of isokinetic dynamometry in the assessment of human muscle function. *Sports medicine*, 21, 18-34.
- Groeber, M., Stafiliadis, S., & Baca, A. (2021). The effect of stretch-shortening magnitude and muscle-tendon unit length on performance enhancement in a stretch-shortening cycle. *Scientific Reports*, 11(1), 1-14.
- Günay, M., Tamer, K., Cicioğlu, H., & Şıktar, E. (2019). Spor fizyolojisi ve performans ölçüm testleri.
- Impellizzeri, F. M., Bizzini, M., Rampinini, E., Cereda, F., & Maffiuletti, N. A. (2008). Reliability of isokinetic strength imbalance ratios measured using the Cybex NORM dynamometer. *Clinical physiology and functional imaging*, 28(2), 113-119.
- İrfan, K. M., & Alparşlan, K. M. (2022). Burnout Status of U18 Women's National Ice Hockey Team Players in Turkey. *Education Quarterly Reviews*, 5(1).
- Jones, P. A., & Bampouras, T. M. (2010). A comparison of isokinetic and functional methods of assessing bilateral strength imbalance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(6), 1553-1558.
- Katoh, M., Hiiragi, Y., & Uchida, M. (2011). Validity of isometric muscle strength measurements of the lower limbs using a hand-held dynamometer and belt: a comparison with an isokinetic dynamometer. *Journal of Physical Therapy Science*, 23(4), 553-557.
- Kural, D., & Arşlan, Y. Z. (2024). İzokinetik Testlerde Mekanik Terimlerin Atletik Performansla İlişkilendirilmesi: Spor Bilimciler İçin Bir Rehber. *Spor Eğitim Dergisi*, 8(2), 49-61.

- Kurudirek, M. İ., & Kurudirek, M. A. (2021). Measures and applications of the Turkish Ice Hockey Federation during the COVID-19 pandemic. *African Educational Research Journal*, 9(4), 956-962.
- Li, R. C., Wu, Y., Maffulli, N., Chan, K. M., & Chan, J. L. (1996). Eccentric and concentric isokinetic knee flexion and extension: a reliability study using the Cybex 6000 dynamometer. *British journal of sports medicine*, 30(2), 156-160.
- Ordahan, B. (2009). Ön çapraz bağ operasyonundan önce ve sonra kalça, diz, ayak bileği kas güçleri ve propriosepsiyonun değerlendirilmesi.
- Osternig, L. R. (1986). 2 isokinetic dynamometry: implications for muscle testing and rehabilitation. *Exercise and sport sciences reviews*, 14(1), 45-80.
- Porcari, J., Bryant, C., & Comana, F. (2015). *Exercise physiology*. FA Davis.
- Powers, S. K., Howley, E. T., & Quindry, J. (2018). *Exercise physiology: Theory and application to fitness and performance*. McGraw-Hill New York, NY.
- Pua, Y. H., Bryant, A. L., Steele, J. R., Newton, R. U., & Wrigley, T. V. (2008). Isokinetic dynamometry in anterior cruciate ligament injury and reconstruction. *Annals Academy of Medicine Singapore*, 37(4), 330.
- Seven, B., Cobanoğlu, G., Oskay, D., & Atalay-Guzel, N. (2019). Test-retest reliability of isokinetic wrist strength and proprioception measurements. *Journal of sport rehabilitation*, 28(7).
- Solomon, E. P. (2015). *Introduction to human anatomy and physiology*. Elsevier Health Sciences.
- Stark, T., Walker, B., Phillips, J. K., Fejer, R., & Beck, R. (2011). Hand-held dynamometry correlation with the gold standard isokinetic dynamometry: a systematic review. *PM&R*, 3(5), 472-479.
- Şahin, Ö. (2010). Rehabilitasyonda izokinetik değerlendirmeler. *Cumhuriyet Medical Journal*, 32(4), 386-396.
- Vassão, P. G., Toma, R. L., Antunes, H. K. M., Tucci, H. T., & Renno, A. C. M. (2016). Effects of photobiomodulation on the fatigue level in elderly women: An isokinetic dynamometry evaluation. *Lasers in Medical Science*, 31(2), 275-282.
- Zoladz, J. A. (2018). *Muscle and exercise physiology*. Academic press.