

Nintendo Wii Denge Plakasıyla Kuvvet Ölçümleri İçin Yazılım Geliştirme ve Doğrulama: Güvenirlik ve Geçerlik Çalışması

Validation of Software Developed for Force Measurements with Nintendo Wii Balance Board: Reliability and Validity Study

* İzzet İnce¹

¹ Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Ankara, Türkiye izzetince@aybu.edu.tr / http://orcid.org/0000-0002-6566-5201

* Corresponding author

Özet: Nintendo Wii denge plakası (NWDP), son yıllarda denge ölçümleri ve postürografide çeşitli yazılımların geliştirilmesiyle yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışma, kuvvet ölçümleri için yazar tarafından geliştirilen Windows tabanlı bir yazılımın güvenilirlik ve geçerliliğini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Çalışmaya 12 halterci katılım sağlamıştır. Güvenirlik ve geçerlik analizleri, yüzüstü pozisyonda bilateral maksimum izometrik kuvvet ölçümlerini içeren Atletik Omuz Testi (AOT) üzerinden yapılmıştır. Wii denge plakası, bir kuvvet platformu üzerine yerleştirilerek eş zamanlı olarak 180° (I-Test), 135° (Y-Test) ve 90° (T-Test) omuz abduksiyon açılarında ölçümler alınmıştır. Güvenirlik analizi için sınıf içi korelasyon katsayısı (ICC), varyasyon katsayısı (CV), ölçümlerin standart hatası (SEm) ve minimum algılanabilir değişim (MDC) hesaplanmıştır. Geçerlilik ise regresyon analizi ve Blant-Altman analizi ile değerlendirilmiştir. Güvenirlik analizlerinde; ICC değerleri 0.996 ile 0.999 arasında değişirken, CV değerleri %0.77 ile %1.57 aralığında bulunmuştur. SEm değerleri 2.37N ile 5.07N arasında hesaplanmıştır. MDC değerleri ise 0.85N ile 1.82N arasında değişmiştir. Geçerlik analizleri; Blant-Altman analizi ve regresyon analizi sonuçlarına göre, yalnızca I-Testi için hafif sistemik hata tespit edilmiştir. Regresyon analizinde belirlenen R² değerleri 0.986 ile 0.995 aralığında yer almaktadır. Araştırmanın bulguları, geliştirilen yazılımın test-tekrar test güvenirliliği ve eş zamanlı geçerliliğinin kabul edilebilir düzeyde olduğunu ve uygulamada kullanılabilirlikte yeterlilikte olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Kuvvet platformu, zemin reaksiyon kuvveti, Wii board, Wii denge, kuvvet.

Abstract: In recent years, the Nintendo Wii Balance Board has been widely used for balance measurements and posturography through various software. This study aims to evaluate the reliability and validity of a Windows-based software developed by the author for force measurements. Twelve weightlifters participated in the study. Reliability and validity analyses were conducted using data from the Athletic Shoulder Test, which includes bilateral maximum isometric force measurements in a prone position. The Wii Balance Board was placed on a force platform, and measurements were simultaneously taken at shoulder abduction angles of 180° (I-Test), 135° (Y-Test), and 90° (T-Test). In reliability analysis, intraclass correlation coefficient (ICC), coefficient of variation (CV), standard error of measurement (SEm), and minimum detectable change (MDC) were calculated. Validity was assessed using regression analysis and Bland-Altman analysis. In reliability analysis, ICC values ranged from 0.996 to 0.999, while CV values ranged from 0.77% to 1.57%. SEm values ranged from 2.37N to 5.07N, and MDC values ranged from 0.85N to 1.82N. According to validity analyses, only a slight systemic error was detected for the I-Test. R² values determined in regression analysis ranged from 0.986 to 0.995. The findings of the study indicate that the developed software demonstrates acceptable levels of test-retest reliability and concurrent validity, making it suitable for practical applications.

Keywords: Force Platform, Ground Reaction Forces, Wii Board, Wii Balance, Strength.

Received: 14.02.2024 / Accepted: 25.04.2024 / Published: 30.04.2024

<https://doi.org/10.22282/tojras.1436790>

Citation: İnce, İ. (2024). Nintendo Wii Denge Plakasıyla Kuvvet Ölçümleri İçin Yazılım Geliştirme ve Doğrulama: Güvenirlik ve Geçerlik Çalışması, *The Online Journal of Recreation and Sports (TOJRAS)*, 13 (2), 184-190.

GİRİŞ

Performans testleri, atletik performansın nesnel olarak değerlendirilmesi için kritik bir araçtır. Bu testler, sporcuların profesyonel ve amatör düzeyde performanslarını ölçmeleri ve izlemeleri açısından önem taşır (1,2). Belirli zaman aralıklarında gerçekleşen maksimal kuvvetler, kuvvet üretim hızları, maksimal güç gibi zemin reaksiyon kuvvetlerinden türetilen değişkenler önemli performans parametreleri olarak kabul edilmektedir (3). Bu parametreler, dış zemin reaksiyon kuvvetlerini üç düzlemde aynı anda belirleme yeteneğine sahip olan kuvvet platformları aracılığıyla ölçülmektedir.

NWDP, bir video oyun konsolu ürünü olarak, dört sensörü aracılığıyla kuvvet dağılımını ve basınç merkezindeki değişimleri algılayabilme yeteneğine sahip laboratuvar sınıfı kuvvet platformlarıyla benzer özelliktedir (4). NWDP'nin bilimsel ve klinik alanlarda kullanılabilirliğini değerlendiren çeşitli araştırmalar bulunmaktadır. Örneğin, NWDP, ayakta statik postürografi için kullanılan kuvvet platformlarıyla benzer güvenilirlik özelliklerini sunmaktadır ve duruş dengesi performansını değerlendirmek için potansiyel bir araç olarak kabul edilmektedir (5). Bir sistematik derlemenin sonuçları, NWDP'nin denge ve postürografi ölçümlerinde tipik ticari kuvvet platformlarıyla benzer doğrulukta veriler sağlayabileceğini göstermiştir (6). Ayrıca, NWDP'nin kolay ulaşılabilir, taşınabilir ve düşük maliyetli bir cihaz olarak önerildiği çalışmalar bulunmaktadır (7). Ancak, kuvvet parametreleri üzerine sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bir çalışmada el kavrama kuvvet ölçümleri için geçerli bir

araç olarak kabul edilmiştir (8). Bir başka çalışmada NWDP'nin izometrik omuz kuvvet testinde referans cihaz el dinamometresiyle çok yüksek korelasyona sahip olduğu raporlanmıştır (9).

Son on yılda ticari kuvvet platformlarının yaygınlaşmasıyla birlikte, hafif ve taşınabilir kuvvet platformu versiyonlarının geliştirilmesi bazı uygulamalar için önemli hale gelmiştir (10,11). Ancak, bu ticari ölçüm cihazlarının yazılım lisanslama ücretleri genellikle yüksek maliyetli olup, donanım tarafıyla da 20.000-30.000\$ gibi fiyatlara ulaşmaktadır (12-14). Bu yüksek maliyetler, daha uygun fiyatlı alternatiflerin araştırılmasına yol açmıştır. Bu çalışmada kullanılan NWDP, çok düşük maliyetiyle bazı uygulamalar için ekonomik bir çözüm olabilir. NWDP, özellikle klinik uygulamalarda denge ve salınım parametrelerinin ölçümü için yaygın olarak tercih edilen bir cihazdır ve bu alana özel olarak tasarlanmış yazılımlar bulunmaktadır. Ancak, kuvvet parametreleri için kullanımı sınırlıdır ve bu tür ölçümler için özel yazılımlara ihtiyaç vardır. Literatür taramasına göre, kuvvet parametreleri üzerine odaklanan sınırlı sayıda yazılım mevcut olup bunların kullanımı ücretlidir (4). Çalışma, NWDP kullanarak kuvvet ölçümleri yapmak için yazar tarafından özel olarak geliştirilen bir Windows tabanlı yazılım olan izWii'nin güvenilirliğini ve geçerliliğini değerlendirerek bu boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır.

YÖNTEM

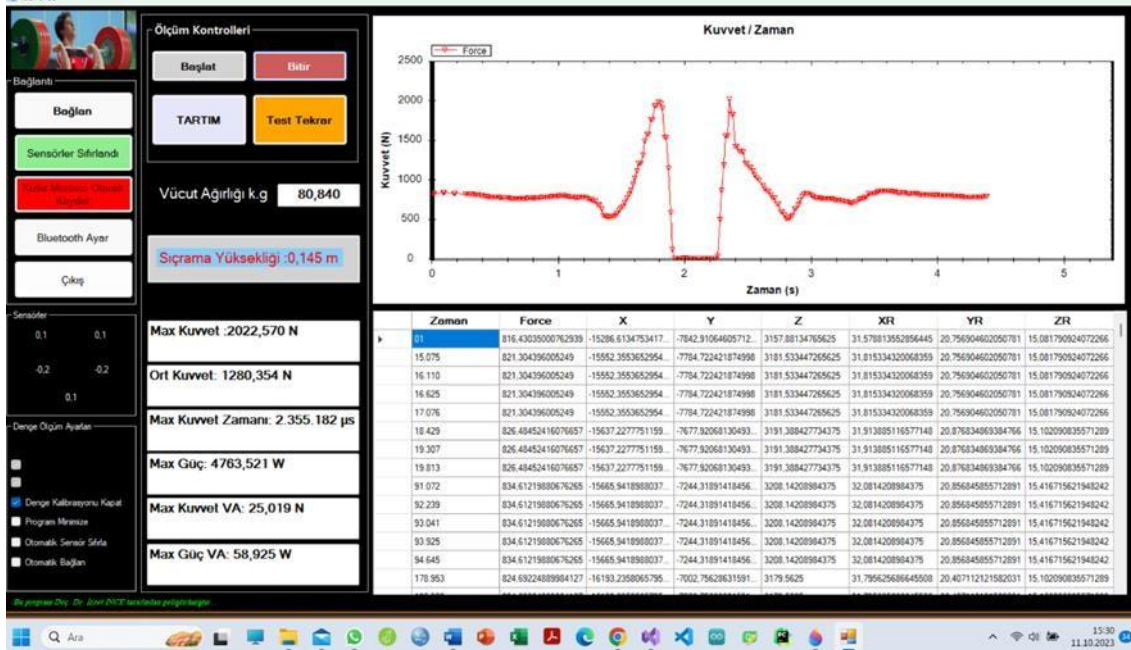
Araştırma Modeli: Ölçüm güvenilirliği ve geçerliliğini değerlendirmek amacıyla, kesitsel karşılaştırmalı bir tasarım benimsenmiştir. Güvenirlik analizi, katılımcıların aynı gün ve ortamda, aynı test prosedürleri altında sağ ve sol kol için 2 tekrarlı Atletik Omuz Testi (AOT) I, Y ve T-test pozisyonlarında değerlendirilmiştir. Geçerlik analizi ölçümleri, NWDP'nin kriter cihaz kuvvet platformu üzerine yerleştirilmesiyle eş zamanlı ölçümlerle değerlendirilmiştir. Veriler uygun istatistiksel yöntemlerle analiz edilmiştir. Bu tasarım, ölçüm cihazlarının teknik hatalarını değerlendiren önceki çalışmalarda metodolojilere benzerdir (15,16).

Araştırmanın Amacı: NWDP, özellikle klinik uygulamalarda denge ve salınım parametrelerinin ölçümü için kullanılmaktadır ve özel olarak geliştirilmiş yazılımlara sahiptir. Ancak, kuvvet parametrelerini ölçmek için kullanımı kısıtlıdır ve bu tür ölçümler için özel yazılımlara ihtiyaç vardır. Literatür taraması, kuvvet parametrelerine odaklanan sınırlı sayıda yazılım olduğunu göstermektedir ve bu yazılımların çoğunlukla ücretli olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, bu çalışmada, araştırmacı tarafından geliştirilen Windows tabanlı bir yazılımın kuvvet ölçümlerindeki güvenilirliği ve geçerliliği değerlendirilmektedir.

Araştırma Grubu: Örneklem büyüklüğü belirleme aşamasında, daha önce yapılmış bir araştırmadan elde edilen güç analizi sonuçlarına başvurulmuştur (17). Söz konusu araştırmada, üç farklı egzersiz için 20 deneme ve toplamda 60 denemeyi içeren veri analizi gerçekleştirilmiştir. Bu sebeple çalışmaya, yaş ortalaması 16.13 ± 2.21 yıl olan ve haftada en

az 4 gün olimpik halter antrenmanı yapan 12 sporcu, gönüllü olarak katılım sağlamıştır. AOT I, Y ve T- testlerinden elde edilen 24 deneme toplam $n=72$ veri analize dahil edilmiştir. Her katılımcıdan, deney prosedürleri, potansiyel riskler ve faydalar hakkında açıklamalarla bulunularak, kurumsal onay almış bir bilgilendirilmiş ebeveyn veya vasi onay belgesini okuyup imzalamaları talep edilmiştir. Çalışma, Helsinki Deklarasyonu'nun 2008 prensiplerine uygun olarak Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık Bilimleri Etik Kurulu'ndan alınan onayla gerçekleştirilmiştir (Belge No: 2023-224).

Verilerin Toplanması: Bu çalışmada geliştirilen yazılımın donanımı, Nintendo video oyun konsolunun bir parçası olan NWDP, "Wii Balance Board" isimli üründür (WiiFit; Nintendo Co. Ltd., Kyoto, Japonya). Bu araç, çok düşük maliyetle herhangi bir alışveriş sitesinden temin edilebilmektedir. NWDP'den verilerin alınması ve kontrolü, kuvvet ölçümlerinin hesaplanması ve sonuçlarının kullanıcıya gösterilmesi amacıyla araştırmacı tarafından C# programlama dili kullanılarak Visual Studio editöründe özel bir yazılım geliştirilmiştir. Yazılım "izWii" olarak isimlendirilmiştir. Oluşturulan yazılım arayüzünde, X, Y ve Z düzlemlerine ait ham veriler, bazı sıçrama parametreleri, kuvvet/zaman verileri ve grafiksel sunumları içeren bir algoritma yer almaktadır. Arayüzde kullanılan ilgili kontroller ve göstergeler Resim 1'te gösterilmiştir. Geliştirilen yazılım ile maksimum 60Hz örnekleme hızıyla veri alınmıştır. Verilere herhangi bir filtreleme (smoothing) veya ara değer eklemesi (interpolation) uygulanmamıştır.



Resim 1. Geliştirilen Yazılım izWii'nin Arayüzü

AOT, üst ekstremitenin 180° (I-Test), 135° (Y-Test) ve 90° (T-Test) pozisyonlarında izometrik kuvvetini, bir kuvvet platformu kullanarak, güvenli ve semptomsuz bir şekilde değerlendirmek için tasarlanmış yeni bir yöntemdir (16). AOT, katılımcıların yüzüstü pozisyon aldığı zemine yerleştirilen bir minder ve boyun pozisyonunun standart hale getirilmesi için alın dayandığı 4 cm kalınlığındaki yumuşak bir blok kullanılarak uygulanmıştır. Minderin yüksekliği,

Kuvvet Platformu üzerine yerleştirilen NWDP ile aynı hizada olacak şekilde ayarlanmıştır. I-Testi sırasında omuz, tam abduksiyon pozisyonunda (vücut hizasında) bulunurken, ön kol pronasyonda ve elin topuğu kuvvet platformuyla temas noktası olarak görev yapmıştır (Resim 1). Y-Testi ve T-Testi için omuz abduksiyonu sırasıyla 180°, 135° ve 90° olarak ayarlanmıştır. Tüm testlerde dirsek tam ekstansiyonda konumlanmıştır. İzWii, her ölçüm öncesinde sesli geri sayım

yaparak testi başlatmıştır. Katılımcılara standardize edilmiş talimatlar verilmiş ve test sürecinde sözlü teşvik sağlanmıştır. Katılımcılardan, maksimum kuvveti mümkün olan en hızlı ve sert şekilde üretmeleri, bunu 3 saniye boyunca sürdürmeleri istenmiştir, yani maksimum kuvveti en hızlı şekilde elde etmeye yönelik bir çaba göstermeleri beklenmiştir. Testler, elin platformdaki dinlenme pozisyonundan önce kaldırılması veya fark edilebilir kompanse stratejilerin kullanılması durumunda (örneğin, stabiliteyi artırmak için alt ekstremitenin aşırı kullanılması, skapulanın öne eğilimi veya dirsek fleksiyonu gibi) tekrarlanmıştır. Ayrıca, katılımcının testi doğru bir şekilde gerçekleştirememesi durumunda da testler tekrarlanmıştır. Güvenirlik testi, gün içi güvenirlik

kapsamında, sağ ve sol kol ile yapılan ölçümlerin 1. ve 2. denemeleri üzerinden değerlendirilmiştir. Tüm testler aynı gün içinde alınmıştır. İlk olarak tüm katılımcıların sağ kol I-Testi tamamlanmış, ardından Y-Testi ve son olarak T testi tamamlanmıştır. Aynı sıralama sol kol için uygulanmıştır. Denemeler arası 30 saniyelik dinlenme aralığı verilmiştir. Geçerlik testi ise NWDP'nin referans cihaz kuvvet platformu (izForce, AYBÜ, Ankara) üzerine yerleştirilmesi ve kalibrasyonunun yapılmasının ardından eşzamanlı ölçümlerle gerçekleştirilmiştir (Resim 2). Kriter cihaz olarak ise bir kuvvet platformu ve yazılımı kullanılmıştır (izForce_V1, AYBÜ, Ankara). Cihazın her ölçümde sensörleri sıfırlanmış ve tüm ölçümler için 1000 Hz örnekleme hızı seçilmiştir.



Resim 2. Atletik Omuz Testi I-Pozisyonu

Verilerin Analizi: Verilerin normallik varsayımları Shapiro-Wilks testiyle doğrulanmıştır. Güven aralıkları %95, Tip-I hata oranı ise $\alpha < 0.05$ olarak alınmıştır. Mutlak güvenirliliğin değerlendirilmesinde, İki Yönlü Karışık Etki Modeli ICC ve %95 güven aralığı (GA) sınırları hesaplanmıştır. SEM tekrarlı ölçümlerde varyans analizinden elde edilen hataların ortalama karelerinin karekökü ($SEM = \sqrt{MSE}$) eşitliğiyle, CV ($CV = 100 \cdot SEM / \text{ortalama}$) eşitliğiyle hesaplanmıştır (18). Duyarlılık, rastgele hata bileşeni olarak MDC tarafından tahmin edilmiş ve ($MDC = SEM \times 1,96 \times \sqrt{2}$) eşitliğiyle hesaplanmıştır (19). Kuvvet platformu bağımlı değişken

olarak alınmış ve NWDP'den elde edilen ölçümler arasındaki bağımlılığı ve doğrusal ilişkileri değerlendirmek için Regresyon analizi (Ordinary Least Products Regression) yapılmıştır. Kesim noktasının %95 GA için "0" değerini içermiyorsa bu "sabit sapma" olarak; eğimin %95 GA için "1" değerini içermiyorsa ise bu "oransal sapma" olarak değerlendirilmiştir (20–22). İki ölçüm cihazı analizi arasındaki tutarlılığı ve farkları belirlemek, ölçümlerin güvenilirliğini değerlendirmek ve karşılaştırılan ölçüm yöntemlerinin arasındaki uyumsuzluğu ortaya koymak için Bland-Altman analizi yapılmıştır.

BULGULAR

Tablo 1'de sunulan güvenirlik analizi sonuçlarına göre; mutlak ve relatif güvenirliliğin yüksek olduğu görülmektedir; I-test pozisyonunda (ICC = 0.997, CV = % 1.57), Y-test pozisyonunda (ICC = 0.996, CV = % 1.72), T-test pozisyonunda (ICC = 0.999, CV = % 0.77) olarak

hesaplanmıştır. MDC ve SEM hesaplamaları NWDP'nin ölçüm hassasiyetinin iyi olduğunu göstermektedir; I-Test pozisyonu (MDC = 5.07N, SEM = 1.82N), Y-test pozisyonu (MDC = 3.34N, SEM = 1.20N), T-test pozisyonu (MDC = 0.85N, SEM = 0.85N) olarak hesaplanmıştır.

Tablo 1. Wii Denge Plakası test-tekrar test güvenirlik analizleri

Egzersizler	ICC (%95GA)	CV	MDC	SEM
I Testi (N)	0.997 (0.994 – 0.999)	%1.57	5.07N	1.82N
Y Testi (N)	0.996 (0.995 – 0.998)	%1.72	3.34N	1.20N
T Testi (N)	0.999 (0.997 – 0.999)	%0.77	2.37N	0.85N

ICC: Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı, %95GA: %95 Güven Aralığı, SEM: Ölçümlerin Standart Hatası, MDC: Minimal Tespit Edilebilir Değişim, CV: Varyasyon Katsayısı.

Tablo 2’ de verilen Blant-Altman analizi sonuçlarına göre; mutlak fark ortalamasının I-Test pozisyonunda (1.246N – -2.241N 4.733N), Y-test pozisyonunda (0.727N – -0.2601 4.054N), T-Test pozisyonunda (1.058N – -1.347 3.464N) olduğu görülmektedir. Fark ortalamalarının pratikte önemli

olmadığı ve cihazların uyumlu oldukları söylenebilir. Bununla beraber Blant-Altman grafiklerine göre I-Test pozisyonunda farklarda hafif sabit sapma olduğu düşünülebilir (Grafik 1).

Tablo 2. Kuvvet Platformu ve Wii Denge Plakası Ölçümlerinin Blant-Altman Analizi Sonuçları

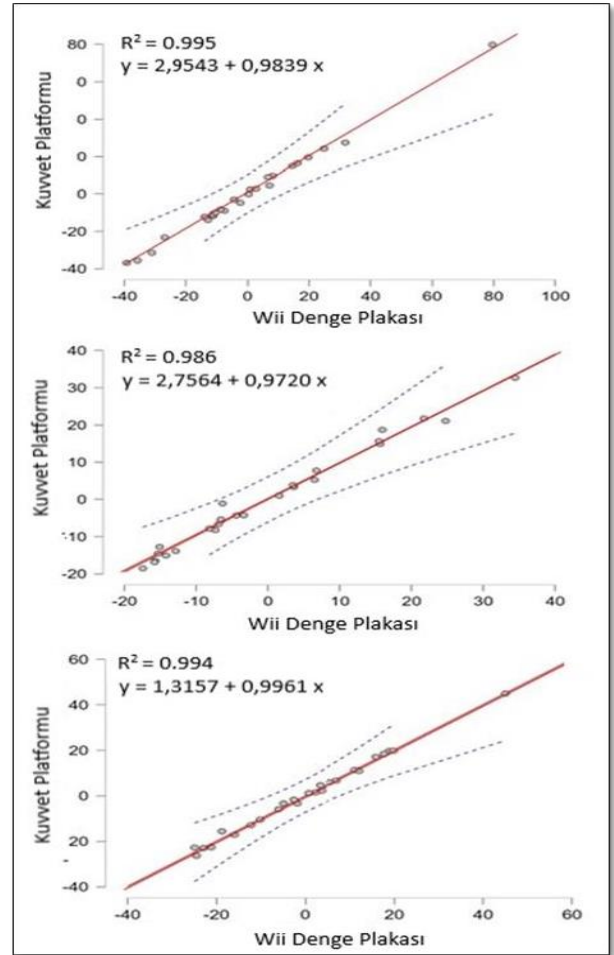
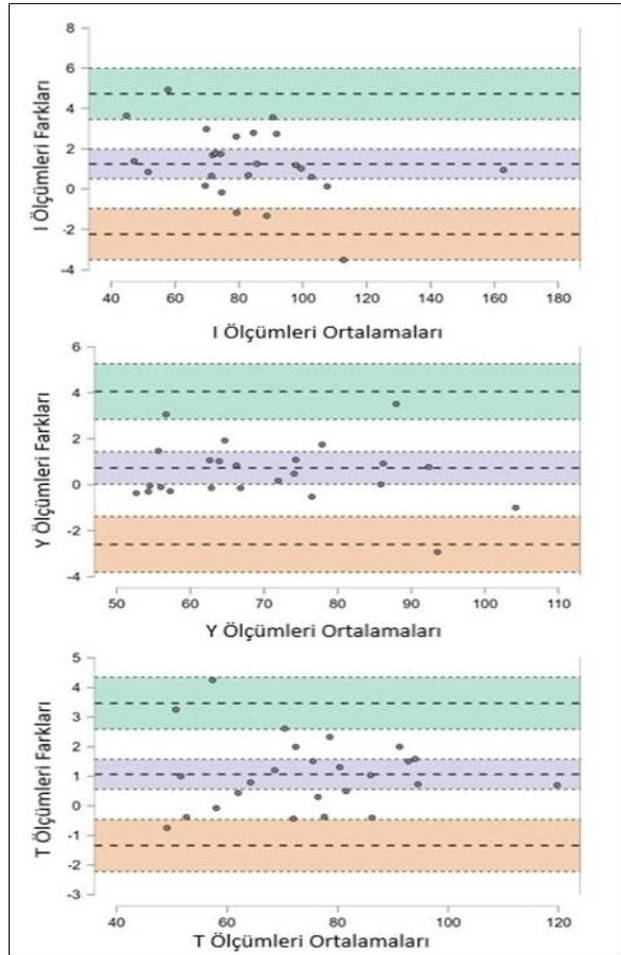
Egzersizler	Sapma ve Limitler	Farklar	%95GA Alt Sınırları	%95GA Üst Sınırları
I Testi (N)	Ortalama + 1.96 SS	4.733N	3.461N	6.005N
	Ortalama	1.246N	0.511N	1.980N
	Ortalama – 1.96 SS	-2.241N	-3.514N	-0.969N
Y Testi (N)	Ortalama + 1.96 SS	4.054N	2.841N	5.268N
	Ortalama	0.727N	0.026N	1.428N
	Ortalama – 1.96 SS	-2.601N	-3.814N	-1.387N
T Testi (N)	Ortalama + 1.96 SS	3.464N	2.587N	4.342N
	Ortalama	1.058N	0.552N	1.565N
	Ortalama – 1.96 SS	-1.347N	-2.225N	-0.470N

%95GA: %95 Güven Aralığı, SS: Standart Sapma.

Tablo 3. Kuvvet Platformu ve Wii Denge Tahtası ölçümleri Regresyon Analizi Sonuçları

Egzersizler	R ²	%95 Güven Aralığında Kesim	%95 Güven Aralığında Eğim	Model Eşitliği
I Testi (N)	0.995	-1.0844 – 6.0056*	0.9534 – 1.0097	y = 3.5450 + 0.9720 x
Y Testi (N)	0.986	-0.7289 – 6.2417	0.9644 – 1.0265	y = 1.3935 + 0.9955 x
T Testi (N)	0.994	0.9885 – 3.6119	0.9256 – 1.0244	y = 2.4852 + 0.9750 x

*Kesim %95 güven aralığı 0’ı içermiyorsa, sabit yanlılık (bias) mevcut; eğer eğim %95 güven aralığı 1’i içermiyorsa, oransal yanlılık (proportional bias) mevcut anlamına gelmektedir



Grafik 1. Kuvvet Platformu ve Wii Denge Plakası ölçümlerine ait Blant-Altman grafikleri. Blant-altman grafiklerinde referans çizgileri (kesikli çizgiler) farkların ortalamasını ve uyum sınırlarını (%95 güven aralığında) göstermektedir. Nokta çizgileri (renkli alanlar) referans çizgilerinin %95 güven aralıklarını göstermektedir.

Grafik 1. Kuvvet Platformu ve Wii Denge Plakası ölçümlerine ait Regresyon grafikleri. Regresyon grafiğinde kırmızı doğru eğim ve kesikli çizgiler % 95 güven aralıklarını göstermektedir.

Tablo 3 ve Grafik 2’de sunulan regresyon analizi sonuçlarına göre; R2 değerleri I-Test pozisyonunda 0.995, Y Test pozisyonunda 0.986, T Test pozisyonunda 0.994 olarak hesaplanmıştır. Y ve T Test pozisyonu için regresyon doğrusu kesim noktası güven aralıkları “0” değerini ve eğim noktası

TARTIŞMA VE SONUÇ

Laboratuvar ve klinik uygulamalarda kullanılan ölçüm sistemlerinin pratik kullanımını sağlamak için düşük maliyetli olmaları, basit bir kurulum ve yapılandırmaya sahip olmaları ve gerçek zamanlı geri bildirim sağlayacak kadar hızlı çalışmaları gerekmektedir (23). Bu açıdan bakıldığında NWDP, düşük maliyetli, taşınabilir ve ekonomik bir cihaz olarak belirlenen kriterlere uygun bir alternatif olabilir. Bu çalışmada, NWDP’ den kuvvet ölçümleri almaya özelleşmiş bir yazılım olan izWii’nin güvenilirlik ve geçerlik analizleri yapılmıştır. Yapılan analizlerin sonuçları, izWii’nin AOT izometrik kuvvet ölçümleri için güvenilir ve geçerli sonuçlar sunduğunu göstermektedir.

Bu çalışmaya benzer tasarıma sahip bir çalışmada (16), ICC değerleri 0.80 ile 0.95 arasında raporlanmıştır. Kuvvet platformuyla gerçekleştirilen günler arası güvenilirlik analizlerinde ise I, Y ve T-Test pozisyonlarında ICC’lerin 0.94 ile 0.98 arasında olduğu belirlenmiştir (16). Diğer bir çalışmada, AOT ölçümlerinin günler arası güvenilirliğinin ICC= 0.78 ile 0.88 kabul edilebilir sınırlarda olduğu raporlanmıştır (9). Bununla beraber, klinik cihazlarda ICC değerinin 0.95’in üzerinde olması gerektiği düşünülmektedir (17). Bu çalışmada I, Y ve T-Test pozisyonlarında tüm ICC değerleri 0.99 civarında bulunmuştur. Dolayısıyla, bu bulgular, geliştirilen yazılımın mutlak güvenilirlik bakımından yüksek güvenilirlikle ölçüm alma yeteneğini işaret etmektedir. Biyomekanik değişkenler için bazı çalışmalarda, CV’nin yaklaşık olarak %10 civarında rapor edilmesi nedeniyle kabul edilebilir sınır \leq %10 olarak tanımlanmıştır (22,24,25). Bununla beraber, hassas klinik cihazlar için kabul edilen güvenilirlik sınırının %5 değerinin altında olması gerekliliği savunulmaktadır (26,27). Günler arası güvenilirlik kapsamında bir çalışmada CV = %9.97 ile %13.83 iken (9) diğer bir çalışmada %5 ile %11.3 15 arasında raporlanmıştır. Gün içi güvenilirliğin değerlendirildiği bir çalışmada ise (15) % 0.62 ile % 1.40 arasında tespit edilmiştir. Bu çalışmada ise CV= %0.77 ile %1.72 arasında olup bu sonuç relatif güvenilirliğin yüksek olduğunu göstermektedir. Ölçüm hassasiyetini değerlendirmek için yapılan analizlerde maksimum SEM =1.82N, MDC = 5.07N olarak tespit edilmiştir. Söz konusu çalışmalarda ise SEM değerleri; 6.3 ile 10.8, 15, 0.98 ile 1.56 arasında MDC değerleri; 13.3N ile 22.7N arasında raporlanmıştır. Diğer güvenilirlik analizlerine benzer olarak geliştirilen yazılımın yüksek hassasiyetle ölçümler aldığı ve gerçek değerlere yakın sonuçlar verdiği gözlenmektedir.

Blant-Altman analizlerinde, fark ortalamalarının en yüksek 1.20N ve sapmaların -2N ile 4.7N arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu değerlerin klinik olarak anlamlı olmadığı düşünülebilir. El dinamometresiyle gerçekleştirilen bir geçerlik çalışmasıyla elde edilen sonuçlarla oldukça uyumludur (9). Ancak, Blant-Altman grafikleri incelendiğinde, I-Test ölçüm ortalamaları ile farklar arasında düşük düzeyde sistemik bir hata olduğu gözlenmektedir. Regresyon analizi, bu bulguları desteklemektedir. I-Testinde

“1” değerini içermiştir fakat I-Test pozisyonunda kesim noktası güven aralıklarının “0” değerini içermediği görülmüştür. Bu sonuç I Testi ölçümlerinde hafif bir sabit sapmanın varlığına işaret etmektedir.

ölçüm ortalamaları arttıkça farkların azaldığı belirlenmiştir. Bu durum, diğer test pozisyonlarında gözlenmemiştir, bu da I-Test pozisyonundaki hatanın NWDP’nin kütle merkezine bağlı bir hata yapma olasılığını düşündürmektedir. Bir diğer neden ilk ölçümlerin I-Testi olması nedeniyle sporcular benzer doğrulukta testi uygulamamış olabilirler. Bu hataların doğrulanması için ek araştırmalara ihtiyaç vardır. Regresyon analizinde elde edilen yüksek R2 değerleri (0.99), ölçümlerin yüksek doğruluğa sahip olduğunu ve büyük ölçüde ölçümlerin birbirleriyle ilişkilendirilebildiğini göstermektedir. Bu da cihazın güvenilir ve doğru sonuçlar sağladığına dair güçlü bir kanıt olarak düşünülebilir.

Bu araştırmanın sonuçları geliştirilen yazılımın AOT testleri için güvenilir ve geçerli olduğunu göstermektedir. Ancak, literatür incelendiğinde NWDP ile maksimum 100Hz örnekleme hızıyla veri alındığı görülmektedir (5). Bu çalışmada geliştirilen yazılım ile maksimum 60Hz örnekleme hızına erişilmiştir. Donanım olarak NWDP ve izWii’nin en önemli potansiyel sınırlılığın bu olduğu söylenebilir. Tipik kuvvet platformlarında örnekleme hızı genellikle araştırmacının kontrolü altındadır ve yazılım aracılığıyla seçilebilir olmalıdır (28). Örnekleme hızının belirlenmesi, ilgilenilen beceri veya alt beceri süresinin bilinmesini gerektirmektedir. Örneğin, araştırmacı, tamamlanması 0.02 m/s gerektiren bir olayla ilgileniyorsa, ilgili olayın maksimum analog sinyal frekansının en az iki katı hızda örnekleme yapılmalıdır (28) Dikey sıçramalar başlangıçtan kalkışa kadar yaklaşık 100 ila 250 m/s gerektirdiğinden, örnekleme en az 200Hz veya daha yüksek olmalıdır (29). Kuvvet üretim hızı gibi daha hassas parametreler için 500Hz ile 1000Hz örnekleme hızlarına erişilmelidir (30).

Örnekleme hızının tutarsızlığı, özellikle ticari kuvvet platformları gibi ölçüm araçlarında, sonuç ölçümlerinde belirgin hatalara yol açabilir. Bu hata, özellikle yüksek frekanslı sinyal içeriğine veya hızlı değer değişikliklerine aşırı derecede bağımlı olan testlerde daha belirgin hale gelir (3). Bu gibi örnekleme hızı sorunlarını çözmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Spline interpolasyonu gibi teknikler, kesikli veri seti içindeki noktalar arasındaki ilişkiyi belirler ve eksik veri noktalarını tahmin etmek için kullanılır. Özellikle, kuvvet platformlarından alınan veri setlerinde, spline interpolasyonu kullanarak, örnekleme hızındaki dalgalanmaları düzelterek ve eksik veri noktalarını tamamlayarak daha sürekli bir veri seti elde edilebilir. Benzer olarak düşük geçişli filtreleme gibi yöntemler, yüksek frekanslı gürültüyü azaltarak ve veri setini düzleştirerek genlik aralıklarındaki dalgalanmaları azaltabilir (31).

Sonuç: izWii yazılımı, NWDP ile gerçekleştirilen kuvvet ölçümleri için geliştirilmiş ve AOT ölçümlerinde güvenilir ve geçerli olduğu doğrulanmıştır. Bu sonuçlar, spor bilimleri ve klinik uygulamalarda AOT ölçümleri için kullanılan geleneksel kuvvet platformlarına göre daha düşük maliyetli ve taşınabilir bir alternatif sunmaktadır. Ancak, izWii’nin

güvenirlilik ve geçerlik analizleri daha kapsamlı bir şekilde ele alınmalıdır. Ayrıca, izWii'ye sinyal gürültüsünü azaltma ve örnekleme hızını artırma gibi güncellemelerin eklenmesi, sistemin daha hassas testlere adapte edilmesi ve uygulama alanının genişletilmesine yardımcı olacaktır.

Kaynaklar

1. Ulupınar S, Ince I. Prediction of competition performance via commonly used strength-power tests in junior female weightlifters. *Isokinet Exerc Sci*. 2021;29(3):309–17.
2. Ince İ, Ulupınar S, Özbay S. Body composition isokinetic knee extensor strength and balance as predictors of competition performance in junior weightlifters. *Isokinet Exerc Sci*. 2020;28(2):215–22.
3. (8) (PDF) Force Plate Use in Performance Monitoring and Sport Science Testing [Internet]. [cited 2024 Feb 14]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/269631495_Force_Plate_Use_in_Performance_Monitoring_and_Sport_Science_Testing
4. Yamamoto K, Matsuzawa M. Validity of a jump training apparatus using Wii Balance Board. *Gait Posture* [Internet]. 2013 May [cited 2024 Feb 14];38(1):132–5. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23219781/>
5. Clark RA, Mentiplay BF, Pua YH, Bower KJ. Reliability and validity of the Wii Balance Board for assessment of standing balance: A systematic review. *Gait Posture* [Internet]. 2018 Mar 1 [cited 2024 Feb 14];61:40–54. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29304510/>
6. Clark RA, Bryant AL, Pua Y, McCrory P, Bennell K, Hunt M. Validity and reliability of the Nintendo Wii Balance Board for assessment of standing balance. *Gait Posture* [Internet]. 2010 Mar [cited 2024 Feb 14];31(3):307–10. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20005112/>
7. Bartlett HL, Ting LH, Bingham JT. Accuracy of force and center of pressure measures of the Wii Balance Board. *Gait Posture* [Internet]. 2014 Jan [cited 2024 Feb 14];39(1):224–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23910725/>
8. Blomkvist AW, Andersen S, De Bruin ED, Jorgensen MG. Isometric hand grip strength measured by the Nintendo Wii Balance Board - a reliable new method. *BMC Musculoskelet Disord* [Internet]. 2016 Feb 3 [cited 2024 Feb 14];17(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26842966/>
9. Intelangelo L, Elias G, Lassaga I, Bustos C, Jerez-Mayorga D. Reliability of two devices for shoulder strength assessment: Wii Fit Balance Board and hand-held dynamometer. <https://doi.org/10.1177/17585732221145558> [Internet]. 2022 Dec 15 [cited 2024 Feb 14]; Available from: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/17585732221145558>
10. Badby AJ, Mundy PD, Comfort P, Lake JP, McMahon JJ, Badby AJ, et al. The Validity of Hawkin Dynamics Wireless Dual Force Plates for Measuring Countermovement Jump and Drop Jump Variables. *Sensors* 2023, Vol 23, Page 4820 [Internet]. 2023 May 17 [cited 2024 Feb 14];23(10):4820. Available from: <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/10/4820/html>
11. Merrigan JJ, Strang A, Eckerle J, Mackowski N, Hierholzer K, Ray NT, et al. Countermovement Jump Force-Time Curve Analyses: Reliability and Comparability Across Force Plate Systems. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2024 Jan 1 [cited 2024 Feb 14];38(1):30–7. Available from: https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2024/01000/countermovement_jump_force_time_curve_analyses_4.aspx
12. Revision of posturography based on force plate for balance evaluation - PubMed [Internet]. [cited 2024 Feb 14]. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20730361/>
13. Beingolea JR, Rodrigues HA, Zegarra M, Sulla-Espinoza E, Torres-Silva R, Rendulich J. Designing a Multiaxial Extensometric Force Platform: A Manufacturing Experience. *Electronics* 2021, Vol 10, Page 1907 [Internet]. 2021 Aug 9 [cited 2024 Feb 14];10(16):1907. Available from: <https://www.mdpi.com/2079-9292/10/16/1907/html>
14. Ridwan M, Lan MF, Fauzi M, Weeratunga K. Development and validation of a force platform to measure ground reaction forces of national athletes. *Proceedings of the 2017 12th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, ICIEA 2017*. 2017 Jul 2;2018-February:95–98b.
15. Olds M, McLaine S, Magni N. Validity and Reliability of the Kinvent Handheld Dynamometer in the Athletic Shoulder Test. *J Sport Rehabil* [Internet]. 2023 Sep 1 [cited 2024 Feb 14];32(7):764–72. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37290770/>
16. Ashworth B, Hogben P, Singh N, Tulloch L, Cohen DD. The Athletic Shoulder (ASH) test: reliability of a novel upper body isometric strength test in elite rugby players. *BMJ Open Sport Exerc Med* [Internet]. 2018 Jul 1 [cited 2024 Feb 14];4(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30057775/>
17. Peterson Silveira R, Stergiou P, Carpes FP, Castro FA de S, Katz L, Stefanyshyn DJ. Validity of a portable force platform for assessing biomechanical parameters in three different tasks. *Sports Biomech*. 2017 Apr 3;16(2):177–86.
18. Atkinson G, Nevill AM. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports medicine*. 1998;26:217–38.
19. Beckerman H, Roebroek ME, Lankhorst GJ, Becher JG, Bezemer PD, Verbeek ALM. Smallest real difference, a link between reproducibility and responsiveness. *Quality of Life Research*. 2001;10:571–8.
20. Thompson SW, Rogerson D, Dorrell HF, Ruddock A, Barnes A. The reliability and validity of current technologies for measuring barbell velocity in the free-weight back squat and power clean. *Sports*. 2020;8(7):94.
21. Ludbrook J. Comparing methods of measurement. *Clin Exp Pharmacol Physiol*. 1997;24(2):198–203.
22. Suchomel TJ, Techmanski BS, Kissick CR, Comfort P. Reliability, Validity, and Comparison of Barbell Velocity Measurement Devices during the Jump Shrug and Hang High Pull. *J Funct Morphol Kinesiol*. 2023;8(1):35.
23. Park DS, Lee G. Validity and reliability of balance assessment software using the Nintendo Wii balance board: usability and validation. *J Neuroeng Rehabil* [Internet].

Etik Metni: Bu makalede araştırma sürecinde, dergi yazım kurallarına, yayın ilkelerine, araştırma ve yayım etiği kurallarına, dergi etik kurallarına uyulmuştur. Makale ile ilgili doğabilecek her türlü ihlallerde sorumluluk yazara aittir. Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık Bilimleri Etik Kurulu 16.05.2023 tarihli 224/05 nolu karar ile yayım etiği hükümlerine uygun olduğu onaylanmıştır.

Çıkar Çatışması: Bu çalışmada yazarlar arasında herhangi bir kişisel ve finansal çıkar çatışması bulunmamaktadır.

- 2014 [cited 2024 Feb 14];11(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24912769/>
24. Perez-Castilla A, Piepoli A, Delgado-García G, Garrido-Blanca G, García-Ramos A. Reliability and concurrent validity of seven commercially available devices for the assessment of movement velocity at different intensities during the bench press. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2019;33(5):1258–65.
 25. Garnacho-Castaño M V, López-Lastra S, Maté-Muñoz JL. Reliability and validity assessment of a linear position transducer. *J Sports Sci Med*. 2015;14(1):128.
 26. Courel-Ibáñez J, Martínez-Cava A, Morán-Navarro R, Escribano-Peñas P, Chavarren-Cabrero J, González-Badillo JJ, et al. Reproducibility and repeatability of five different technologies for bar velocity measurement in resistance training. *Ann Biomed Eng*. 2019;47:1523–38.
 27. González-Badillo JJ, Sánchez-Medina L. Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *Int J Sports Med*. 2010;34:7–52.
 28. Thomas C, Dos Santos T, Comfort P, Jones PA. Between-session reliability of common strength-and power-related measures in adolescent athletes. *Sports*. 2017;5(1):15.
 29. Baritz MI. Video system correlated with force plate recordings for vertical jump biomechanics analysis. *Procedia Manuf*. 2020;46:857–62.
 30. Maffiuletti NA, Aagaard P, Blazevich AJ, Folland J, Tillin N, Duchateau J. Rate of force development: physiological and methodological considerations. *Eur J Appl Physiol* [Internet]. 2016 Jun 1 [cited 2024 Feb 14];116(6):1091–116. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26941023/>
 31. Audiffren J, Contal E. Preprocessing the Nintendo Wii Board Signal to Derive More Accurate Descriptors of Statokinesigrams. *Sensors* 2016, Vol 16, Page 1208 [Internet]. 2016 Aug 1 [cited 2024 Feb 14];16(8):1208. Available from: <https://www.mdpi.com/1424-8220/16/8/1208/htm>

EXTENDED ABSTRACT

Research Problems: The study addresses the need for low-cost and portable measurement systems in both laboratory and clinical settings. While traditional force platforms are widely used, their high costs and lack of portability have prompted the exploration of alternative solutions. The Nintendo Wii Balance Board (WBP) has emerged as a potential option due to its affordability, portability, and ability to measure force parameters. However, there is limited research on the reliability and validity of WBP specifically for force measurements, necessitating further investigation. The study aims to fill this gap by evaluating the reliability and validity of izWii, a Windows-based software developed specifically by the author for conducting force measurements using the Wii Balance Board (WBP).

Literature Review: The Nintendo Wii Balance Board (WBP), as a video game console product, is equipped with four sensors capable of detecting force distribution and changes in the center of pressure, similar to laboratory-grade force platforms. Various studies have evaluated the usability of WBP in scientific and clinical settings. For example, WBP offers reliability characteristics similar to those of force platforms used for static posturography, making it a potential tool for assessing postural balance performance. The results of a systematic review have shown that WBP can provide data accuracy comparable to typical commercial force platforms

in balance and posturography measurements. Moreover, studies have suggested WBP as an easily accessible, portable, and cost-effective device. However, there is a limited number of studies focusing on force parameters. In one study, it was considered a valid tool for grip strength measurements, while another study reported that it had a high correlation with a reference device, the hand dynamometer, in isometric shoulder force testing. With the widespread adoption of commercial force platforms in the last decade, the development of lightweight and portable versions of force platforms has become important for some applications. However, the software licensing fees for these commercial measurement devices are often high, and hardware costs can reach \$20,000 to \$30,000. These high costs have prompted research into more affordable alternatives. The WBP used in this study could serve as an economical solution for some applications due to its very low cost. WBP is a device widely preferred, particularly in clinical applications, for measuring balance and sway parameters, with specialized software designed for this purpose. However, its use for force parameters is limited, requiring specialized software for such measurements.

Methods: The study employed a cross-sectional comparative design to assess the reliability and validity of the developed software, izWii. Reliability analysis involved evaluating participants' isometric shoulder strength using the Athletic Shoulder Test (AST) in three positions. Validity analysis compared measurements obtained from WBP with those from a reference force platform. Statistical analysis included calculating ICC values, standard error of measurement (SEM), coefficient of variation (CV), and minimum detectable change (MDC).

Results and Conclusions: Reliability analysis showed high absolute and relative reliability across all test positions, with ICC values ranging from 0.996 to 0.999 and CV values ranging from 0.77% to 1.72%. The MDC values indicated good measurement precision, ranging from 0.85N to 5.07N. Bland-Altman analysis revealed negligible mean differences between measurements obtained from WBP and the reference platform, indicating good agreement. Regression analysis demonstrated high R^2 values, suggesting a strong linear relationship between the measurements. In conclusion, the developed software, izWii, showed reliable and valid results for isometric shoulder strength measurements using WBP. While the study presents promising findings, future research should address limitations such as sampling frequency and signal processing techniques to enhance the system's accuracy and applicability in diverse settings. Additionally, further validation studies with larger sample sizes and diverse populations are warranted to establish the software's robustness and effectiveness in clinical and research settings.