

Özgün araştırma

## Motor Donma Parkinson Hastalarında Yürüme ve Denge Fonksiyonlarını Etkiler mi?

Ayşegül USTA<sup>1</sup>, Ayla FİL BALKAN<sup>2</sup>, Yeliz SALCI<sup>3</sup>, Semra TOPUZ<sup>4</sup>,  
Gül YALÇIN ÇAKMAKLI<sup>5</sup>, Songül AKSOY<sup>6</sup>, Kadriye ARMUTLU<sup>7</sup>, Bülent ELİBOL<sup>8</sup>

Gönderim Tarihi: 6 Mayıs, 2021

Kabul Tarihi: 23 Ağustos, 2021

Basım Tarihi: 31 Aralık, 2021

### Öz

**Amaç:** Parkinson hastalarında motor donma, hareketin beklenmedik bir anında aniden gerçekleşmesi sebebiyle hastalarda denge kaybı, yürüyüş bozuklukları ve düşmeye neden olmaktadır. Bu nedenle çalışmamızın amacı, Motor donması olan Parkinson hastalarında denge ve yürüyüşü değerlendirmektir.

**Gereç Yöntem:** Çalışmaya, 10 motor donması olan Parkinson hastası, 10 motor donması olmayan hasta ile yaş ve cinsiyet bakımından benzer 10 sağlıklı birey dahil edilmiştir. Bireylerin demografik özellikleri kaydedilmiştir. Statik denge değerlendirmesi için Tandem Duruş Testi; dinamik denge değerlendirmesi için Bilgisayarlı Dinamik Postürografi (BDP) ve Zamanlı Kalk Yürü Testi (ZKYT) uygulanmıştır. Bireylerin yürüyüşleri ise GaitRite elektronik yürüme yolu ve 10 m yürüme testi ile değerlendirilmiştir.

**Bulgular:** Gruplar arasında statik ve dinamik denge testleri ile yürüyüş testleri bakımından anlamlı farklılık bulunmuştur ( $p<0,005$ ). Gruplar ikişerli olarak karşılaştırıldığında motor donması olan grup ile donması olmayan grup arasında denge ve yürüyüş bakımından fark görülmemiştir. Statik ve dinamik denge testleri bakımından her iki Parkinson grubu ile sağlıklı kontroller arasında farklılık varken ( $p<0,05$ ); yürüyüş parametreleri açısından motor donması olan hastalar ile sağlıklı kontroller arasında fark mevcutken ( $p<0,05$ ), donması olmayan hastalar ile sağlıklı kontroller arasında fark görülmemiştir ( $p>0,05$ ).

**Sonuç:** Parkinson hastalarında motor donma, sağlıklı kontrollere kıyasla statik ve dinamik denge ile yürüyüşü olumsuz etkilemektedir. Yürüyüş değişkenleri, sağlıklı grupla kıyaslandığında motor donması olan grupta motor donması olmayan gruba göre daha fazla etkilenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Parkinson hastalığı, motor donma, denge, yürüyüş

<sup>1</sup>**Ayşegül USTA (Sorumlu yazar):** Yüksek İhtisas Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Ankara, Türkiye Tel: 03123291010 E-posta: aysgl.gktrk@gmail.com

<sup>2</sup>**Ayla Fil Balkan:** Hacettepe Üniversitesi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Fakültesi, Ankara, Türkiye E-posta: aylafil@hacettepe.edu.tr

<sup>3</sup>**Yeliz Salcı:** Hacettepe Üniversitesi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Fakültesi, Ankara, Türkiye E-posta: fztyeliz@hotmail.com

<sup>4</sup>**Semra Topuz:** Hacettepe Üniversitesi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Fakültesi, Ankara, Türkiye E-posta: fztsemra@yahoo.com

<sup>5</sup>**Gül Yalçın Çakmaklı:** Hacettepe Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Dahili Bilimler Nöroloji Ana Bilim Dalı, Ankara, Türkiye E-posta: gulyalcin@gmail.com

<sup>6</sup>**Songül Aksoy:** Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Odyoloji Bölümü, Ankara, Türkiye E-posta: songulaksoy@hotmail.com

<sup>7</sup>**Kadriye Armutlu:** Hacettepe Üniversitesi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Fakültesi, Ankara, Türkiye E-posta: karmutlu@hacettepe.edu.tr

<sup>8</sup>**Bülent Elibol:** Hacettepe Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Dahili Bilimler Nöroloji Ana Bilim Dalı, Ankara, Türkiye E-posta: bulentelibol@gmail.com

*Original Research*

## **Does Motor Freezing Affect Gait and Balance Functions in Parkinson's Patients?**

Aysegul USTA<sup>1</sup>, Ayla FIL BALKAN<sup>2</sup>, Yeliz SALCI<sup>3</sup>, Semra TOPUZ<sup>4</sup>,  
Gul YALCIN CAKMAKLI<sup>5</sup>, Songul AKSOY<sup>6</sup>, Kadriye ARMUTLU<sup>7</sup>, Bulent ELIBOL<sup>8</sup>

**Sub. Date:** 6<sup>th</sup> May, 2021

**Accept. Date:** 23<sup>rd</sup> August, 2021.

**Pub. Date:** 31<sup>st</sup> December, 2021

### **Abstract**

**Objective:** Motor freezing in Parkinson's Disease (PD) causes loss of balance, gait disturbances and falls due to the sudden occurrence of movement at an unexpected moment. Therefore, the aim of our study was to evaluate balance and gait in Parkinson's patients with motor freezing.

**Materials and Methods:** 10 PD patients with motor freezing, 10 PD patients without motor freezing and 10 healthy individuals with similar age and gender were included in the study. Demographic characteristics of the individuals were recorded. Tandem Stance Test for static balance assessment; Computed Dynamic Posturography (CDP) and Timed Up and Go Test were used for dynamic balance assessment. The gait was evaluated with the GaitRite electronic walkway and 10 m walking test.

**Results:** A significant difference was found between the groups in terms of static and dynamic balance and walking tests ( $p < 0.005$ ). When the groups were compared in pairs, there was no difference between the motor freezers and non-motor freezers in terms of balance and gait. While there was significant difference between both Parkinson's groups and healthy controls in terms of static and dynamic balance tests ( $p < 0.05$ ); the difference between patients with freezers and healthy controls in terms of gait parameters ( $p < 0.05$ ) was not observed non-freezers and healthy controls ( $p > 0.05$ ).

**Conclusion:** Motor freezing affects static and dynamic balance and also gait negatively in Parkinson's patients compared to healthy controls. Gait variables were affected more in the group with motor freeze compared to the healthy group than in the group without motor freeze.

**Keywords:** *Parkinson disease, motor freezing, balance, gait*

<sup>1</sup>**Aysegul USTA (Corresponding author):** Yuksek Ihtisas University, Faculty of Health Sciences, Physical Therapy and Rehabilitation Department, Ankara, Turkey, Phone: 03123291010 E-mail: aysgl.gktrk@gmail.com

<sup>2</sup>**Ayla Fil Balkan:** Hacettepe University, Faculty of Physical Therapy and Rehabilitation, Ankara, Turkey E-mail: aylafil@hacettepe.edu.tr

<sup>3</sup>**Yeliz Salci:** Hacettepe University, Faculty of Physical Therapy and Rehabilitation, Ankara, Turkey E-mail: fztyeliz@hotmail.com

<sup>4</sup>**Semra Topuz:** Hacettepe University, Faculty of Physical Therapy and Rehabilitation, Ankara, Turkey E-mail: fztsemra@yahoo.com

<sup>5</sup>**Gül Yalcin Cakmakli:** Hacettepe University, Faculty of Medicine, Internal Sciences, Neurology Department Ankara, Turkey E-mail: gulyalcin@gmail.com

<sup>6</sup>**Songul Aksoy:** Hacettepe University, Faculty of Health Sciences, Audiology Department, Ankara, Turkey E-mail: songulaksoy@hotmail.com

<sup>7</sup>**Kadriye Armutlu:** Hacettepe University, Faculty of Physical Therapy and Rehabilitation, Ankara, Turkey E-mail: karmutlu@hacettepe.edu.tr

<sup>8</sup>**Bulent Elibol:** Hacettepe University, Faculty of Medicine, Internal Sciences, Neurology Department Ankara, Turkey E-mail: bulentelibol@gmail.com

## Giriş

Parkinson hastalığı (PH), Bazal Gangliyonlardaki dopaminerjik yolların etkilenimi ile ortaya çıkan ilerleyici nörodejeneratif bir hastalıktır (Corcos, 1991). İstirahat tremoru, bradikinezi, rijidite ve postural insabilite hastalığın kardinal bulgularını oluşturmaktadır (Reichmann, 2010). Yürüme ve denge problemleri PH'de sık karşılaşılan motor bozukluklardandır (Mancini, Nutt, & Horak, 2019) Motor donma/blokları Parkinson hastalarında yürüme ve denge problemlerinin şiddetlenmesine neden olabilecek faktörler arasında yer aldığı düşünülmektedir. Motor donma “yürüme niyeti olmasına rağmen ayakların öne ilerleyişinde belirgin bir azalma veya kısa süreli yokluk hali” olarak tanımlanır. PH'nin erken evrelerinde de görülebilmeye karşın, hastalığın evresi ve şiddeti ilerledikçe görülme sıklığı da artmaktadır (Okuma, 2006; Tan, McGinley, Danoudis, Iansek, & Morris, 2011). Bireyler, Motor donma şikayetini özellikle yürüyüşü başlatma, yürüyüş esnasında dönme ve dar yerlerden geçme aktiviteleri ile hedefe ulaşma esnasında belirgin olarak yaşamaktadırlar (Moore, Peretz, & Giladi, 2007). Hareketin beklenmedik bir anında ani olarak gerçekleşmesi nedeniyle genellikle denge kaybı ve düşmelere neden olan rahatsız edici bir bulgu olup, PH'de en yaygın düşme nedenidir. Motor blok periyodunu hastalar “ayakların yere yapışması” olarak tarif etseler de hastaların gövdeleri donma esnasında öne doğru hareket etme eğilimindedir. Bu durum hastaların ağırlık merkezinin destek yüzeyi içerisinde tutulmasını zorlaştırır (Metman, 2010). Dolayısıyla bu ani ve beklenmedik periyod dengeyi düzeltmek için gereken adım alma stratejisini oluşturabilme becerisini azaltarak, instabiliteye neden olur ve hastaların düşmeye yatkınlığı artar ((Mancini ve diğ., 2019).

Literatür incelendiğinde Parkinson hastalarında denge ve yürüme problemlerine odaklanan birçok çalışma olduğu görülmektedir. Bu çalışmaların bir bölümünün motor donması olan Parkinson hastalarında gerçekleştirildiği görülmüştür (Mancini, Priest, Nutt, & Horak, 2012; Nanhoe-Mahabier ve diğ., 2011; Vervoort ve diğ., 2016). Motor donması olan ve olmayan Parkinson hastalarının denge farklılıkları incelendiğinde, denge yeteneklerinin motor bloğu olan grupta olmayan gruba göre daha kötü olduğu belirtilmiştir (Duncan ve diğ., 2015). Bununla birlikte, dinamik ve statik postüral yanıtların incelendiği başka çalışmada, motor donması olan Parkinson hastaları ile olmayan hastalar arasında otomatik postüral kontrolü sağlamada anlamlı bir farklılık olmadığı gösterilmiştir (Vervoort ve diğ., 2013).

Motor donma Parkinson hastalarında yürüyüşü de etkileyebilmektedir. Özellikle yürüyüşün kinematik ve zaman-mesafe değişkenlerini olumsuz etkilendiği belirtilmiştir

(Cutlip, Mancinelli, Huber, & DiPasquale, 2000; Nanhoe-Mahabier ve diğ., 2011). Çalışmalar gözden geçirildiğinde; motor donması olan ve olmayan Parkinson hastalarının yürüyüş değişkenleri kıyaslandığında motor donması olan grubun, olmayan Parkinson hastalarına göre kadans, çift adım hızı, çift adım uzunluğu, yürüme hızı bakımından dezavantajlı olduğunun rapor edildiği görülmüştür (Mitchell, Conradsson, & Paquette, 2019). Ayrıca motor donması olan hastalarda yürüyüşün başlatılmasında gecikme olduğu ve yürüyüşle ilgili çalışmaların daha çok bu alana yoğunlaştığı görülmektedir (Nanhoe-Mahabier ve diğ., 2011; Okada, Fukumoto, Takatori, Nagino, & Hiraoka, 2011). Motor donma problemi yaşayan Parkinson hastalarındaki denge ve yürüyüş ile ilgili çalışmaların sonuçları incelendiğinde, bulguların farklılık göstermesi bu konuda daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulduğunun göstergesidir.

Bu nedenle çalışmamızın amacı, motor donması olan Parkinson hastalarında denge ve yürüyüşü çok yönlü şekilde değerlendirmektir.

### **Gereç ve Yöntem**

Çalışmaya Hacettepe Üniversitesi Hastanesi Nöroloji Polikliniğine başvuran ve Nöroloji uzmanı tarafından PH tanısı almış 10 motor donması olan (Grup 1), 10 motor donması olmayan (Grup 2) ve yaş ve cinsiyet bakımından gruplara denk 10 sağlıklı birey (Grup 3) dahil edilmiştir. Dahil edilme kriterleri, 50 yaş üzerinde olmak, Mini Mental Testten en az 24 puan almış olmak, Modifiye Hoehn-Yahr evreleme ölçeğine (MHYEÖ) göre 2,5-3 arasında olmak, PH harici ilave nörolojik problemi bulunmamak, yürüyüş ve dengeyi etkileyecek belirgin ortopedik problemi bulunmamak olarak belirlenmiştir.

Çalışmanın Etik kurul onayı (GO19/107) Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik kurulu tarafından 22/01/2019 tarihinde verilmiş olup katılımcılardan değerlendirme öncesi aydınlatılmış onam alınmıştır.

### **Klinik Değerlendirmeler**

#### **Motor Donmanın Değerlendirilmesi**

Nörolog tarafından motor donma periyodu yaşadığı tespit edilen hastalar Grup 1'e dahil edilmek üzere değerlendirilmeye alınmıştır. Donmanın değerlendirilmesinde literatürde yaygın olarak kullanılan ve Türkçe geçerlilik güvenilirlik çalışması yapılmış olan "Yürürken Donma Ölçeği" kullanılmıştır (YDÖ) (Candan, Çatıker, & Özcan, 2019).

#### **Statik ve Dinamik Dengenin Değerlendirilmesi**

##### **Tandem Duruş Testi**

Statik dengenin değerlendirilmesine olanak sağlayan Tandem duruş testi esnasında

bireyden tercih ettiği bir ayağının topuğunu diğerinin ucuna gelecek şekilde konumlandırması istenmiştir. Bunu bağımsız olarak gerçekleştiremeyenlere yardım edilerek ayakları istenen konuma getirilmiştir. Birey bu konumu desteksiz olarak korurken, bireyin dengesi bozulana kadar geçen süre kronometre yardımıyla kaydedilmiştir. Denge sorunu olmayan bireyler için test 120 sn. dolana kadar devam ettirilmiştir (Smithson, Morris, & Iansek, 1998).

### ***Zamanlı Kalk Yürü Testi***

Dinamik denge değerlendirme yöntemlerinden biri olan Zamanlı Kalk Yürü Testi (ZKYT), bireyin sandalyeden kalkıp, 3 m normal yürüyüş hızında yürüdükten sonra, kendi çevresinde dönüp sonra tekrar sandalyeye kadar yürüyerek oturması ile gerçekleştirilmiştir. Hastaya “yürü” komutu verilerek test başlatılmış, kronometre ile komutun verilmesinden kişinin tekrar sandalyeye oturmasına kadar geçen süre kaydedilmiştir. Uygulama 3 kez tekrar edilip, performansların ortalama değeri alınmıştır (Morris, Morris, & Iansek, 2001).

### ***Postürografik Değerlendirmeler***

Postüral kontrolün değerlendirilmesinde, hastanın dinamik dengesi hakkında objektif veri sağlayan Bilgisayarlı Dinamik Postürografi (Neurocom Smart Balance Master System) kullanılmıştır. Bu sistem kişinin görsel, somatosensoryal ve vestibüler sistemlerinden gelen bilgileri koordine etme yeteneğini değerlendiren, gerektiğinde hareket edebilen bir platform ve entegre edilmiş bir görsel çevreden meydana gelmektedir. Sistem içinde kişilerin düşmesine engel olmak için bir askı sistemi bulunmaktadır. Test protokolüne göre,

*Konum 1:* Bireyden gözleri açık olarak ayakta dik durması istenir ve sadece statik denge değerlendirilir.

*Konum 2:* Aynı test gözler kapalı olarak yapılır (Romberg).

*Konum 3:* Kişinin üzerinde durduğu platform tamamen sabitken paravan (görsel çevre) hareket eder. Gözler açıktır.

*Konum 4:* Sadece platform hareketli, paravan sabit ve gözler açıktır.

*Konum 5:* Sadece platform hareketlidir ve kişinin gözleri kapalıdır.

*Konum 6:* Gözler açıktır. Hem platform hem de paravan hareketlidir.

İlk üç test konumunda platform sabittir; 4, 5 ve 6. konumda platform hareketlidir. Hastanın postüral salınımla eş zamanlı olarak platform salınım yapar. Kişilerin test protokolünün basamaklarında gerçekleştirdikleri performans sonuçları cihazdan alınan dokümanlar yoluyla elde edilmiştir (Rossi, Soto, Santos, Sesar, & Labella, 2009). Çalışmamızda denge, Postürografiden elde edilmiş olan 1. ve 2. Konum puanlarının ortalaması ile diğer konum

puanlarının toplamının 14'e bölünmesi sonucu hesaplanan "Birleşik Denge Puanı" kullanılarak gösterilmiştir.

### **Yürüyüşün Değerlendirilmesi**

#### **10m Yürüme Testi**

10m Yürüme Testi, Parkinson hastalarında geçerlilik ve güvenilirliği yapılmış olan yürüme hızının değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Hastanın 10 metre mesafeyi ne kadar sürede yürüyebildiği, "başla" komutuyla kronometrenin başlatılması ve 10 metrelik mesafenin bitiminde kronometrenin durdurulması ile değerlendirilmiştir. (Lang, Kassin, Devaney, Colon-Semenza, & Joseph, 2016; Lindholm, Nilsson, Hansson, & Hagell, 2018).

#### **GaitRite Değerlendirmeleri**

Yürüyüşün zaman-mesafe karakteristiklerinin değerlendirilmesi, GaitRite (CIR Systems Inc., Franklin, New Jersey, USA) elektronik yürüyüş yolu kullanılarak değerlendirilmiştir. Yürüyüşün zaman mesafe karakteristiklerinin değerlendirilmesinde GaitRite sistemi altın standart olarak kabul edilmektedir (Menz, Latt, Tiedemann, San Kwan, & Lord, 2004). Kişilerden test sırasında kendilerini güvende hissettikleri normal yürüyüş hızıyla (ne hızlı ne yavaş) yürümeleri istenmiş, dinlenmek istedikleri anda dinlenmelerine olanak sağlanmıştır (Nelson ve diğ., 2002; van Uden & Besser, 2004). Bu çalışmada GaitRite'dan elde edilen adım uzunluğu, çift adım uzunluğu, yürüme hızı, ortalama normalize hız ve adım sayısına ait veriler kullanılmıştır.

#### **İstatistiksel Analiz**

Çalışmanın istatistiksel analizi SPSS.21 kullanılarak yapılmıştır. Çalışmada yer alan grupların normal dağılıp dağılmadıkları analiz edilmiştir. Normal dağılan gruplar için değerler ortalama ve Standart sapma değerleri ile verilmişken, normal dağılmayanlar ortanca değeri ile sunulmuştur. Ancak tabloların daha okunabilir olması için normal dağılım göstermeyen grupların ortalama ve standart sapma puanları da belirtilmiştir. Grupların karşılaştırılması Kruskal Wallis testi ile yapılmıştır. Kruskal-Wallis testinin anlamlı olduğu verilerde gruplar Mann Whitney U testi kullanılarak karşılaştırılmış ve Bonferroni Düzeltmesi yapılmıştır ( $p<0,017$ ).

#### **Bulgular**

Çalışmaya dahil edilen bireylerin demografik ve klinik özelliklerine ilişkin bilgiler Tablo 1'de gösterilmiştir. Grupların cinsiyet, yaş, Vücut Kitle İndeksi (VKİ), eğitim durumu,

dominant ekstremite bakımından benzer olduğu görülmüştür. Grup 1 ve Grup 2 arasında MHYEÖ değerleri ve hastalık süreleri açısından benzerlik gösteriyorken, Grup 1'in Birleştirilmiş Parkinson Hastalığı Değerlendirme Ölçeği (BPHDÖ) puanı motor donması olmayan gruba göre daha yüksek bulunmuştur ( $p=0,019$ ).

Grupların denge ve yürüme testlerinin puanları Tablo 2'de gösterilmiştir. Grupların değerlendirme sonuçlarının karşılaştırılması Kruskal-Wallis testi ile yapılmıştır. Buna göre, statik denge değerlendirme yöntemi olan Tandem test puanı ( $\chi^2=20,338$ ;  $p=0,01$ ), Dinamik denge parametrelerinden ZKYT puanı ( $\chi^2=18,653$ ;  $p=0,001$ ), Dinamik Postürografi- Birleşik Denge Puanı ( $\chi^2=11,802$ ;  $p=0,003$ ), iken yürüyüş değerlendirme yöntemlerinden 10 m yürüme puanı ( $\chi^2=17,701$ ;  $p=0,001$ ) iken yürüyüşün zaman mesafe karakteristiklerinden Sol Adım Uzunluğu Puanı ( $\chi^2=6,846$ ;  $p=0,033$ ), Sağ Adım Uzunluğu Puanı ( $\chi^2=6,015$ ;  $p=0,049$ ), Sol Adım Genişliği Puanı ( $\chi^2=7,249$ ;  $p=0,027$ ), Sağ Adım Genişliği Puanı ( $\chi^2=6,712$ ;  $p=0,035$ ), Yürüme Hızı Puanı ( $\chi^2=6,320$ ;  $p=0,042$ ), Ortalama Normalize Hız Puanı ( $\chi^2=6,633$ ;  $p=0,036$ ), Adım Sayısı Puanı ise ( $\chi^2=6,850$ ;  $p=0,033$ ) olarak bulunmuştur.

**Tablo 1:** Demografik bilgiler tablosu

Değişkenler	Grup 1	Grup 2	Grup 3	p
Yaş (X±SS)	66,3±5,19	68,9±7,8	65,7±5,56	0,072 <sup>x</sup>
VKİ	28,91±5,85	26,87±5,38	31,33±3,23	0,171 <sup>x</sup>
Cinsiyet (n/%)				0,866 <sup>x</sup>
Kadın	6 (%60)	6 (%60)	7(%70)	
Erkek	4 (%40)	4 (%40)	3(%30)	
Dominant Ekstremit				
Sağ	9 (%90)	9 (%90)	10(%100)	0,585 <sup>x</sup>
Sol	1 (%10)	1 (%10)	-	
Eğitim Durumu				
Okur Yazar Değil	1(%10)	1(%10)	0	
İlköğretim	4(%40)	5 (%50)	2(%20)	0,409 <sup>x</sup>
Lise	2 (%20)	-	1(%10)	
Üniversite	3 (%30)	4(%40)	7(%70)	
Geriatrik Depresyon Ölçeği	8,00±5,03	9,70±5,65	6,00±3,65	0,299 <sup>x</sup>
Hastalık Süresi	12,20±5,65	12,70±7,75	-	0,970 <sup>y</sup>
MHYEÖ				
2,5	5 (%50)	7 (%70)	-	
3	5 (%50)	3 (%30)	-	0,361 <sup>y</sup>
YDÖ (X±SS)	15,40±2,49	2,60±2,27	-	0,001 <sup>y</sup>
BPHDÖ (X±SS)	46,90±12,17	34,10±8,39	-	0,019 <sup>y</sup>

MHYEÖ: Modifiye Hoehn Yahr Evreleme Ölçeği; YDÖ:Yürürken Donma Ölçeği; BPHDÖ: Birleştirilmiş Parkinson Hastalığı Değerlendirme Ölçeği<sup>x</sup>; Ki kare puanı ( $\chi^2$ ); <sup>y</sup>:Mann-Whitney U puanı (Z); Grup 1:Motor Donması olan; Grup 2: Motor Donması olmayan; Grup 3: Sağlıklı kontroller; X: ortalama; SS: Standart sapma



**Tablo 2:** Grupların Denge ve Yürüyüş Puanları

Değişkenler	Grup 1	Grup 2	Grup 3	p
	X±SS	X±SS	X±SS	
<b>Postürografi-Birleşik Denge Puanı</b>	66,30±5,19	63,40±12,14	78,80±6,92	0,003*
<b>Zamanlı Kalk Yürü Testi (sn)</b>	16,94±3,86	17,17±7,13	8,58±1,17	0,001*
<b>Tandem Duruş (sn)</b>	19,08±18,31	29,60±26,20	119,15±2,68	0,001*
<b>Adım Uzunluğu (cm)</b>				
<b>Sol</b>	39,29±12,00	46,42±10,73	54,33±7,32	0,033*
<b>Sağ</b>	40,90±10,75	45,93±11,82	53,01±9,51	0,049*
<b>Çift Adım Uzunluğu(cm)</b>				
<b>Sol</b>	80,44±22,21	93,25±22,36	107,99±16,6 3	0,035*
<b>Sağ</b>	80,87±22,41	92,47±22,41	107,81±16,5 5	0,059
<b>Yürüme Hızı (cm/sn)</b>	69,60±22,57	79,90±32,87	95,99±21,43	0,042*
<b>Ortalama Normalize Hız (m/sn)</b>	0,81±0,26	0,93±0,38	1,13±0,27	0,036*
<b>Adım Sayısı</b>	11,77±3,64	9,73±3,33	7,6±2,17	0,033*
<b>10 m Yürüme</b>	14,16±2,71	17,13±12,59	8,54±0,98	0,001*

Grup 1: Motor Donması olan; Grup 2: Motor Donması olmayan; Grup 3: Sağlıklı kontroller; X: ortalama; SS: Standart sapma; \*: p<0,005(Kruskal-Wallis test sonucu)

**Tablo 3:** Gruplara göre Dinamik ve Statik Denge değişkenlerinin karşılaştırılması

Değişkenler	Grup 1-2	Grup 1-3	Grup 2-3
	p	p	P
<b>Postürografi-Birleşik Denge Puanı</b>	0,910	0,003*	0,003*
<b>Zamanlı Kalk Yürü Test</b>	0,762	0,001*	0,001*
<b>Tandem Duruş</b>	0,326	0,001*	0,001*

Grup 1: Motor Donması olan; Grup 2: Motor Donması olmayan; Grup 3: Sağlıklı kontroller; \*:p<0,0017

**Tablo 4:** Gruplara göre Yürüyüş değişkenlerinin karşılaştırılması

Değişkenler	Grup 1-2	Grup 1-3	Grup 2-3
	p	p	p
<b>Adım Uzunluğu</b>			
Sol	0,174	0,013*	0,151
Sağ	0,290	0,019	0,131
<b>Çift Adım Uzunluğu</b>			
Sol	0,151	0,010*	0,151
Sağ	0,174	0,013*	0,174
<b>Yürüme Hızı</b>	0,406	0,010*	0,151
<b>Ortalama Normalize Hız</b>	0,597	0,009*	0,096
<b>Adım Sayısı</b>	0,185	0,013*	0,128
<b>10 m Yürüme</b>	0,597	0,001*	0,010*

Grup 1: Motor Donması olan; Grup 2: Motor Donması olmayan; Grup 3: Sağlıklı kontroller; \*: p<0,0017

### **Tartışma ve Sonuç**

Motor donması olan Parkinson hastalarında denge ve yürüyüş parametrelerini incelemeyi amaçladığımız çalışmamız sonucunda motor donması olan ve olmayan Parkinson hastalarının denge ve yürüyüş parametrelerinin benzer olmasına karşın, her iki Parkinson grubunun da sağlıklı bireylerle kıyaslandığında denge ve yürüyüş performansları açısından dezavantajlı olduğu ortaya konulmuştur. Bunun yanı sıra motor donması olan grubun yürüyüşün zaman ve mesafe karakteristikleri bakımından sağlıklı kontrollerle kıyaslandığında, donması olmayan Parkinson hastalarına göre daha fazla etkilendiği görülmüştür.

Literatür incelendiğinde motor donması olan Parkinson hastalarında statik dengenin değerlendirildiği çalışmaların oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Simithson ve ark., düşme öyküsü olan ve olmayan Parkinson hastalarının statik ve dinamik denge parametrelerini sağlıklı kontrollerle kıyasladıkları çalışmalarında tandem duruş testi sonuçlarının düşme öyküsü olan Parkinson hastalarında, düşme öyküsü olmayan Parkinson hastaları ve sağlıklı kontrollere göre daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca düşme öyküsü olmayan Parkinson hastaları ile sağlıklı kontroller arasında anlamlı bir farklılık bulunmazken, düşme öyküsü olan hastalar ile sağlıklı kontroller arasında anlamlı farklılık olduğu ve düşme öyküsü olan Parkinson

hastalarında tandem duruş performansının gruplar arasında en düşük olduğu ifade edilmiştir (Smithson ve diğ., 1998). Çalışmamızda da donması olan ve olmayan Parkinson hastalarının tandem duruş performanslarının sağlıklı kontrollerden düşük olduğu gösterilmiştir. Bununla birlikte motor donma Parkinson hastalarında tandem duruş performansı açısından farklılık oluşturmamıştır.

Dinamik dengenin önemli klinik testlerinden biri olan ZKYT, pek çok Parkinson çalışmasında kullanılmıştır (Brusse, Zimdars, Zalewski, & Steffen, 2005; Campbell, Rowse, Ciol, & Shumway-Cook, 2003; Dibble & Lange, 2006; Morris ve diğ., 2001). Frazitta ve arkadaşları, 4 haftalık yürüyüş eğitiminin etkisini araştırdıkları çalışmalarında, tedavi öncesi ve tedavi sonrasında yaptıkları ZKYT değerlendirmeleri sonucu, motor donması olan Parkinson hastaları ile olmayan Parkinson hastaları arasında anlamlı bir farklılık elde edemediklerini rapor etmişlerdir (Frazzitta, Pezzoli, Bertotti, & Maestri, 2013). Tan ve arkadaşları, BPHDÖ motor puanı, hastalık şiddeti ile yürüme hızı ve ZKYT değerleri arasında orta-güçlü korelasyon olduğunu bildirmişlerdir. Aynı çalışmada YDÖ şiddetiyle ZKYT performansı arasında ise pozitif yönde güçlü ilişki olduğu ifade edilmiştir (Tan ve diğ., 2011). YDÖ şiddeti aynı zamanda azalmış yürüme hızıyla da ilişkilendirilmiştir. Bu görüşle benzer olarak, Parkinson hastalarının sağlıklı kontrollere göre ZKYT tamamlama süresinin daha uzun ve test sırasında adım sayılarının daha fazla olduğunu ortaya koyan çalışmalar da mevcuttur (Campbell ve diğ., 2003; Weiss ve diğ., 2010). Çalışmamızda donması olan Parkinson hastalarının ZKYT süreleri diğer gruplara göre daha uzundur. Bu durum YDÖ ve BPHDÖ puanlarının donması olan grupta daha yüksek olması ile ilişkili olabilir. Bunun yanı sıra her iki Parkinson grubunun sağlıklı kontrollerle ZKYT performansları arasındaki farklılık, daha önce yapılan çalışmalarla benzer sonuçlar ortaya koymuştur (Campbell ve diğ., 2003; Frazzitta ve diğ., 2013; Weiss ve diğ., 2010).

Yürüyüşün klinik değerlendirme yöntemlerinden biri olan 10 m yürüme testi, kısa yürüyüş mesafesinde ve kısa sürede uygulanabilmesi sayesinde bireylerin ortalama yürüme hızı hakkında hızlıca bilgi sahibi olunmasını sağlar (Duncan ve diğ., 2017). Parkinson hastalarında da hastalık şiddetine göre yürüyüş hızının kıyaslanması, tedavinin etkinliğinin belirlenmesi gibi amaçlarla kullanıldığı görülmektedir (Duncan ve diğ., 2017; Geerse ve diğ., 2017; Peterson, Plotnik, Hausdorff, & Earhart, 2012). Yapılan çalışmaların bir kısmında donması olan Parkinson hastaları ile olmayan Parkinson hastaları arasında 10 m yürüme testi sonuçları arasında farklılık olmadığı sonucuna varılmıştır (Duncan ve diğ., 2017; Geerse ve diğ., 2017;

Lee, Li, Tai, & Luh, 2020). Bunun yanı sıra donması olmayan hastaların test performansının sağlıklı kontrollere göre düşük olduğu da ifade edilmiştir (Duncan ve diğ., 2017). Nonnekes ve arkadaşları, normal ve hızlı yürüme hızında 10 m yürümenin motor donma periyodunu artırmadığı, özellikle hızlı kısa adımla yürüme ve dönme aktivitesinin hastalarda donma tablosunu şiddetlendirdiğini rapor etmişlerdir (Nonnekes ve diğ., 2014). Motor donması olan Parkinson hastalarının, donması olmayan Parkinson hastaları ve sağlıklı kontrollerle kıyaslandığında testi tamamlama sürelerinin daha uzun olduğunu ifade eden çalışmalar da bulunmaktadır (Lindholm ve diğ., 2018; Nanhoe-Mahabier ve diğ., 2011). Çalışmamızda donması olan grubun 10 m yürüme performansı donması olmayan gruba göre istatistiksel olarak anlamlı olmasa da testi tamamlama süresinin donması olan bireylerde sayısal olarak daha kısa olduğu görülmektedir. Bu durumun donma periyodu yaşayan hastaların tipik yürüyüş şekli olan “festinating” (öne doğru hızlanma) ile ilişkili olabileceği düşünülmüştür. Öte yandan Parkinson grupları arasındaki benzerlik ve Parkinson gruplarının sağlıklı kontrollerle karşılaştırılmasıyla elde ettiğimiz sonuçlar literatürde yer alan çalışmaları destekler niteliktedir (Geerse ve diğ., 2017; Lee ve diğ., 2020).

Dinamik dengeyi değerlendiren objektif yöntemlerden biri olan postürografinin, Parkinson hastalarında sıklıkla postüral kontrolün değerlendirilmesi, ve tedavinin etkinliğinin tespit edilmesi gibi amaçlarla kullanıldığı görülmektedir (S Colnat-Coulbois ve diğ., 2005). Huh ve ark. yaptığı bir çalışmada; motor donması olan Parkinson hastalarını, motor donması olmayan Parkinson hastaları ve sağlıklı kontrolleri denge performansları açısından değerlendirilmiştir. Bu çalışmada motor donması olan grubun postürografik denge puanı sağlıklı kontrollere göre daha düşük olduğu görülmüştür. Motor donması olan ve olmayan grup kıyaslandığında ise sadece görsel ve vestibüler bilgiyi kullanma parametreleri bakımından gruplar arasında anlamlı bir farklılık olduğu, fakat diğer denge değişkenleri arasında farklılık olmadığı bulunmuştur. Motor donması olmayan Parkinson hastaları ile sağlıklı kontroller kıyaslandığında ise denge puanları arasında anlamlı bir farklılık olmadığı sonucuna varılmıştır (Huh ve diğ., 2016). Çalışmamızda motor donması olan Parkinson grubu ile sağlıklı kontroller arasında elde ettiğimiz fark bu yönüyle Huh ve ark. çalışmasıyla paralellik göstermektedir. Coulbois ve ark. da bizim bulgularımızla benzer olarak donması olmayan Parkinson hastalarının postürografi sonuçlarının sağlıklı kontrollere göre düşük olduğu sonucuna varmışlardır (Sophie Colnat-Coulbois ve diğ., 2011).

Literatürde Parkinson hastalarında yürüyüşün zaman-mesafe karakteristiklerinin incelendiği birçok çalışma bulunmaktadır. Bunlardan biri, Vervoort ve arkadaşlarının postural kontrol ve yürüme parametrelerindeki azalmanın motor donma ile ilişkisini inceledikleri çalışmalarıdır. Donması olan ve olmayan Parkinson hastalarının adım uzunluğu ile yürüme hızı parametrelerin benzer olduğu sonucuna varmışlardır. Aynı zamanda donması olmayan Parkinson hastaları ile sağlıklı kontrolleri kıyasladıklarında da belirgin farklılık olmadığını bulmuşlardır (Vervoort ve diğ., 2016). İşitsel uyarılarla desteklenmiş yürüyüş eğitiminin etkisinin araştırıldığı bir çalışmada da tedavi öncesi ve sonrasında yapılan değerlendirmelerde, donması olan Parkinson hastalarının donması olmayan gruba göre yürüyüşlerinin daha asimetric olduğu ve bu asimetriyle YDÖ şiddeti arasında güçlü bir ilişki bulunduğu ifade edilmiştir. Öte yandan yürüyüşün hızı ve çift adım uzunluğu değişkenleri bakımından ise iki grup arasında anlamlı bir fark olmadığı bulunmuştur (Frazzitta ve diğ., 2013). Benzer bir diğer çalışmada ise, ritmik işitsel uyarıların yürüyüş üzerine olan etkisi araştırılmış, donması olan ve olmayan Parkinson grupları arasında yürüyüşün zaman-mesafe karakteristikleri bakımından fark olmadığı ifade edilmiştir (Willems ve diğ., 2006). Almeida ve ark., farklı kapı aralığı genişliklerinden geçiş esnasında hastaların yürüyüş değişkenlerini GaitRite yürüme yolu kullanarak değerlendirmiş, donması olan grubun donması olmayan grup ve sağlıklı kontrollere göre, daha yavaş yürüdüğü, adım uzunluklarının daha küçük olduğu sonucuna varmışlardır. Ayrıca bu parametreler bakımından donması olmayan Parkinson hastaları ile sağlıklı kontroller arasında belirgin bir farklılık olmadığını bulmuşlardır (Almeida & Lebold, 2010). Çalışmamızda iki Parkinson grubu arasında yürüyüşün zaman-mesafe karakteristikleri bakımından farklılık bulunmamaktadır. Literatürde motor donması olan hastaların yürüyüş değerlendirmeleri sıklıkla donma şikayetini açığa çıkaracak, dar kapı aralığından geçme, 360° dönme gibi aktivitelerle birlikte yapılmıştır (Almeida & Lebold, 2010; Knobl, Kielstra, & Almeida, 2012). Bu eylemlerin hastaların donma periyodu yaşamalarına sebep olması sebebiyle, iki Parkinson grubu arasında yürüyüş hızı yönünden farklılık olduğu görülmektedir. Çalışmamızdaki donması olan Parkinson grubunda testler sırasında herhangi bir motor blokla karşılaşmamış olmamız iki hasta grubunda fark çıkmayışının temel nedeni olarak düşünülmektedir. Öte yandan sağlıklı kontrollerle donması olmayan Parkinson hastaları arasında yürüyüşün zaman-mesafe değişkenleri arasında bulduğumuz benzerlik literatürle paralellik göstermektedir (Almeida & Lebold, 2010; Knobl ve diğ., 2012; Willems ve diğ., 2006).

Çalışmamızın sonucunda Parkinson hastalarının denge parametrelerinin sağlıklı gruba göre anlamlı olacak şekilde etkilendiğini görülmüştür. Bununla birlikte yürüyüşün zaman-mesafe karakteristikleri yönünden donması olmayan Parkinson hastaları ile sağlıklı bireyler arasında istatistiksel bir fark olmadığı bulunmuştur. Motor donması olan grupla sağlıklı bireyler arasında bu veriler yönünden anlamlı fark görülmüş olması, bize donma problemi yaşayan hastalarda yürüyüşün dengeden daha fazla etkilendiğini düşündürmektedir. Donma fenomeni olan hastalarda tek destek fazının kısalıp, çifte destek süresinin uzaması söz konusudur. Bu durum dinamik bir eylem olan yürüyüşün donması olan bireylerde daha stabil bir patern göstermesiyle ilişkilendirilebilir. Bu nedenle motor donması olan Parkinson hastalarının rehabilitasyon programlarında yer alan denge egzersizlerinin yanı sıra çok yönlü yürüme eğitiminin tedavi programına eklenmesinin uygun olacağı düşünülmektedir.

Çalışmamızda iki Parkinson grubu arasında klinik olarak denge ve yürüyüş performansları bakımından farklılık gözlemlenmiş olsa da istatistiksel olarak grupların benzer olduğu bulunmuştur. Çalışmada yer alan kişi sayısının artırıldığı, detaylı yürüyüş ve denge analizlerinin uygulandığı yeni çalışmaların yapılması, edindiğimiz sonuçlara yeni bakış açıları sunabilir.

### **Çıkar Çatışması**

Yazarlar bu çalışmada hiçbir çıkar çatışmasının olmadığını taahhüt eder.

### **Finansal Destek**

Bu çalışma için herhangi bir finansal destek sağlanmamıştır.

### Kaynakça

- Almeida, Q. J., & Lebold, C. A. (2010). Freezing of gait in Parkinson's disease: a perceptual cause for a motor impairment? *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 81(5), 513-518.
- Brusse, K. J., Zimdars, S., Zalewski, K. R., & Steffen, T. M. (2005). Testing functional performance in people with Parkinson disease. *Physical Therapy*, 85(2), 134-141.
- Campbell, C. M., Rowse, J. L., Ciol, M. A., & Shumway-Cook, A. (2003). The effect of cognitive demand on timed up and go performance in older adults with and without Parkinson disease. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 27(1), 2-7.
- Candan, S. A., Çatiker, A., & Özcan, T. Ş. (2019). Psychometric properties of the Turkish version of the freezing of gait questionnaire for patients with Parkinson's disease. *Neurological Sciences and Neurophysiology*, 36(1), 44.
- Colnat-Coulbois, S., Gauchard, G., Maillard, L., Barroche, G., Vespignani, H., Auque, J., & Perrin, P. (2011). Management of postural sensory conflict and dynamic balance control in late-stage Parkinson's disease. *Neuroscience*, 193, 363-369.
- Colnat-Coulbois, S., Gauchard, G., Maillard, L., Barroche, G., Vespignani, H., Auque, J., & Perrin, P. (2005). Bilateral subthalamic nucleus stimulation improves balance control in Parkinson's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 76(6), 780-787.
- Corcos, D. M. (1991). Strategies underlying the control of disordered movement. *Physical therapy*, 71(1), 25-38.
- Cutlip, R. G., Mancinelli, C., Huber, F., & DiPasquale, J. (2000). Evaluation of an instrumented walkway for measurement of the kinematic parameters of gait. *Gait & Posture*, 12(2), 134-138.
- Dibble, L. E., & Lange, M. (2006). Predicting falls in individuals with Parkinson disease: a reconsideration of clinical balance measures. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 30(2), 60-67.
- Duncan, R. P., Combs-Miller, S. A., McNeely, M. E., Leddy, A. L., Cavanaugh, J. T., Dibble, L. E., . . . Earhart, G. M. (2017). Are the average gait speeds during the 10 meter and 6 minute walk tests redundant in Parkinson disease? *Gait & Posture*, 52, 178-182.
- Duncan, R. P., Leddy, A. L., Cavanaugh, J. T., Dibble, L. E., Ellis, T. D., Ford, M. P., . . . Earhart, G. M. (2015). Balance differences in people with Parkinson disease with and without freezing of gait. *Gait & Posture*, 42(3), 306-309.
- Frazzitta, G., Pezzoli, G., Bertotti, G., & Maestri, R. (2013). Asymmetry and freezing of gait in parkinsonian patients. *Journal of Neurology*, 260(1), 71-76. <https://doi.org/10.1007/s00415-012-6585-4>
- Geerse, D., Roerdink, M., Coolen, H., Ouweland, P., Marinus, J., & van Hilten, J. (2017). The sudden stop-and-start test of the Interactive Walkway affords an innovative evaluation of freezing of gait in Parkinson's disease patients. *Paper presented at the International Society of Posture & Gait Research World Congress*.
- Huh, Y. E., Hwang, S., Kim, K., Chung, W.-H., Youn, J., & Cho, J. W. (2016). Postural sensory correlates of freezing of gait in Parkinson's disease. *Parkinsonism & Related Disorders*, 25, 72-77.
- Knobl, P., Kielstra, L., & Almeida, Q. (2012). The relationship between motor planning and freezing of gait in Parkinson's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 83(1), 98-101. <https://doi.org/10.1136/jnnp-2011-300869>
- Lang, J. T., Kassin, T. O., Devaney, L. L., Colon-Semenza, C., & Joseph, M. F. (2016). Test-retest reliability and minimal detectable change for the 10-meter walk test in older adults with Parkinson's disease. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 39(4), 165-170.
- Lee, Y.-Y., Li, M.-H., Tai, C.-H., & Luh, J.-J. (2020). Corticomotor Excitability Changes Associated With Freezing of Gait in People With Parkinson Disease. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14.
- Lindholm, B., Nilsson, M. H., Hansson, O., & Hagell, P. (2018). The clinical significance of 10-m walk test standardizations in Parkinson's disease. *Journal of Neurology*, 265(8), 1829-1835.

- Mancini, M., Nutt, J. G., & Horak, F. B. (2019). *Balance Dysfunction in Parkinson's Disease: Basic Mechanisms to Clinical Management*: Academic Press.
- Mancini, M., Priest, K. C., Nutt, J. G., & Horak, F. B. (2012). *Quantifying freezing of gait in Parkinson's disease during the instrumented timed up and go test*. Paper presented at the 2012 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society.
- Menz, H. B., Latt, M. D., Tiedemann, A., San Kwan, M. M., & Lord, S. R. (2004). Reliability of the GAITRite® walkway system for the quantification of temporo-spatial parameters of gait in young and older people. *Gait & Posture*, 20(1), 20-25.
- Metman, L. V. (2010). *Encyclopedia of movement disorders*: Elsevier Acad. Press.
- Mitchell, T., Conradsson, D., & Paquette, C. (2019). Gait and trunk kinematics during prolonged turning in Parkinson's disease with freezing of gait. *Parkinsonism & Related Disorders*, 64, 188-193.
- Moore, O., Peretz, C., & Giladi, N. (2007). Freezing of gait affects quality of life of peoples with Parkinson's disease beyond its relationships with mobility and gait. *Movement disorders: official journal of the Movement Disorder Society*, 22(15), 2192-2195.
- Morris, S., Morris, M. E., & Ianssek, R. (2001). Reliability of measurements obtained with the Timed "Up & Go" test in people with Parkinson disease. *Physical Therapy*, 81(2), 810-818.
- Nanhoe-Mahabier, W., Snijders, A., Delval, A., Weerdesteijn, V., Duysens, J., Overeem, S., & Bloem, B. (2011). Walking patterns in Parkinson's disease with and without freezing of gait. *Neuroscience*, 182, 217-224.
- Nelson, A. J., Zwick, D., Brody, S., Doran, C., Pulver, L., Roosz, G., . . . Rothman, J. (2002). The validity of the GaitRite and the Functional Ambulation Performance scoring system in the analysis of Parkinson gait. *NeuroRehabilitation*, 17(3), 255-262.
- Nonnekes, J., Janssen, A. M., Mensink, S. H., Nijhuis, L. B. O., Bloem, B. R., & Snijders, A. H. (2014). Short rapid steps to provoke freezing of gait in Parkinson's disease. *Journal of Neurology*, 261(9), 1763-1767.
- Okada, Y., Fukumoto, T., Takatori, K., Nagino, K., & Hiraoka, K. (2011). Abnormalities of the first three steps of gait initiation in patients with Parkinson's disease with freezing of gait. *Parkinson's Disease*, 2011.
- Okuma, Y. (2006). Freezing of gait in Parkinson's disease. *Journal of Neurology*, 253(7), vii27-vii32.
- Peterson, D. S., Plotnik, M., Hausdorff, J. M., & Earhart, G. M. (2012). Evidence for a relationship between bilateral coordination during complex gait tasks and freezing of gait in Parkinson's disease. *Parkinsonism & related disorders*, 18(9), 1022-1026.
- Reichmann, H. (2010). Clinical criteria for the diagnosis of Parkinson's disease. *Neurodegenerative Diseases*, 7(5), 284-290.
- Rossi, M., Soto, A., Santos, S., Sesar, A., & Labella, T. (2009). A prospective study of alterations in balance among patients with Parkinson's Disease. *European neurology*, 61(3), 171-176.
- Smithson, F., Morris, M. E., & Ianssek, R. (1998). Performance on clinical tests of balance in Parkinson's disease. *Physical Therapy*, 78(6), 577-592.
- Tan, D. M., McGinley, J. L., Danoudis, M. E., Ianssek, R., & Morris, M. E. (2011). Freezing of gait and activity limitations in people with Parkinson's disease. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 92(7), 1159-1165.
- van Uden, C. J. T., & Besser, M. P. (2004). Test-retest reliability of temporal and spatial gait characteristics measured with an instrumented walkway system (GAITRite®). *BMC Musculoskeletal Disorders*, 5(1), 13. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-5-13>
- Vervoort, G., Bengevoord, A., Strouwen, C., Bekkers, E. M., Heremans, E., Vandenberghe, W., & Nieuwboer, A. (2016). Progression of postural control and gait deficits in Parkinson's disease and freezing of gait: A longitudinal study. *Parkinsonism & Related disorders*, 28, 73-79.
- Vervoort, G., Nackaerts, E., Mohammadi, F., Heremans, E., Verschueren, S., Nieuwboer, A., & Vercrusse, S. (2013). Which aspects of postural control differentiate between patients with Parkinson's disease with and without freezing of gait? *Parkinson's Disease*, 2013.
- Weiss, A., Herman, T., Plotnik, M., Brozgol, M., Maidan, I., Giladi, N., . . . Hausdorff, J. M. (2010). Can an accelerometer enhance the utility of the Timed Up & Go Test when evaluating patients with Parkinson's disease? *Medical Engineering & Physics*, 32(2), 119-125.



Willems, A. M., Nieuwboer, A., Chavret, F., Desloovere, K., Dom, R., Rochester, L., . . . Van Wegen, E. (2006). The use of rhythmic auditory cues to influence gait in patients with Parkinson's disease, the differential effect for freezers and non-freezers, an explorative study. *Disability and Rehabilitation*, 28(11), 721-728.