

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HEMİPARETİK BİREYLERDE DENGE DÜZEYİNİN
BELİRLENMESİ: YAPAY SINIR AĞLARI UYGULAMASI**

**FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

Güzin KARA

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Filiz ALTUĞ
Yardımcı Tez Danışmanı: Prof. Dr. Kadir KAVAKLIOĞLU**

Denizli, 2019

Doktora Tezleri İçin Yayın Beyan Sayfası

Pamukkale Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği Uygulama Esasları Yönergesi Madde 24-(2) "Sağlık Bilimleri Enstitüsü Doktora öğrencileri için: Doktora tez savunma sınavından önce, doktora bilim alanında kendisinin yazar olduğu uluslararası atıf indeksleri kapsamında yer alan bir dergide basılmış ya da basılmak üzere kesin kabulü yapılmış en az bir makalesi olan öğrenciler tez savunma sınavına alınır. Yüksek lisans tezinin yayın haline getirilmiş olması bu kapsamda değerlendirilmez. Bu ek koşulu yerine getirmeyen öğrenciler, tez savunma sınavına alınmazlar" gereğince yapılan yayın/yayınların listesi aşağıdadır (Tam metin/metinleri ekte sunulmuştur):

Ek-1. Aslan Telci E, Bas Aslan U, Yağcı N, Cavlak U, Gür Kabul E, **Kara G**, Köse T, Yarar F, Karahan S, Telli Atalay O. The Turkish Version of Neck Bournemout Questionnaire in Patients with Chronic Neck Pain: The Cultural Adaptation, Reliability, and Validity Study. ***Archives of Medical Science***. DPO: <https://doi.org/10.5114/aoms.2018.79441>[Epub ahead of print].

Ek-2. **Kara G**, Kyriakos K, Tsaklis P. Comparison Between A Trunk Training Machine and Conventional Exercises for Trunk Extensors and Effect on Stance Weight Distribution of Young Adults: A Pilot Study. ***Turkish Journal of Physiotherapy and Rehabilitation***. 2016;27(2):34-41.

Ek-3. Ünal A, Altuğ F, Kilavuz G, **Kara G**. & Cavlak U. Expectations of Patients with Hemiparesis from Physiotherapy Programme: Concordance among Patients, Patients' Caregiver and Physiotherapists. ***European Journal of Physiotherapy***, 2018.

Ek-4. Ünal A, **Kara G**, Tıkaç G, Altuğ F. Frontal kavernoma cerrahisi sonrası fizyoterapi ve rehabilitasyon sonuçları. ***Cukurova Med J***. 2018;43(Suppl 1):312-316.

Ek-5. Altuğ F, Ünal A, Çitişli V, Kavlak E, Kara G. Retrospective Education in Spinal Cord Injuries: A Sample at University Hospital in Turkey. *Rawal Medical Journal*. 2015;40(2):183-6.

DOKTORA TEZİ ONAY FORMU

Güzin KARA tarafından Doç. Dr. Filiz ALTUĞ yönetiminde hazırlanan “**Hemiparetik Bireylerde Denge Düzeyinin Belirlenmesi: Yapay Sinir Ağları Uygulaması**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

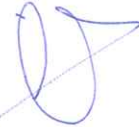
Jüri Başkanı:

Prof. Dr. Ferdi BAŞKURT
Süleyman Demirel Üniversitesi



Danışman:

Doç. Dr. Filiz ALTUĞ
Pamukkale Üniversitesi



Üye:

Prof. Dr. Sezai TOKAT
Pamukkale Üniversitesi



Üye:

Doç. Dr. Zeliha BAŞKURT
Süleyman Demirel Üniversitesi



Üye:

Dr. Öğr. Üyesi Emre BASKAN
Pamukkale Üniversitesi



Pamukkale Üniversitesi Sağlık Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 18.01.2019 tarih ve 02/1.04.. sayılı kararıyla onaylanmıştır.


Prof. Dr. Hakan AKÇA
Müdür

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğini beyan ederim.

İmza :
Öğrenci Adı Soyadı : Güzin KARA

ÖZET**HEMİPARETİK BİREYLERDE DENGE DÜZEYİNİN BELİRLENMESİ: YAPAY SİNİR AĞLARI UYGULAMASI**

Kara, Güzin
Doktora Tezi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon ABD
Tez yöneticisi: Doç. Dr. Filiz ALTUĞ

Ocak 2019, 61 sayfa

Bu çalışmanın amacı, Denge Değerlendirme Sistemleri Testi (BESTest) manuel test sonuçları ile yapay sinir ağları modeliyle elde edilen prediktif sonuçları karşılaştırmak ve BESTest alt gruplarından yapay sinir ağları ile elde edilen prediktif sonuçları belirlemede ve dengeyi değerlendirmede en iyi katkısı olan alt grup testleri belirlemektir.

Araştırmaya 35-65 yaş arasında 66 hemiparetik birey katılmıştır (E:43, K:23). Katılımcıların yaş ortalaması $53,70 \pm 8,19$ yıl, ortalama hastalık süresi $47,70 \pm 62,72$ aydır. Katılımcıların mental düzeyleri Hodkinson Mental Test ile, denge düzeyleri BESTest ile değerlendirilmiştir. Yapay sinir ağları (YSA) modellemesi için verilerin %70'i eğitim (n=46), %15'i (n=10) geçerlilik, %15'i (n=10) test için kullanılmıştır. Çoklu doğrusal regresyon modeli (MLR) YSA ile karşılaştırmak için kullanılmıştır.

Çalışmanın sonuçları hemiparetik bireylerde denge düzeyinin tahmin edilmesinde YSA'nın (ortalama karesel hataların karekökü-RMSE:4,993) MLR'den (RMSE: 7,031) daha iyi olduğunu göstermektedir. BESTest toplam puanına en az katkısı olan bölüm Stabilite Sınırları/Dikeylilik, en çok katkısı olan bölüm ise Yürüme Stabilitesi'dir. Bölümler içerisinde en düşük ve en yüksek düzeyde katkısı olan maddeler incelendiğinde RMSE değerlerinin düşük ve birbirine yakın olduğu görülmüştür.

Bu araştırmadan elde ettiğimiz sonuçlar; YSA modellemesi ile elde ettiğimiz RMSE değerlerinin literatüre göre daha iyi çıktığını göstermektedir; ancak bu değerler birbirine çok yakın olduğu için çıkarımlarda dikkatli olunmalıdır. Mutlak çıkarımların yapılabilmesi için BESTest'in denge probleminin şiddetini gösteren kesme değerlerine ihtiyaç vardır. Kesme değerlerinin belirlenmesi ile sonuçlarımızın yorumlanması daha anlamlı olacaktır. Çalışmamızın denge problemlerinin ayırt edilmesinde kullanılan BESTest'in kendi teorisine uygun şekilde daha kısa, hassas, pratik ve fizyoterapistler için yol gösterici bir alt mini set oluşturulmasına kılavuzluk edebileceğini düşünmekteyiz.

Anahtar Kelimeler: Hemiparezi, Denge, Sinir Ağları, Yapay Zeka.

ABSTRACT**ESTIMATION OF BALANCE STATUS IN HEMIPARETICS: AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK IMPLEMENTATION****Kara, Güzin****PhD. Thesis in Physiotherapy and Rehabilitation
Supervisor: Assoc. Prof. Filiz ALTUĞ****January 2019, 61 pages**

The aim of this study was to compare manual Balance Evaluation Systems Test (BESTest) results and artificial neural network predictive results and to determine the highest contributions of BESTest subsets in order to find artificial neural network predictive results of BESTest subsets.

66 hemiparetic individuals aged between 35-65 years were included in the study (M:43, F:23). The mean age of the participants was 53.70 ± 8.19 years and the mean duration of disease was 47.70 ± 62.72 months. Mental status of the participants was evaluated by Hodkinson Mental Test. Balance status was evaluated by BESTest. 70% (n=46) of the data set was used for learning, 15% (n=10) for evaluation, and 15% (n=10) for testing purposes in order to model artificial neural networks (ANN). Multiple linear regression model (MLR) was used to compare with ANN.

The results of the study showed that ANN (root mean square error-RMSE: 4.993) was better than MLR (RMSE: 1.031) to estimate balance status of hemiparetics. The lowest contribution of subtest to BESTest total score was Stability Limits/Verticality and the highest contribution of subtest was Stability in Gait. It can be seen that as the most and the lowest contribution of subtest items were investigated, RMSE values were low and too close.

The results obtained from this study showed that RMSE values of ANN were better than the literature. Yet, since these values are very close to each other, you should need to be careful in making an inference. BESTest cut off values showing severe of the balance problem are needed to make accurate inferences. To interpret our results could be more significant after determining cut off values of BESTest. We think that our study can lead to constitute a shorter, more sensitive, more practical and a helpful mini subset of BESTest for physiotherapists used for differentiate balance problems while it was proper for BESTest theory .

Key Words: Hemiparesis, Balance, Neural Networks, Artificial Intelligence.

TEŞEKKÜR

Tezin planlanmasında, içeriğinin düzenlenmesinde, tez sonuçlarının yorumlanmasında ve tezin her aşamasındaki desteklerinden dolayı tez danışmanım Pamukkale Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu Nörolojik Rehabilitasyon Anabilim Dalı Başkanı Sayın Doç. Dr. Filiz ALTUĞ'a,

Tezin içeriğinin düzenlenmesinde, yapay sinir ağlarının modellemesinde, sonuçlarının yorumlanmasında ve doktora tezimin her aşamasındaki desteklerinden dolayı tez yardımcı danışmanım Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Kadir KAVAKLIOĞLU'na,

Tez çalışmasının planlanması ve yürütülmesinde bilgi ve deneyimleriyle her zaman yol gösteren Lefke Avrupa Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Uğur CAVLAK'a,

Çalışma sürecinde tez vakalarının alınması ve tezin yazılması için gerekli şartların sağlanmasında desteklerini esirgemeyen Pamukkale Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu Öğretim Üyesi Sayın Dr. Emre BASKAN'a,

Hayatımın her aşamasında olduğu gibi tez sürecinde de verdikleri karşılıksız destekleri ve sevgileri ile beni yalnız bırakmayan, bugünlere gelmemde en büyük katkıya sahip olan aileme,

Çalışma akışında yardım ve manevi destekleri için arkadaşlarım Uzm. Fzt. Hande Usta'ya ve İnş. Yük. Müh. Ziya ÇAKICI'ya,

Gönüllü olarak teze katkı veren tüm hemiparetik hastalarımıza,

En içten sevgi, saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	vii
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç.....	3
2. KURAMSAL BİLGİLER VE LİTERATÜR TARAMASI	4
2.1. Hemiparezi.....	4
2.2. Epidemiyoloji.....	4
2.3. Risk Faktörleri.....	6
2.4. Patogenez.....	7
2.4.1. İskemik İnmeler.....	7
2.4.1.1. Trombolitik İnme.....	7
2.4.1.2. Embolik İnme.....	7
2.4.1.3. Laküner İnme.....	7
2.4.2. Hemorajik İnmeler.....	8
2.4.2.1. İntraserebral Hemoraji.....	8
2.4.2.2. Subaraknoid Kanama.....	8
2.5. Hemiparetik Hastalarda Görülen Klinik Bulgular.....	8
2.6. Denge.....	10
2.6.1. Dengenin bileşenleri.....	11
2.7. Dengenin Değerlendirilmesi.....	12
2.7.1. Denge Değerlendirme Sistemleri Testi (Balance Evaluation Systems Test-BESTest).....	14
2.8. Yapay Sinir Ağları.....	15
2.8.1. Yapay sinir ağlarının avantajları ve dezavantajları.....	18
2.9. Yapay Sinir Ağlarının Nörolojik Hastalıklarda Kullanımı.....	20
2.10. Yapay Sinir Ağlarının Denge ile İlgili Kullanımı.....	21
2.11. Hipotezler.....	23
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER	24
3.1. Çalışmanın Yapıldığı Yer.....	24
3.2. Çalışma Süresi.....	24
3.3. Katılımcılar.....	24
3.3.1. Gönüllüler için dahil edilme kriterleri:.....	24
3.3.2. Gönüllüler için dışlama kriterleri:.....	25
3.4. Değerlendirme Yöntemleri.....	25
3.4.1. Kognitif durumun değerlendirilmesi.....	25
3.4.1.1. Hodkinson Mental Test.....	25

3.4.2. Dengenin değerlendirilmesi	26
3.4.2.1. Denge Değerlendirme Sistemleri Testi (Balance Evaluation Systems Test-BESTest).....	26
3.4.3. Yapay sinir ağlarının (YSA) modeli	28
3.5. İstatistiksel Analiz	29
4. BULGULAR	30
4.1. Katılımcılara Ait Demografik ve Klinik Veriler	30
4.2. Katılımcıların Denge Düzeylerinin Değerlendirilmesi	32
4.3. Katılımcıların Denge Düzeylerinin Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi	33
5. TARTIŞMA.....	41
6. SONUÇ	54
7. KAYNAKLAR	56
ÖZGEÇMİŞ.....	61

EKLER

- Ek-1 The Turkish Version of Neck Bournemout Questionnaire in Patients with Chronic Neck Pain: The Cultural Adaptation, Reliability, and Validity Study.
- Ek-2 Comparison Between A Trunk Training Machine and Conventional Exercises for Trunk Extensors and Effect on Stance Weight Distribution of Young Adults: A Pilot Study
- Ek-3 Expectations of Patients with Hemiparesis from Physiotherapy Programme: Concordance among Patients, Patients' Caregiver and Physiotherapists
- Ek-4 Frontal kavernoma cerrahisi sonrası fizyoterapi ve rehabilitasyon sonuçları
- Ek-5 Retrospective Education in Spinal Cord Injuries: A Sample at University Hospital in Turkey
- Ek-6 Etik Kurul Onayı
- Ek-7 Etik Kurul Onayında Değişiklik
- Ek-8 Demografik ve Tıbbi Veri Değerlendirme Formu
- Ek-9 BESTest Denge Değerlendirme Sistemleri Testi
- Ek-10 Hodkinson Mental Test
- Ek-11 Resim Çekimi ve Yayın Hakları Devir Sözleşmesi Formu

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.8.1 Bir nöronun yapısı (WEB_1)	15
Şekil 2.8.2 Hiperbolik tanjant fonksiyonu (WEB_2)	16
Şekil 2.8.3 Sigmoid fonksiyonu (WEB_2)	17
Şekil 2.8.4 Bir yapay sinir ağının yapısı (WEB_3).....	17
Şekil 3.4.2.1.1 BESTest- Fonksiyonel öne uzanma testi.....	26
Şekil 3.4.2.1.2 BESTest- Fonksiyonel yana uzanma testi.....	26
Şekil 3.4.2.1.3 BESTest- Eğimli yüzey, gözler kapalı, baş parmaklar yukarıda.....	27
Şekil 3.4.2.1.4 BESTest- Merdivene alternatif adım alma.....	27
Şekil 3.4.2.1 5 BESTest- Engel üzerine adım alma	27
Şekil 3.4.2.1 6 BESTest- Baş dönüşüyle yürüme-horizontal.....	27
Şekil 3.4.2.1 7 BESTest- Zamanlı kalk yürü testi	28
Şekil 4.1.1 Akış Şeması	30

TABLOLAR DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.3.1 İnme için değiştirilebilir ve değiştirilemeyen risk faktörleri	6
Tablo 2.7.1 Denge değerlendirmeleri	13
Tablo 4.1.1 Hemiparetik bireylere ait demografik veriler	31
Tablo 4.1.2 Hemiparetik bireylere ait klinik veriler.....	31
Tablo 4.2.1 Hemiparetik bireylerin denge değerlendirme sistemleri testi sonuçları	32
Tablo 4.2.2 Hipotez-1 için YSA modellemesinde kullanılan testler	32
Tablo 4.3.1 Hipotez-1 için YSA modellemesinden elde edilen RMSE değerleri	33
Tablo 4.3.2 Hipotez 2 için BESTest alt bölümleri ile BESTesttoplam puanının tahmin edilmesinden elde edilen RMSE değerleri	34
Tablo 4.3.3 Hipotez 2 için BESTest 1. alt bölümü maddeleri ile 1. alt bölüm toplam puanının tahmin edilmesinden elde edilen RMSE değerleri	35
Tablo 4.3.4 Hipotez 2 için BESTest 2. alt bölümü maddeleri ile 2. alt bölüm toplam puanının tahmin edilmesinden elde edilen RMSE değerleri	36
Tablo 4.3.5 Hipotez 2 için BESTest 3. alt bölümü maddeleri ile 3. alt bölüm toplam puanının tahmin edilmesinden elde edilen RMSE değerleri	37
Tablo 4.3.6 Hipotez 2 için BESTest 4. alt bölümü maddeleri ile 4. alt bölüm toplam puanının tahmin edilmesinden elde edilen RMSE değerleri	38
Tablo 4.3.7 Hipotez 2 için BESTest 5. alt bölümü maddeleri ile 5. alt bölüm toplam puanının tahmin edilmesinden elde edilen RMSE değerleri	39
Tablo 4.3.8 Hipotez 2 için BESTest 6. alt bölümü maddeleri ile 6. alt bölüm toplam puanının tahmin edilmesinden elde edilen RMSE değerleri	40

SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

BESTest.....	Denge Değerlendirme Sistemleri Testi (Balance Evaluation Systems Test)
ÇBI.....	Çıkarılan Bölümün İndeksi
EEG.....	Elektroensefalografi
EMG.....	Elektromiyografi
GYA.....	Günlük Yaşam Aktiviteleri
Maks.....	Maksimum
Min.....	Minimum
MLR.....	Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli
n.....	Olgu sayısı
Ort.....	Ortalama
ÖYP.....	Öğretim Üyesi Yetiştirme Programı
p.....	İstatistiksel Yanılma Düzeyi
RMSE.....	Ortalama Karesel Hataların Kökü
SD.....	Standart Sapma
TBY.....	Travmatik Beyin Yaralanması
YSA.....	Yapay Sinir Ağları
YSAP.....	Yapay Sinir Ağları Postürografisi
X.....	Aritmetik Ortalama
%.....	Yüzde

1. GİRİŞ

Hemiparetik bireylerde istemli kas kontraksiyonunda azalmalar, artmış kas tonusu, duyuusal bozukluklar, postüral kontrol mekanizmalarında bozukluk, yürüme bozuklukları ve günlük yaşam aktivitelerinde (GYA) kısıtlılıklarla birlikte denge problemleri de çok sık görülmektedir. Denge; çoklu sensorimotor süreçler ile çevresel ve fonksiyonel kaynaklar arasında etkileşime dayanan karmaşık bir motor beceridir (Oliveira vd. 2008). Derin duyu ve görme duysusu, kas kuvveti, koordinasyon, kognisyon, algı gibi farklı bileşenler denge için önemli bir rol oynamaktadır. İnme sonrası denge problemleri hastaların aktivite ve katılımlarını düşürmekte ve düşme için önemli bir risk faktörünü oluşturmaktadırlar (Schmid vd. 2012).

Birçok etmeden etkilenen dengeyi değerlendirmede farklı testler bulunmaktadır. Berg Denge Skalası, Fonksiyonel Öne Uzanma Testi gibi dengeyi genel olarak değerlendiren ölçekler olsa da, klinikte farklı denge problemleri için özel rehabilitasyon programı oluşturulmasını sağlayan bir değerlendirme ölçeğine ihtiyaç duyulmuştur. Bu amaçla 2009 yılında Horak vd. tarafından Denge Değerlendirme Sistemleri Testi (Balance Evaluation Systems Test-BESTest) geliştirilmiştir (Horak vd. 2009).

Literatürde BESTest'in nörolojik hastalığı olan ya da olmayan birçok hastalıkta geçerli ve güvenilir olduğu belirtilmiştir. Serebrovasküler olay (Chinsongkram vd. 2014), Multiple Sklerozis (Jacobs ve Kasser 2012), Parkinson Hastalığı (Leddy vd. 2011) gibi nörolojik hastalıkların yanı sıra, Fibromiyalji (Jones vd. 2009) ve Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı (Beauchamp vd. 2012) gibi nörolojik olmayan hastalıklarda da geçerli bir ölçek olduğu görülmüştür (Padgett vd. 2012).

BESTest farklı denge sorunlarını kapsamlı bir şekilde test eden 36 maddeyi içeren 6 bölümden oluşmaktadır: Biyomekanik kısıtlamalar, stabilite sınırları/dikeylik, geçişler/beklenti, reaktif postüral cevap, duyuusal oryantasyon ve yürüme stabilitesi (Horak vd. 2009).

BESTest'in özellikle serebral lezyonu olan bireylerde geçerliliğinin olması, yeniden değerlendirme ve değerlendiriciler arası güvenilirliğinin yüksek olmasının yanında, uygulanması oldukça uzun sürmekte ve değerlendirilen kişi için yorucu olabilmektedir. BESTest'in uygulanmasının klinikte daha pratik hale gelmesi için Mini

BESTest ve Kısa BESTest gibi ölçekte modifikasyonlara ihtiyaç duyulmuştur (Franchignoni vd. 2010; Padgett vd. 2012).

Klinikte yapılan uygulamaların daha kolay, düşük maliyetle yapılabilmesi için ve kayıt altında tutulan verilerde eksiklikler olduğunda da çalışabilen, örnek verilerden model oluşturarak görülmemiş örnekler ile ilgili bilgi üretebilen, sınıflandırma yapıp, kendi kendini organize eden sistemlere ihtiyaç duyulmuştur (Al-Shayea 2011). Bu amaçla insan beyninin özelliklerinden yola çıkılarak Yapay Sinir Ağları (YSA) denilen bilgisayar sistemleri oluşturulmuştur.

YSA isminden de anlaşılacağı üzere, büyük oranda merkezi sinir sisteminin nöron ağlarındaki nörofizyolojik karar verme süreçlerini taklit eden bilgisayar ağlarıdır. Bu taklit, bir nöronu ve işleyişinde görev alan dentrit, akson, sinaps gibi her bir yapıyı içermektedir. Bu sistem, elementlerin ve element ağlarının organizasyonu ile ilişkili olmaksızın yerine koyma, genişletme ya da üretim artışı gibi insan beyninin sahip olduğu özelliklere sahip olması ile geleneksel analiz sistemlerinden ayrılır (Graupe 2013).

Temel olarak biyolojik nöronlar diğer nöronlar tarafından sinaps ve dendritler ile kendilerine iletilen sinyalleri alırlar. Bu sinyaller nöronda akümüle edilirler. Belirli eşikler aşıldığında ise nöron kendi çıkışında bir sinyal üretir ve bunu akson ile diğer nöronlara gönderir. YSA'daki işlem elemanı ise bu biyolojik işlemleri simüle eden bir matematiksel yapıdır. Bu matematiksel yapının en önemli özelliklerinden biri doğrusal olmayan fonksiyonlar içermesi ve dolayısı ile karmaşık modelleme yeteneğinin olmasıdır (Haykin vd. 2009).

Bu sistemler öğrenme ile yeni bilgiler türetme, yeni bilgiler oluşturma ve keşfetme işlemlerini yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirme gibi becerilere sahip olmaları sebebiyle (Öztemel 2016) endüstri, eğitim ve askeri alanlarda kullanıldığı gibi, son 15 yılda rehabilitasyon alanında da kullanımı giderek artmaktadır (Carter 2007).

YSA rehabilitasyon alanlarında özellikle tanı koyma, sonuçları tahmin etme, sınıflandırma, problem çözme ve robotik kontrol sistemlerinin üretilmesinde kullanılmaktadır (Öztemel 2016). Nörolojik rehabilitasyon alanında da benzer amaçlarla kullanıldığını gösteren örnekler literatürde mevcuttur (Güler vd. 2009, Kaczmarczyk vd. 2009, Joo vd. 2014).

Rehabilitasyon alanında giderek daha fazla tanınıp kullanılmasına rağmen, YSA'nın sağladığı bu avantajlardan daha iyi yararlanılabilmesi, kullanımıyla ilgili belli kuralların ve standartların oluşturulabilmesi için bu konuda daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Ayrıca literatürde BESTest'in manuel test sonuçları ile yapay sinir ağları

modelini karşılaştıran herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu bağlamda çalışmamız,

1. Yapay Sinir Ağları'nın rehabilitasyon alanındaki kullanımına ilişkin yeni veri bankaları oluşturmak.

2. Dengeyi çok kapsamlı bir şekilde değerlendiren, serebral lezyonu olan hastalıklarda geçerliliği ve yüksek düzeyde güvenilirliği olan BESTest'in klinikte kullanımının daha pratik hale gelmesi açısından literatüre sağlayacağı katkı bakımından önemlidir.

1.1. Amaç

Bu çalışmanın amacı,

- BESTest manuel test sonuçları ile yapay sinir ağları modeliyle elde edilen prediktif sonuçları karşılaştırmak.
- Yapay sinir ağları modellemesi ile BESTest toplam puanına BESTest alt gruplarından teste en çok katkısı bulunan alt grup testleri belirlemektir.

2. KURAMSAL BİLGİLER VE LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Hemiparezi

Hemiparezi, inmenin en sık görülen semptomlarından biridir. Hastaların %80'inde vücudun bir yarısında yüz, üst ve alt ekstremitayı etkileyen bir motor bozukluktur. Hemiparezi hastalarının çoğunda uzun süre devam eden motor bozukluklar aktivitelerin kısıtlanmasına ve GYA'ya katılımın azalmasıyla özürüllüğe ve/veya engelliliğe sebep olmaktadır (Langhorne vd. 2009). Hemiparetik hastalarda istemli kas kontrolü ve hareketin kaybı ya da kontrol bozukluğunun yanı sıra mobilitenin kısıtlanması, denge bozukluğu, duyuşsal ve algısal problemler, kognitif sistem ile ilgili bozukluklar, üriner sistem problemleri, konuşma bozuklukları ile ani gelişen klinik bir tablo söz konusudur.

Hemipareziye sebep olan inmenin en sık görülen sebebi vasküler problemlerdir. Arteriel veya venöz oklüzyon, emboli, hemoraji gibi durumlar sebebiyle görülen vasküler nedenlerin yanı sıra, travma, toksik nedenler, enfeksiyonlar, bazı romatolojik hastalıklar ve tümöral durumlar sebebiyle de inme görülebilmektedir.

Genç ve yaşlılarda inme etiyolojileri araştırıldığında, inmeye sebep olan birçok ortak faktör olduğu görülmektedir. Aynı zamanda genç bireylerde erken dönemde tam olarak tanımlanamayan ve daha detaylı araştırmalarla tespit edilebilen sebepler de dikkati çekmektedir. Her iki grupta hipertansiyon, diabetes mellitus, hiperlipidemi gibi risk faktörleri sonucu görülen inmeler ile birlikte, genç bireylerde inme nedenleri ise daha çok nonaterosklerotik anjiopatiler (servikosefalik arteriyel diseksiyon, Moyamoya Hastalığı gibi), hematolojik problemler (antifosfolipid sendrom, orak hücreli anemi gibi), genetik hastalıklar (Nörofibromatosis, Marfan Sendromu gibi), inflamatuvar ve enfeksiyöz hastalıklar (Sjögren Sendromu, Takayasu Arteriti, Behçet Hastalığı gibi) gibi problemlerin olduğu dikkati çekmektedir (Smajlović 2015).

2.2. Epidemiyoloji

Her yıl Dünya çapında yaklaşık 16 milyon kişi ilk kez inme geçirmektedir ve 5,7 milyon insan bu nedenle hayatını kaybetmektedir (Chen vd. 2010). Dünya'da inme

geçiren kişi sayısı 1990-2010 yılları arasında 2 katına çıkmıştır. Bu sebeple Dünya'da şu an toplam 33 milyon inmeli birey bulunmaktadır. Yapılan araştırmalarda 2030'a kadar bu sayının 77 milyona çıkması beklenmektedir (Béjot vd. 2016). İnme gelişmiş ülkelerde iskemik kalp hastalığı ve neoplastik hastalıklardan sonra en sık üçüncü ölüm nedenidir. Aynı zamanda erişkin özürlerinin en sık sebeplerindedir (Chen vd. 2010). Dünya Sağlık Örgütü'ne göre her 5 saniyede bir kişi inme geçirmektedir (Grysiewicz vd. 2008). Gelir düzeyi yüksek ülkelerde yaşam tarzını düzenlemek, kilo kontrolü ve hipertansiyonun düzenlenmesi gibi birincil önleyici yaklaşımlar inme insidansının azalmasını sağlamıştır. Bununla birlikte, orta ve düşük gelirli ülkelerde "epidemiolojik dönüşüm" olarak da adlandırabileceğimiz durum inme insidansında artışa yol açmıştır (Béjot vd. 2016).

Bu hastaların yaklaşık yarısı inmeden sonra tekrar GYA'da tamamen bağımsız hale gelememektedirler. Rehabilitasyon hizmetleri de dahil olmak üzere, uzun dönem sağlık hizmetlerine ihtiyaç duymaktadırlar (Chen vd. 2010). Yaşlanan ve artan nüfus sebebiyle inme kaynaklı küresel yük çarpıcı bir şekilde artmaktadır (Béjot vd. 2016). Son 20 yıl içinde yaşla standardize edilen inmeye bağlı mortalite oranlarında düşme yaşanmasına rağmen, her yıl inme geçiren, inmeden sonra sağ kalan, inmeye bağlı yaşamını yitiren kişi sayısı ve inmenin toplam küresel yükü halen çok fazladır ve giderek artmaktadır (Feigin vd. 2014).

Türkiye'de de Dünya'dakine paralel olarak artan yaşlı nüfusuna bağlı inmenin de dahil olduğu kronik hastalık sıklığı, buna bağlı özür ve mortalite oranlarında artış beklenmektedir. Türkiye'de ölüme en çok neden olan 10 hastalığın arasında birinci sırada %21,5'lük oranla iskemik kalp hastalığı, ikinci sırada ise %15'lik bir oranla inme gelmektedir (Öztürk 2014).

Inmenin ilerleyen yaşlarda daha sık görülen bir nörolojik hastalık olduğu görüşü uzun yıllardır hakimdir; ancak son yıllarda genç yaş grubunda inme sıklığında artış dikkati çekmektedir (Béjot vd. 2016). Bu sebeple genç yaş grubundaki inme epidemiyolojisini, etiyojisini ve risk faktörlerini içeren çok sayıda çalışma yapılmıştır (Putala vd. 2009, Griffiths ve Sturm 2011, Chatzikonstantinou vd. 2012, Schaapsmeeders vd. 2013, Yesilot Barlas vd. 2013). 45 yaş ve altındaki inmeli bireyler, toplam inme geçirmiş birey sayısının %14' ünü oluşturmaktadır. Yapılan çalışmalarda genç inmeli bireylerin inme servislerine kabul edilme olasılıklarının daha fazla olduğu görülmüştür. Genç inmeli bireylerde kadın sayısının yaşlı inmeli bireylerdeki kadın sayısından daha yüksek olduğunu görülmüştür. Bu oran gençlerde % 57 iken, yaşlılarda %37'dir (Arnold vd. 2008). Bununla birlikte, genç erkeklerde genç kadınlardan daha fazla görüldüğünü gösteren çalışmalar da mevcuttur (Nedelchev vd. 2005, Putala vd. 2009).

Türkiye'de inme sebebiyle ölüm oranları erkekler için %15,5, kadınlar için %15,7 olarak bulunmuştur. Dünya'da olduğu gibi Türkiye'de de inme risk faktörlerindeki artış, gelecekte ülkemizde inme insidansı ve prevalansında artış olacağını göstermektedir (Öztürk 2010).

2.3. Risk Faktörleri

Inme geçirildikten sonra uygulanan tedavinin yanında, geçirilmeden önce var olan risk faktörlerini saptamak ve yapılabiliyorsa bunlar için koruyucu önlemler almak çok daha kolay, sağlık açısından daha uygun ve daha az maliyetlidir. Bu açıdan risk faktörleri incelendiğinde değiştirilebilir ve değiştirilemez olmalarına göre 2 grupta toplanabilir (Tablo 2.3.1) (Kumral 2002):

Tablo 2.3.1 İnme için değiştirilebilir ve değiştirilemeyen risk faktörleri

Değiştirilebilir Risk Faktörleri	Değiştirilemeyen Risk Faktörleri
Hipertansiyon	Cinsiyet *
Diabetes Mellitus	Yaş **
Koroner arter hastalığı	İrk***
Hiperlipidemi	Ailede inme öyküsü
Hareketsiz yaşam	Geçici iskemik atak geçirmiş olmak
Stres	Daha önce inme geçirmiş olmak
Obezite	
Sigara kullanımı	
Alkol kullanımı	
Oral kontraseptif kullanımı	

* Erkeklerde kadınlardan daha sıktır. **Elli beş yaş ve üzerinde daha sık görülür.***Siyahilerde, Çinliler'de ve Japonlar'da daha fazladır.

Inmenin alt tiplerinden olan iskemik ve hemorajik inmeler için risk faktörleri genel olarak belirlenmiştir. İnme nedeniyle Dünya çapındaki mortalitenin %85'inden fazlası orta ve düşük gelirli ülkelerde yaşanmakla birlikte inme yükü daha fazladır. Bu ülkelerde inme ile ilgili yeterli güvenilir bilgi oldukça kısıtlıdır. Özellikle hemorajik inmeler için bu bölgelerde daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir.

Bununla ilgili yapılan çok merkezli bir çalışmada, bütün inmelerde önemli risk faktörleri şunlardır: hipertansiyon, sigara içiyor olmak, bel-kalça oranı, beslenme, düzenli fiziksel aktivite, diabetes mellitus, alkol alımı, psikolojik stres, depresyon, kardiyak problemler, apolipoproteinlerin oranı.

Bu risk faktörlerinin hepsinin iskemik inme için önemli olduğu görülmüştür. Hemorajik inme için ise, hipertansiyon, sigara, bel-kalça oranı, beslenme ve alkol alımının önemli olduğu görülmüştür (O'Donnell vd. 2010).

Ülkemizde görülen inmeye bağlı ölüm ve özür durumları açısından en önemli risk faktörleri ise; hipertansiyon, sigara, obezite, hiperkolesterolemi, inaktivite ve yetersiz sebze-meyve tüketimi olarak belirlenmiştir (Öztürk 2010).

2.4. Patogenez

Inme beyin dokusu içerisindeki kan akımının aniden kesilmesi sebebiyle meydana gelmektedir. Bu durumda en sık görülen inme tipi iskemik inmedir. Beyin dokusu içerisinde ani bir kanama ile seyreden hemorajik inmeler ise, mortalite oranlarının en yüksek olduğu gruptur.

2.4.1. İskemik İnmeler

2.4.1.1. Trombolitik İnme

İskemik inmeler içerisinde %40 oranında görülür. Özellikle büyük damarları tıkayan aterosklerotik plaklar sebebiyle kollateral dolaşım azalır. Bunun sonucunda beyin dokusunda kanlanmanın azalması nedeniyle tutulum alanı ve şiddetine göre semptomlar yavaş yavaş görülmeye başlar. Genellikle dinlenme veya uyku sırasında başladığı görülür. İyileşme ilk haftanın sonunda başlar (Birtane 2010).

2.4.1.2. Embolik İnme

Inme tipleri içerisinde %30 oranında görülmektedir. Trombosit, fibrin, kolesterol veya damar çeperinden kopan hematogen materyalin parçalarının genellikle daha küçük ve kortikal dalları tıkanması sonucu oluşur. Ani başlangıçlıdır ve semptomlar birdenbire ortaya çıkar. Serebral dolaşımdaki yüzeyel ve kortikal dalları tutar (Ay 2011). Önceden uyarıcı belirtileri yoktur. Trombolitik embolideki gibi genellikle günün belirli bir zaman diliminde meydana gelmez. Bu nedenle afazi ve nöbetler ortaya çıkabilir. Hasta vücudunun bir yarısını reddedebilir (Oğuz vd. 2004).

2.4.1.3. Laküner İnme

Tüm inmelerin yaklaşık %25'ini oluştururlar. Tek bir penetran arterin oklüzyonundan kaynaklanan küçük subkortikal enfarktlardır. Laküner enfarktların çapı kronik dönemde 15 mm.den küçüktür. Daha çok bazal ganglion, talamus, internal kapsül, korona radiata gibi derin dokularda ve beyin sapında meydana gelir. Yaşlı populasyonda sessiz enfarktlar daha sık görülür. Semptomatik laküner enfarktlar ise vasküler olaylar, kognitif kayıplar ve demans ile ilişkilidir. Motor hemiparezi, duyuşal,

sensorimotor problemler, dizartri, beceriksiz el sendromu ve ataksik hemiparezi görülebilir. Prognoz genel olarak iyidir (Norrving 2008).

2.4.2. Hemorajik İnmeler

İnmelerin yaklaşık %15'i bu grup içerisinde yer almaktadır. İnmenin en ciddi prognoza sahip alt tipidir. Damar bütünlüğünün bozulduğu hemorajik inmelerde kanama nedeniyle komşu alanlara baskı meydana gelir. İntrakranial basınç artar. Hatta ventriküllere ve subaraknoid aralığa dolarak baskı yapabilir. Bu sebeplerle baş ağrısı, ense sertliği, kusma gibi semptomlar görülür (Runchey ve McGee 2010). Kanamanın lokalizasyonuna göre intraserebral hemoraji ve subaraknoid kanama olarak ikiye ayrılır.

2.4.2.1. İntraserebral Hemoraji

Hemorajik inmelerin içinde en sık olarak görülen bu inme tipinin etyolojisinde büyük oranda hipertansiyon rol oynamaktadır. Antikoagülan ilaçların kullanımı da intraserebral hemorajiyi tetikleyebilmektedir. Genellikle beynin derin dokularını, beyin sapı ve serebellumu etkilemektedir (Roger vd. 2011, Emre 2013). Prognozu iskemik inme ile karşılaştırıldığında başlangıçta daha kötüdür; ancak ilerleyen süreçte eğer kanama iyi bir şekilde absorbe edilebilirse rehabilitasyonda çok daha iyi bir fonksiyonel sonuç elde edilebilir (Kelly vd. 2003).

2.4.2.2. Subaraknoid Kanama

Subaraknoid kanama inme tipleri içerisinde en az görülen tiplerden biridir. Travmatik nedenlerle ortaya çıkabildiği gibi, nontravmatik nedenler sonucu da oluşabildiği görülür. Serebral vasküler anevrizmalar nontravmatik subaraknoid kanamaların sık görülen nedenleri arasındadır. Bunun dışında arter diseksiyonları, vaskülitler, koagülopatiler ve kokain/amfetamin gibi semptomimetik ajanların kullanımı da sebepleri arasında yer almaktadır (Emre 2013).

2.5. Hemiparetik Hastalarda Görülen Klinik Bulgular

İnme sonrası hemiparetik bireylerde görülen problemler birçok sistemi içine alan geniş bir yelpazede değerlendirilmektedir. Bu sorunlar normal hareket paternlerindeki kayıplar, tonus bozuklukları, yürüme problemleri, denge ve koordinasyon problemleri, duyu kayıpları, kognitif problemler, yorgunluk gibi birçok alt başlıkta toplanabilmektedir.

Motor bozukluklar, inme sonrası en sık görülen problemlerdir. Kas kontrolünün fonksiyonel olarak kısıtlanması ya da kaybı veya mobilitenin kısıtlanması olarak

görülebilmektedir. İnme sonrası hastaların %80'inde vücudun bir yarısında yüz, üst ve alt ekstremitte etkilenimi ile beraber gövde hareketlerinin kontrolü etkilenmektedir. Kol fonksiyonları, elin kavrama becerileri, oturmadan ayağa kalkma, yürüme, ayakta durma dengesi gibi fonksiyonlarda yaşanan zorluk ve yetersizlik hastanın GYA'ya katılımını güçleştirmektedir (Langhorne vd. 2009). Motor bozukluğun derecesi inme sonrası fonksiyonel iyileşmenin tahmin edilmesinde önemli bir belirleyicidir. Örneğin, inmeden 7 gün sonra, istemli omuz ve parmak hareketinin seviyesi üst ekstremitte fonksiyonunun gelecekteki durumu ile, alt ekstremitenin motor gücü ise yürüme fonksiyonu ile kuvvetli şekilde ilişkilidir (Stinear 2010).

İnme sonrası somatosensoryal problemler de sıklıkla görülmektedir. Proprioepsyon en sık etkilenen duyulardan biridir. Yapılan araştırmalarda stereognozisin motor performans için önemli bir faktör olduğu görülmüştür. Vücudumuzda stereognozisin ve proprioepsyonun taktil duyulardan daha yaygın olarak bulunduğu belirtilmiştir. İnme sonrası görülen duyu bozukluğunun ve aynı şekilde motor bozuklukların da aslında bilateral olduğu bulunmuştur. Bunun nedeni kortikospinal fibrillerin çoğunun medullada çaprazlaşmasına rağmen, yaklaşık %25'inin çaprazlaşmamasına bağlanmıştır. Bu sebeple, stereognozis gibi daha karmaşık olan somatosensoryal bilgilerin eğitimi için rehabilitasyon sürecinde her iki hemisferin de dikkate alınması büyük önem taşımaktadır (Connell vd. 2008).

Kaslarda sertlik, fibrozis ve atrofiye yol açan bir üst motor nöron sendromu olan spastisite refleks fonksiyonunun bozulmasıyla ortaya çıkan ve inme sonrası hastaların GYA'ya katılımını güçleştiren faktörlerden biridir. İnlen kortikospinal sistemin lezyonundan sonra meydana gelen motor semptomlar arasında "pozitif" belirtilerdendir. Lezyondan sonra birkaç gün ya da hafta içerisinde ortaya çıkabilen spastisite, inme sonrası hastaların yaklaşık %30'unda görülmektedir (Thibaut vd. 2013). Spastisite alt ekstremiteden ziyade üst ekstremitede daha fazla, ayrıca genç hastalarda yaşlılardakinden daha fazla görüldüğü bildirilmiştir. Spastisite nedeniyle oluşan nöronal değişikliklerin yanında nonnöronal komponentlerdeki değişiklikler de dikkati çekmektedir. Kasılabilen ve kasılamayan yapılarda meydana gelen değişiklikler hastalarda normal hareket paternini bozmaktadır. Kollajen yapıdaki ve tendonlardaki değişiklikler, kas liflerindeki sertlik, sarkomer kaybı ve mekanik kas-fibril özelliklerindeki değişiklikler inme sonrası hastaların istemli kas kontrolünü bozmaktadır (Sommerfeld vd. 2012).

Kognitif bozukluklar en sık sol anterior ve posterior serebral enfarktlar sonrası, daha az sıklıkla da vertebrobaziller arter enfarktı sonrası görülmektedir. Ayrıca orta serebral arter enfarktlarının da büyük oranda kognitif problemlere sebep olduğu bulunmuştur. Kortikal enfarktlarda ise, subkortikal ya da infratentorial enfarktlara göre

daha büyük oranda kognitif bozukluk ortaya çıkmaktadır (Cumming vd. 2013). İnmenin şiddeti, tipi ve hacmine göre etkilenen kognitif fonksiyonlar değişmekle beraber dikkat, hafıza ve yürütücü fonksiyonlarda problemler görülmektedir.

Lisan becerilerinde de etkilenme görülebilmektedir. İnme sebebiyle etkilenen sahalara göre Broca afazisi, Wernicke afazisi gibi farklı afazi tipleri görülebilmektedir. Konuşma akışı, yazma akışı, tekrarlama, okuduğunu ve işittiğini anlama gibi fonksiyonlarda ortak görülen problemler de bulunmaktadır. Bununla birlikte, afazi türlerinin ayırt edilmesini kolaylaştıracak şekilde lisan becerilerinin farklı alanlarında farklı düzeylerde etkilenimlerin olduğu görülmektedir (Hillis 2007, Cumming vd. 2013).

Hemiparetik hastalardaki normal hareket paternlerindeki kayıplar, tonus bozuklukları, yürüme problemleri, duyu kayıpları, kas kontrolünün fonksiyonel olarak kısıtlanması ya da kaybı ve mobilitenin kısıtlanması gibi birçok problem denge ve koordinasyon problemlerini doğurmaktadır. Denge problemleri inme sonrası hastaların mobilitelerini etkileyen, düşme ve düşme korkusuna sebep olan, düşme sonrası ciddi yaralanmalara ve büyük oranda ekonomik yüke ve sosyal problemlere sebep olmaktadır. Denge bozukluğunun ve özrün bireysel sebeplerinin belirlenmesindeki zorluk, bu problemlerin farklı mekanizmaları içermesiyle ilişkilidir. Azalmış kas kuvveti, hareket genişliği, anormal kas tonusu, motor koordinasyon, duyu organizasyon, kognisyon ve çoklu duyu bütünlüğü farklı düzeylerde denge bozukluğunun ortaya çıkmasına sebep olur. Denge ile ilişkili bileşenler şunlardır:

1. Duyusal modaliteler ve bütünlüğü,
2. Biyomekanik kısıtlamalar,
3. Kognitif süreç,
4. Vertikallik algısı,
5. Hareket stratejileri (Oliveira vd. 2008).

2.6. Denge

Denge, çoklu sensorimotor süreçler ile çevresel ve fonksiyonel kaynaklar arasında etkileşime dayanan karmaşık bir motor beceridir (Oliveira vd. 2008). Duyu, kas kuvveti, koordinasyon, kognisyon, algı gibi farklı bileşenler denge için önemli birer rol oynamaktadır. İnme sonrası denge problemleri hastaların aktivite ve katılımlarını düşürmekte ve düşme için önemli bir risk faktörünü oluşturmaktadırlar (Schmid vd. 2012).

2.6.1. Dengenin bileşenleri

Dengenin çoklu faktörlere sahip bir doğası vardır. Dengeyi devam ettirirken değişen görev gereksinimlerine ve durumlara bağlı şartlara cevap vermek için birçok temel fizyolojik sistemden karmaşık etkileşimlere ihtiyaç duyulur. Örneğin; kas-iskelet sistemi ve santral sinir sisteminin bileşenlerinin sürekli olarak vücut kitle merkezini kontrol etmek için birbirleriyle etkileşim halinde olmaları gerekir. Duruş fazında destek yüzeyi stabilken bu durumu sürdürmesi statik stabilite olarak bilinir. İstemli hareketin öncesinde ve istemli hareket sırasındaki kontrol, dinamik stabilite veya beklentisel kontrol olarak adlandırılır. Vücut kitle merkezini destek yüzeyinin dışında harekete iten eksternal kuvvetlere karşı azalmış instabiliteye cevaben oluşan mekanizmaya ise reaktif kontrol denilmektedir (Sibley vd. 2011).

Postural kontrol sadece statik reflekslerin bir özeti olarak basitçe açıklanabilecek bir mekanizma değildir. Daha ziyade dinamik sensorimotor süreçlerin etkileşimlerine de dayanan karmaşık bir beceridir. Postural davranışların 2 temel fonksiyonel amacı vardır. Bunlardan birincisi postural oryantasyon ve ikincisi postural dengedir. Postural oryantasyon yer çekimi, destek yüzeyi, görsel çevre ve internal kaynaklarla ilişkili olarak gövde ve başın aktif dizilimini içermektedir. Duyusal bilgiler somatosensoriyal, vestibüler sistem ve görme sisteminden gelir. Bu bilgiler bütünleşmiştir ve hareket sırasındaki görevin amaçlarına ve çevresel koşullara göre gereken oranlarda kullanılır. Postural denge stabilitenin kendi kendine ve dış bir etkenin etkisi altında kalarak bozulması sırasında vücut kitle merkezini stabilize etmek için hareket stratejilerinin koordinasyonunu içermektedir. Özgün cevap stratejisi sadece eksternal postural kaymanın özelliklerine değil, aynı zamanda kişinin beklentilerine, amaçlarına ve daha önceki tecrübelerine dayanır. İstemli ekstremite hareketi öncesinde beklentisel postural düzenlemeler postural stabiliteyi sürdürmeyi sağlar. Bunun için bir ekstremitenin hareketiyle ilişkili stabilizasyonunu bozucu güçler postural stratejiler tarafından telafi edilerek denge sürdürülür. Postural kontrol için gereken kognitif süreçlerin miktarı hem postural görevin karmaşıklığına hem de kişinin postural kontrol sisteminin becerisine bağlıdır (Horak 2006).

Postural kontrolün bu karmaşık yapısı sebebiyle, bu temel sistemlerin herhangi birindeki bozukluk, kaynağına özgü denge bozukluğuna sebep olacaktır. Bu sebeple değerlendirmelerde kaynağına özgü denge bozukluklarını saptamak ve kaynağına özgü rehabilitasyon programını oluşturmak büyük önem taşımaktadır (Horak 2006).

Dengenin değerlendirilmesinde ve rehabilitasyonun planlanmasında en önemli ana bileşenler biyomekanik kısıtlamalar, hareket stratejileri, duyuusal stratejiler, uzayda oryantasyon, dinamiklerin kontrolü ve kognitif süreçlerdir.

Postural stabilitenin sağlanmasında yerçekiminin merkezi destek yüzeyinin sınırları içerisinde tutulmalıdır. Hareket, görev, bireyin biyomekaniği ve çevresel koşullar sebebiyle değişebilen bu sınırlar biyomekanik kısıtlamayı etkilemektedir (Oliveira vd. 2008). Dengedeki en önemli biyomekanik kısıtlama destek yüzeyinin boyutu ve kalitesidir. Ayağın boyutu, kuvveti, açıklığı, ağırlığı durumu ve kontrolündeki herhangi bir kısıtlılık dengeyi etkileyecektir (Horak 2006).

Postural kontrolün sağlanması için gereken 3 ana hareket stratejisi ayak bileği, kalça ve adım alma stratejileridir. Bu stratejiler dengenin bozulduğu durumlarda vücudun duruş fazındaki dengeye geri dönmesini sağlamaktadır. Stratejilerden ilk ikisi ayağın yerde tutulmasını sağlarken, üçüncüsü adım alarak ya da uzayarak bireyin destek yüzeyini değiştirmesini sağlar (Horak 2006, Oliveira vd. 2008).

Somatosensoriyal, görsel ve vestibüler sistemler gibi duyuşal stratejiler, karmaşık bir sistemle ve bütüncül olarak çalışan 3 ana sistemdir. Postural kontrolün sağlanması için bu sistemlerden gelen bilgilerin işlenmesi büyük önem taşımaktadır (Grace Gaerlan vd. 2012).

Uzaydaki oryantasyon vücut parçalarını yer çekimi, destek yüzeyi, görsel çevre ve internal kaynaklarla ilişkili olarak yönlendirebilme yeteneğidir. Bu postural kontrol için kritik bir beceridir. Sağlıklı bireyler görsel bir geri bildirim olmaksızın 0.5°'lik bir yerçekimsel vertikalığı algılayabilmektedirler (Karnath vd. 2000). Vertikalığın postural algısının birçok nöral temsili mevcuttur; ancak özellikle inme sonrası uzaysal-görsel ihmal sendromu bulunan hastalarda bu algı bozulmuştur (Bonan vd. 2006).

Dinamiklerin kontrolü, yürüme sırasında ve bir postürden diğerine değişiklik yaparken dengenin kontrolünü içermektedir. Bu bileşen vücut kitlesinin merkezini hareket ettirmede karmaşık bir kontrolü gerektirir (Young vd. 2012).

Kognitif süreçler postural kontrolün sağlanmasında verilen motor cevapları ve kas sinerjilerinin aktivasyonunu etkilemektedirler. Beklenti, dikkat, deneyim, çevresel kaynaklar ve amaç dengenin sağlanması sırasında gerekli olan kognitif bileşenlerden bazılarıdır (Yogev-Seligmann vd. 2008).

2.7. Dengenin Değerlendirilmesi

Klinik denge değerlendirmeleri düşme risk faktörlerinin belirlenmesi ve denge bozukluğunun sebebinin bulunması açısından önemlidir (Mancini ve Horak 2010, Rodrigues vd. 2014). Bu fonksiyonel denge değerlendirme yöntemleri klinikte en yaygın kullanılan denge ölçümleridir. Özel bir donanıma gerek duyulmadan, kısa sürede ve pratik bir şekilde ölçüm yapabilmeyi sağlarlar (Chinsongkram vd. 2014). Klinik denge değerlendirmelerinin amaçları şunlardır:

1. Denge probleminin var olup olmadığının tespit edilmesi,
2. Denge probleminin altında yatan sebebin tespit edilmesi.

Denge probleminin var olup olmadığının tespit edilmesi düşme riskini tahmin etmek açısından yardımcı olmaktadır. Aynı zamanda etkili tedavi yaklaşımının belirlenmesini sağlar. Denge probleminin tipini ve sebeplerini ayırt eden denge değerlendirme araçları doğrudan soruna müdahale eden yaklaşımın seçimini kolaylaştırır. Bu şekilde denge bozukluğu için daha etkin bir müdahale ya da tedavi yaklaşımı belirlenebilir. Klinikte postural kontrolün değerlendirilmesi için nicel, norm temelli araçların ideal olarak içermesi gereken ölçümlerin özellikleri şunlardır:

1. Hem fonksiyonel becerileri hem de postural stratejilerin kalitesini yansıtmalı.
2. Postural kontrol anormalliklerini hassas ve seçici bir şekilde belirleyebilmeli.
3. Güvenilir ve geçerli olmalı.
4. Kullanımı kolay ve ucuz olmalı. Bu sayede pratik olarak kullanılabilir (Mancini ve Horak 2010).

Birçok denge değerlendirmesi düşme risklerini ve denge için rehabilitasyon gereksinimini değerlendirirken, denge bozukluklarını ayırt eden değerlendirme sayısı çok azdır. Klinik denge değerlendirmelerine bir sistem yaklaşımı getirmek farklı denge bozukluklarını ayırt etmeyi sağlar (Rodrigues vd. 2014). Fizyolojik değerlendirmeler, denge bozukluğu ile ilişkili altta yatan sensorimotor mekanizmaları belirleyebilir (Mancini ve Horak 2010).

Objektif denge değerlendirmeleri ise, bilgisayarlı sistemler ve giyilebilir inersiyel sistemlerle yapılmaktadır. Bu yöntemler kullanıcılara klinik uygulamada daha pahalı, özgün ve hassas ölçümler sunmaktadır (Mancini ve Horak 2010).

Denge değerlendirmeleri 3 ana başlık altında toplanmaktadır:

Tablo 2.7.1 Denge değerlendirmeleri

Denge Değerlendirmeleri	Örnek
A) Fonksiyonel Değerlendirmeler	1) Aktiviteye Özgü Denge Güven Ölçeği 2) Tinetti Denge ve Yürüme Testi 3) Zamanlı Kalk-Yürü Testi 4) Tek Ayak Üzerinde Durma Testi 5) Fonksiyonel Uzanma Testi
B) Sistem Değerlendirmeleri/ Fizyolojik Değerlendirmeler	1) Denge Değerlendirme Sistemleri Testi (BESTest) 2) Fizyolojik Profil Yaklaşımı
C) Objektif Değerlendirmeler	1) Postürografi a) Statik Postürografi b) Dinamik Postürografi 2) Giyilebilir Inersiyel Sistemler
BESTest: Denge Değerlendirme Sistemleri Testi	

Klinikte dengeyi değerlendirmede çok farklı testler olmasına karşın, tüm bu değerlendirme yöntemlerini kapsayan bir denge değerlendirme ölümü geliştirilmiştir. BESTest bu alanda geliştirilmiş ve kullanımı özellikle son zamanlarda artan değerli ölçektir (Horak vd. 2009).

2.7.1. Denge Değerlendirme Sistemleri Testi (Balance Evaluation Systems Test-BESTest)

BESTest'in nörolojik hastalığı olan ya da olmayan birçok hastada geçerli ve güvenilir olduğu belirtilmiştir. Serebrovasküler Olay (Chinsongkram vd. 2014), Multiple Sklerozis (Jacobs ve Kasser 2012), Parkinson Hastalığı (Leddy vd. 2011) gibi nörolojik hastalıkların yanı sıra, Fibromiyalji (Jones vd. 2009) ve Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı (Beauchamp vd. 2012) gibi nörolojik olmayan hastalıklarda da geçerli bir ölçek olduğu görülmüştür (Padgett vd. 2012).

Dengenin değerlendirilmesinde esas sorunun belirlenmesinin üzerinde durmanın önemi ve avantajlarına birçok çalışmada değinilmiştir (Horak vd. 2009, Mancini ve Horak 2010, Kasser vd. 2011, King vd. 2012). Bu tür değerlendirme yöntemleri en uygun denge rehabilitasyonunun oluşturulması açısından önem arz etmektedir. Literatürde denge sistemlerini hedef alan az sayıda değerlendirme leği mevcuttur (Mancini ve Horak 2010).

Denge Değerlendirme Sistemleri Testi (BESTest), 2009 yılında Horak vd. tarafından geliştirilen bir denge değerlendirme aracıdır. Dengeyle ilişkili sistemleri ayrıntılı bir şekilde değerlendiren 36 maddelik 6 bölümden oluşmaktadır:

1. Biyomekanik Kısıtlamalar,
2. Stabilit sınırları/Dikeylik,
3. Geçişler/Beklenti,
4. Reaktif Postüral Cevap,
5. Duyusal Oryantasyon,
6. Yürüme Stabilitesi.

Her madde 0-3 puan arasında değerlendirilmektedir. Toplam puan 0-108 arasında olup, puan arttıkça denge nin daha iyi olduğunu göstermektedir (Horak vd. 2009).

Literatürde BESTest'in birçok nörolojik ve nörolojik olmayan hastalıkta geçerli ve güvenilir bir ayırıcı denge değerlendirme aracı olduğu belirtilmiştir (Jones vd. 2009, Leddy vd. 2011, Beauchamp vd. 2012, Jacobs ve Kasser 2012, Padgett vd. 2012, Chinsongkram vd. 2014).

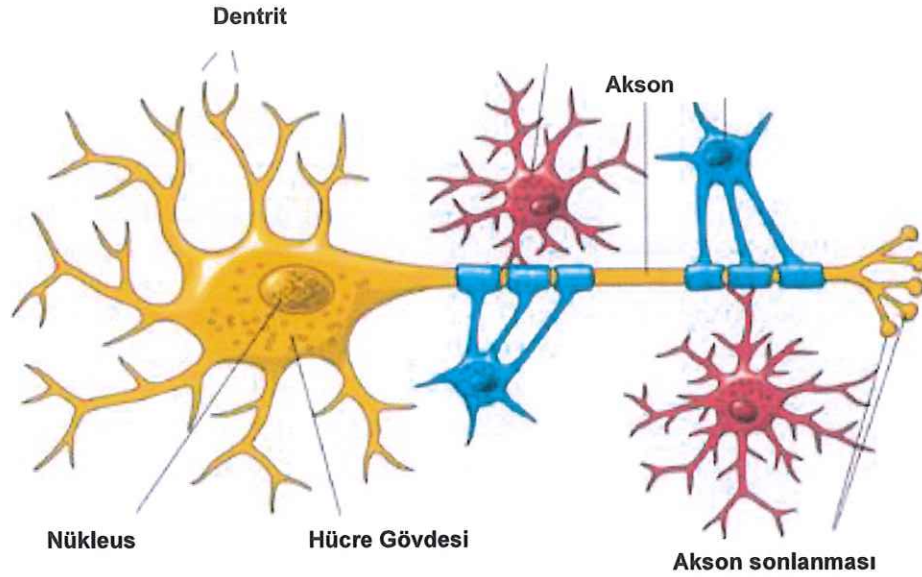
2.8. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları (YSA), insan beyninin çalışma sisteminden esinlenilerek oluşturulmuş bilgi işleme sistemleridir. Verilerin analizi için adaptif modeller meydana getirirler. Bu sistemler kendi iç yapılarını bir fonksiyonun amacı ile ilişkili olarak değiştirebilirler. Özellikle nonlineer tipteki problemlerin çözümüne uygun olacak şekilde davranırlar. Belli bir hedefle temel bir problemi tanımlayan belli bir veri seti ile ilgili tahmini kuralları yeniden oluşturabilme yeteneğine sahiptir. Bu sayede özel bir tanının ya da sonucun tahmin edilebilmesini sağlarlar (Grossi 2011).

YSA'nın işleyişiyle ilgili insan beynine benzeyen 2 farklı özelliği vardır:

1. Bilgi, ağ tarafından bir öğrenme süreci ile elde edilir.
2. Sinir hücreleri arasında sinaptik ağırlık olarak adlandırılan bağlar, bilgiyi depolamada kullanır (Hamzaçebi 2011).

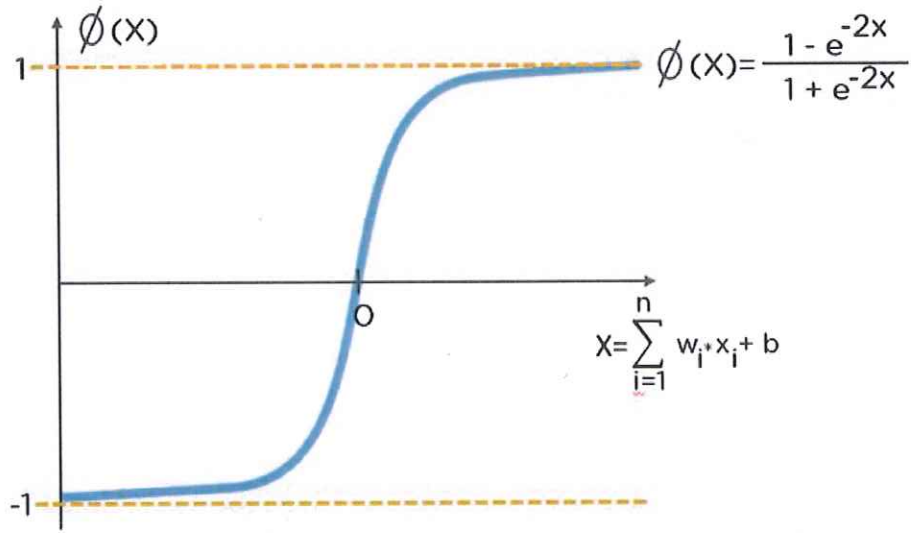
Merkezi sinir sisteminin sinir hücrelerinin temel elemanları dentrit, akson, sinaps gibi yapılardır (Şekil 2.8.1). Nöron ağlarındaki nörofizyolojik karar verme süreçlerini taklit eden bu yapıların nöronlara benzer alt elemanları vardır:



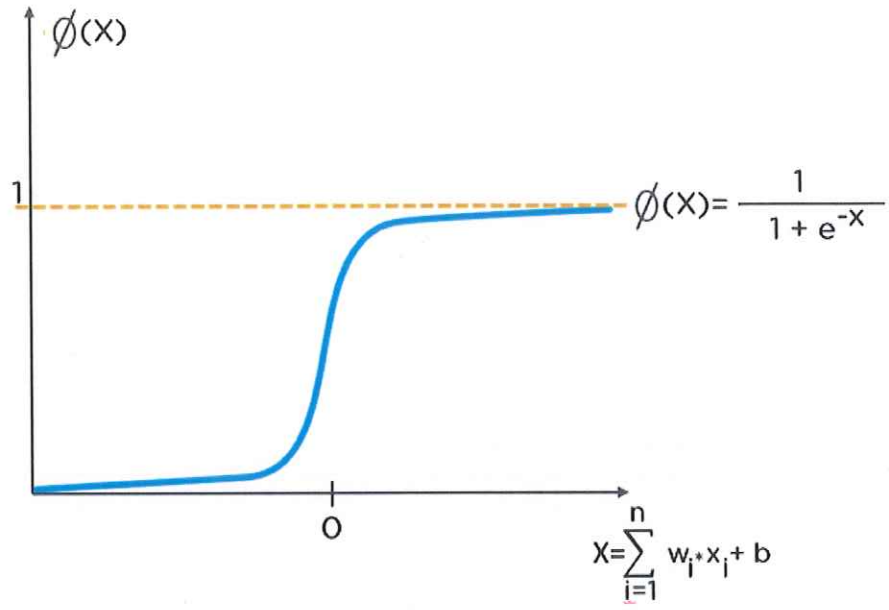
Şekil 2.8.1 Bir nöronun yapısı (WEB_1)

1. Girdiler
2. Ağırlıklar
3. Toplama fonksiyonu
4. Aktivasyon fonksiyonu
5. Hücrenin çıktısı

Bu elemanlara proses elemanları da denilmektedir. Girdiler bir yapay sinir hücresine dış dünyadan, başka hücrelerden veya kendi kendisinden gelen bilgilerdir. Ağırlıklar yapay sinir hücresine gelen bilginin önemini ve hücre üzerindeki etkisini gösterirler. Toplama fonksiyonu hücreye gelen net girdiyi hesaplar. Genellikle girdilerin ağırlıkları ile çarpılarak toplanmasıyla net girdi bulunur. Aktivasyon fonksiyonu hücreye gelen net bilgiyi işleyerek hücrenin bu girdiye karşılık üreteceği çıktıyı belirler. En çok hiperbolik tanjant fonksiyonu (Şekil 2.8.2) ve sigmoid fonksiyonu (Şekil 2.8.3) kullanılır. Hücrenin çıktısı aktivasyon fonksiyonu tarafından belirlenen çıktı değeridir. Ağ şeklinde gösterildiğinde bir proses elemanının birden fazla çıktısı varmış gibi görünse de aslında tek bir çıktı değeri vardır (Öztemel 2016).

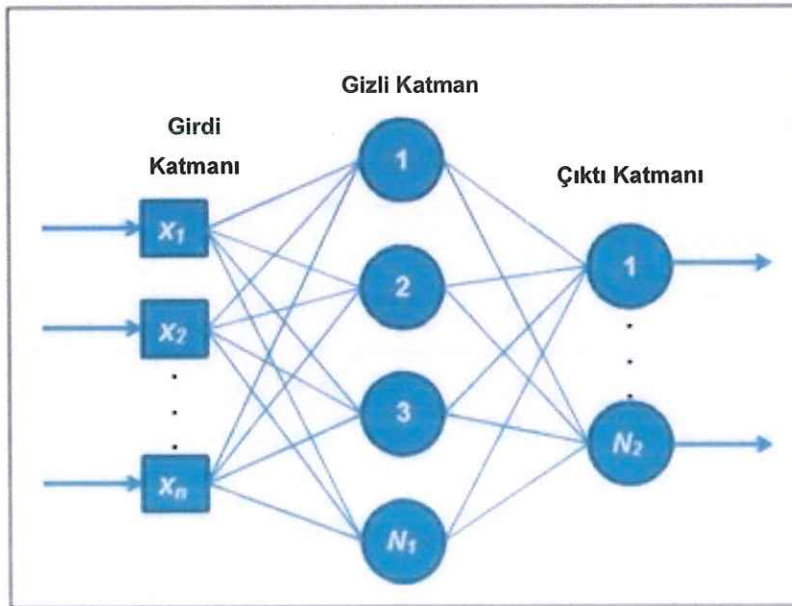


Şekil 2.8.2 Hiperbolik tanjant fonksiyonu (WEB_2)



Şekil 2.8.3 Sigmoid fonksiyonu (WEB_2)

Bu elemanlarla bir araya gelen YSA, birbirine paralel 3 ana katmandan oluşur. Bunlar girdi katmanı, gizli (ara) katman ve çıktı katmanıdır. Girdi katmanı dış dünyadan alınan verilerdir ve gizli katmana bu verileri işlemeksizin iletir. Gizli katmanda veriler işlenir ve çıktı katmanına iletir. Çıktı katmanı ise, gizli katmandan gelen bilgiyi işleyerek dış dünyaya girdi katmanından gelen örneğe göre oluşan çıktıyı iletirler (Haykin vd. 2009, Hamzaçebi 2011) (Şekil 2.8.4).



Şekil 2.8.4 Bir yapay sinir ağının yapısı (WEB_3)

Yapay sinir ağlarında öğrenme sürecinde geliştirilmiş algoritmalarla eğitim yapılır. Öğrenme, YSA'nın içinde bulunduğu çevre tarafından uyarılması sürecinde ağırlıklarını düzenlemesi işlemidir (Haykin vd. 2009, Hamzaçebi 2011). En çok kullanılan öğrenme türü eğitici öğrenmedir. Bu öğrenme türünde girdi-çıkı verileri kullanılarak YSA eğitilir. Ağ girdiyi işler ve çıkıyı üretir. Kendi çıkısını gerçek çıkı ile karşılaştırır. Hatanın en aza indirilmesi için bağlantılardaki ağırlıklar yeniden düzenlenir. Bu işlem, kabul edilebilir bir hata düzeyine ulaşıncaya kadar devam eder. Bütün bu parametreler veri kümesi kullanılarak ve genellikle gradyan tabanlı bir optimizasyon algoritması ile hesaplanır (Basheer ve Hajmeer 2000). Bu kapsamda Geri Yayılım Algoritması ve Levenberg-Marquardt Algoritması en sık kullanılan iki öğrenme algoritmasıdır.

Gerı Yayılım Algoritması'nda yapay nöronlar katmanlarda yer alırlar. Sinyallerini ileri doğru yollarlar ve hatalar geriye doğru yayılır. Girdi katmanındaki nöronlar uyarıları alır. Ağın çıkısı çıkı katmanındaki nöronlarla verilir. Bir ya da birden fazla ara katman bulunur. Geri Yayılım Algoritması'nın ana fikri, YSA'nın eğitim verisini öğrenene kadar hatayı azaltmasıdır. Eğitim random ağırlıklarla başlar. Amaç hataların minimal hale gelmesidir. Bir düşünüş algoritmasıdır. Çok kullanılan bir algoritma olması, daha az bellek gerektirmesi gibi avantajlarının yanında sonuca çok yavaş gitmesi, yerel minimuma yakalanabilmesi, öğrenmek yerine ezberleyebilmesi de dezavantajlarındanır (Gershenson 2003).

Levenberg-Marquardt Algoritması ortalama hata kareleri toplamı fonksiyonlarını en aza indirmek için özel olarak tasarlanmıştır. Bu algoritmada hata fonksiyonu en aza indirilirken, doğrusal yaklaşımın geçerliliğinden emin olmak için adım büyüklüğü küçük olacak şekilde korunur. Bu, iteratif bir tekniktir. Çok değişkenli bir fonksiyonun lokal minimumunun yerini tespit eder. Her bir iterasyon adımında hata yüzeyine parabolik yaklaşımla yaklaşılr. Parabolün minimumu o adım için çözümü oluşturur. Bu da birçok doğrusal olmayan, gerçek değerli fonksiyonun karelerinin toplamı olarak açıklanır. Newton metoduna bir yaklaşımdır. Daha hızlı çözüme ulaşır; ancak çok fazla bellek gerektirmektedir. Çok sık kullanılır ve kullanımını basittir (Sapna vd. 2012).

2.8.1. Yapay sinir ağlarının avantajları ve dezavantajları

Yapay sinir ağları diğer veri işleme ve analiz yöntemleri ile karşılaştırıldığında birçok avantajın yanında bazı dezavantajlara da sahiptir. YSA'nın kullanım avantajları şunlardır:

1. Öğrenme ile yeni bilgiler türetebilirler.
2. Kendine ait deneyimler oluşturarak, benzer konularda benzer kararlar oluşturabilirler.
3. Doğrusal olmayan problemleri çok rahat modelleyebilirler.
4. Örneklendirme, ilişkilendirme, sınıflandırma, genelleme, özellik belirleme ve optimizasyon yapabilme becerileri vardır.
5. Örnek bulmak bilgi bulmaktan daha kolaydır.
6. Kendi kendini organize etme ve öğrenebilme yetenekleri vardır.
7. Yeniden eğitilebilirler.
8. Öğrenerek değişikliğe uyum sağlayabilirler.
9. Belirsiz ve tam olmayan bilgileri işleyebilirler.
10. Dereceli bozulma gösterirler.
11. Eksik bilgilerle çalışabilirler.
12. Hata toleransına sahiptirler.
13. Görülmemiş örnekler hakkında bilgi üretebilir.
14. Algılamaya yönelik olaylarda kullanılabilirler.
15. Örüntü ilişkilendirme ve sınıflandırma yapabilirler.
16. Örüntü tamamlayabilirler.
17. Sadece nümerik bilgiler ile çalışırlar.
18. Uygulaması pratik, maliyeti düşüktür ve hızlı çalışırlar.

Yapay sinir ağlarının diğer sistemlerle karşılaştığında dezavantajları şunlardır:

1. Öğrenme işlemi yerel minimuma takılabilir.
2. Donanıma bağımlı çalışırlar.
3. Probleme uygun ağ yapısının belirlenmesi genellikle deneme yanılma yoluyla olur. Eğer uygun ağ yapısı belirlenmezse, ağın performansı düşer ya da problem çözülemez.
4. Bazı ağlarda ağın parametre ve katman sayısının belirlenmesinde herhangi bir kural bulunmamaktadır.
5. Parametre değerlendirmesinde her probleme ayrı ayrı değerlendirme yapmak gerekmektedir. Standardı oluşturmak çok zordur.
6. En iyi çözümü garanti etmez.
7. Ağın öğreneceği problemin ağa gösterimi önemli bir problemdir; çünkü verilerin nümerik bilgilere dönüştürülmesi kullanıcının bilgisine bağlıdır.
8. Ağın eğitimine ne zaman son verileceğinin belirlenmesi için geliştirilmiş bir yöntem yoktur.

9. Ağın davranışları açıklanamamaktadır (Tu 1996, Anderson 1997, Öztemel 2016).

Ancak literatürde bu sorunlar ile etkin bir şekilde mücadele etmek için birçok model doğrulama (model validation) yöntemi geliştirilmiştir.

2.9. Yapay Sinir Ağlarının Nörolojik Hastalıklarda Kullanımı

Yapay sinir ağları, yeni bilgiler oluşturma ve keşfetme, yardım almadan otomatik gerçekleştirme, karar verme gibi becerilere sahip olmaları sebebiyle (Öztemel 2016) endüstri, eğitim ve askeri alanlarda kullanıldığı gibi, son 15 yılda rehabilitasyon alanında da kullanımı giderek artmaktadır (Carter 2007).

Rehabilitasyon alanında özellikle, diagnostik, tahmin etme, sınıflandırma, problem çözme ve robotik kontrol sistemlerinin üretilmesi gibi amaçlarla kullanılan YSA'nın (Öztemel 2016) nörolojik rehabilitasyon alanında da benzer amaçlarla kullanıldığını gösteren örnekler literatürde mevcuttur (Güler vd. 2009, Kaczmarczyk vd. 2009, Joo vd. 2014).

Kafa travmasının sonuçlarını tahmin etmek amacıyla yapılan bir çalışmada YSA'nın klinik karar vermede kullanışlı bir araç olarak kullanılabileceği belirtilmiştir ve regresyon modellerinden üstün bulunmuştur. Daha karmaşık klinik vakalarla ve daha farklı ölçümler dahil edilerek YSA modellemesinin kafa travmasının sonuçları için çok daha iyi bir klinik karar verme aracı olabileceği düşünülmektedir (Rughani vd. 2010).

Güler vd. (2009) yaptıkları çalışmalarında travmatik beyin yaralanmasının (TBY) şiddetini tespit etmek için YSA modellemesiyle bir diagnostik sistem geliştirmeyi amaçlamışlardır. Çalışmaya alınan TBY'li 32 hastanın elektroensefalografi (EEG), Travma ve Glaskow koma puanları kaydedilmiştir. Oluşturulan sistemden alınan sonuçlar, nörologların sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Normal, hafif, orta ve şiddetli EEG verileri ve nörologların değerlendirme sonuçları ile sistemden alınan sonuçlar arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Çalışmanın sonuçlarına dayanarak oluşturulan YSA modellemesinin günlük rutinde kullanımının EEG ve düzenlenmiş travma puanı ile travma derecesi için hızlı karar vermeyi sağlayacağı düşünülmüştür (Güler vd. 2009).

Kaczmarczyk vd. (2009) inme sonrası hastalarda yürüme paternlerini sınıflandırmak amacıyla yaptıkları çalışmada 3 metodu test etmişlerdir. Kümeleme analizi, diskriminant fonksiyon analizi ve YSA'nın test edildiği çalışmada en iyi sınıflandırma sonuçlarının YSA'ları kullanılarak elde edilen yürüme döngüsündeki alt ekstremitte eklem açısı değişiklikleri ile ilgili sonuçlar olduğu görülmüştür (Kaczmarczyk vd. 2009).

Özürlü bireylerde yürüme analizinin ters dinamiklerini tahmin etmede YSA uygulamasının yapıldığı bir başka çalışmada ise, YSA'nın yürüme parametreleri ve olgular arasındaki doğrusal olmayan ilişkinin analizine olanak vermesi, sürekli ve sınıflandırılmış verileri kolayca analiz edebilmesi, kısıtlı örneklerle çalışabilmesi, karmaşık prosedürler gerektirmemesi gibi sebeplerle biyomekanik alanında kullanımının uygun ve pratik olduğunu belirtmişlerdir. Bu alanda yapılacak farklı ve geniş kapsamlı örneklerle YSA uygulamaları ile ilgili daha ileri çalışmaların yapılması gerekmektedir (Wit ve Czaplicki 2008).

Joo vd. (2014) tabanlık tipinde plantar basınç ölçüm cihazına göre yürüme döngüsü içerisinde orta duruş ve sallanma fazlarında yürüme hızını tahmin etmek amacıyla yaptıkları çalışmalarında YSA'yı kullanmışlardır. Katılımcıların normal, yavaş ve hızlı yürüme hızlarının gerçek ölçüm sonuçları ile tahmini sonuçları incelendiğinde, yüksek düzeyde ilişkili oldukları görülmüştür. Bu sebeple, uygulanan yöntemin Parkinsonizm, serebrovasküler olay, diabetes mellitus gibi hastalıklarda patolojik yürüme ile ilgili sürecin ve sebebin daha iyi anlaşılabilmesi için klinikte geniş çapta kullanımı önerilmektedir (Joo vd. 2014).

Bu alanda Türkiye'de yapılan bir çalışmada ise, nörolojik rehabilitasyon alanında kullanımının giderek arttığı terapatik robotları nörolojik hastalarda kullanan fizyoterapistlerin karşılaştığı direncin tahmin edilmesi için YSA modellemesi kullanılmıştır. Nörolojik hastalarda görülen kas kuvvetsizliği, spastisite, kas kontrolünün kaybı gibi problemlerin fizyoterapi ve rehabilitasyon seanslarında fizyoterapistler üzerinde yoğun bir fiziksel yüke sebep olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada, gerçek vakalardan alınan veriler ağırlı eğitimi için kullanılmıştır. Ağa daha önce gösterilmiş verilerden değil, henüz gösterilmemiş örnekler üzerinden başarı elde edilmiştir. Sonradan elde edilen çıktı, belirlenen amaç doğrultusunda daha iyi öğrenilmesi için tekrar ağa yönlendirilmiştir. Tasarlanan YSA fizyoterapist hareketlerini taklit etmek için gerekli direnç parametre değerlerini oluşturabilmiştir (Demir vd. 2016).

2.10. Yapay Sinir Ağlarının Denge ile İlgili Kullanımı

Denge probleminin belirlenmesi, düşme riskinin tahmin edilmesi ve dengenin sınıflandırılması gibi konularda YSA, pratik ve yararlı bir araçtır. Travmatik düşmelerin önlenmesinde, kişisel ve çevresel faktörlerin yeniden düzenlenmesi, ev düzenlemeleri, kişisel alışkanlıkların eğitimi, denge eğitimi gibi uygun müdahalelerin belirlenmesinde YSA büyük bir önem taşımaktadır. YSA, denge gibi karmaşık bir kontrol mekanizmasına sahip becerinin incelenmesinde etkili bir yöntemdir. Farklı faktörlerin analizlere dahil edilmesiyle denge ile ilgili daha kapsamlı çalışmalar yapılabilir. Ayrıca

gelişmeye açık ve araştırma potansiyeli yüksek bir alan olduğu düşünülmektedir (Begg ve Palaniswami 2006).

Yaşlı bireylerde yürüme sırasında denge kontrolünün tahmin edilmesi için yapılan bir çalışmaya farklı denge problemleri olan 40 birey katılmıştır. Katılımcıların vücut kitle merkezinin frontal düzlemdeki hareketini belirlemek amaçlanmıştır. Farklı segmentlerden alınan antropometrik ölçümlerin yanı sıra, zamansal-mesafe ölçümü ve elektromiyografi (EMG) ölçümü de yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda, oluşturulan YSA modelinin, hareket sırasında denge kontrolünün tahmin edilmesinde etkili bir haritalama aracı olduğu görülmüştür. EMG ile beraber kullanımının klinik senaryolarda yararlı olabileceği düşünülmektedir (Hahn vd. 2005).

Krafczyk vd. (2006) dengeyi farklı koşullarda değerlendiren bilgisayarlı dinamik postürografiye YSA ile geliştirmişlerdir. Yapay Sinir Ağı Postürografisi (YSAP) farklı nörolojik hastalıklarda kullanılmıştır. YSAP denge bozukluklarının tanımlanmasında doğruluğu arttırmak amacıyla tasarlanmıştır (Krafczyk vd. 2006). YSAP'ta bir değerlendirmede 160 veri elde edilmektedir. Bu verilerden eğitim, geçerlilik ve test için ayrılmış vaka verileri kullanılmaktadır. Bir kez tasarlanıp test edildikten sonra, önceden elde edilen klinik bir değerlendirme olmadan da özel bir tanıyı tahmin etmek için kullanılabilir. Yapılan bir çalışmada YSAP'ın vestibüler nörit ve fobik postüral vertigoyu ayırt etmede hassasiyeti ve kesinliği yüksek bir araç olduğu bildirilmiştir (Brandt vd. 2012).

Badura (2015) yaptığı çalışmada, özürü ya da mobilite düzeyi kısıtlanmış bireylerin ev ortamında tanı ve rehabilitasyon süreçlerini desteklemeyi ve gözlem altında tutmayı amaçlamıştır. Bunun için bir otomatik bilgisayar yardımcı denge değerlendirme sistemi oluşturmuştur. Bu sisteme Berg Denge Skalası'nın 7 aktivitesi uyarlanmıştır. Değerlendirme yaklaşımı hasta tarafından giyilen inersiyel sensörler aracılığıyla toplanan akselerometrik sinyallere dayanmaktadır. Birçoğu özgün ve çoğu orta düzeyde olan sinyaller dikkate alınmıştır. YSA ile denge ile ilgili sınıflandırma yapılmıştır. Farklı aktivitelerdeki sınıflandırmalarda, doğrudan değerlendirme etkinliği %75 ile %94 arasında değişmektedir (Badura 2015).

Son yıllarda çalışmaların giderek arttığı ve geliştiği bir diğer alan ise "çevresel destekli yaşam"dır. Bu kapsamda geliştirilen akıllı sistemlerde YSA tanı koyma, rehabilitasyonun özellikle evde devam ettirilmesi, hastanın ya da yaşlının gözlenmesi gibi amaçlara hizmet etmek için farklı disiplinlerle ve yaklaşımlarla birlikte kullanılmaktadır (Geman vd. 2015). Özür oranlarının ve yaşam süresinin arttığı günümüzde bu teknolojilerin kullanılması, denge bozukluğu nedeniyle oluşacak travmatik düşmelerin azalmasını sağlayabilir. Ayrıca bu sistemler aktivite ve katılımı

kısıtlılık, erişim, ulaşılabilirlik gibi günümüzde yaşanan birçok soruna çözüm olabilmesi açısından önem taşımaktadır.

2.11. Çoklu Doğrusal Regresyon

Bu çalışmada geliştirilen YSA modelleri ile karşılaştırmalar yapmak için, istatistikte en sık rastlanan modelleme türlerinden olan Çoklu Doğrusal Regresyon (MLR) yöntemi uygulanmıştır. Bu model birden fazla giriş ve bir çıkış değişkeni olduğu durumlarda kullanılır. Model yapısı şu şekilde verilebilir:

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_nx_n \quad (1)$$

Burada, y çıkış değişkeni, x_i 'ler giriş değişkenleri ve β_i 'ler model katsayılarıdır. Burada çıkış değişkeni BESTest toplam puanı ve giriş değişkenleri ise hipoteze bağlı olarak alt test toplamlarını veya her bir alt testin bileşenlerini temsil etmektedir. Bu modelde katsayılar en küçük kareler yöntemiyle belirlenmektedir:

$$\beta = (X^T X)^{-1} X^T y \quad (2)$$

Burada β tüm katsayıları içeren vektörü, tüm hastaların y BESTest toplam puanlarını ve X test bileşenlerini içeren matrisi temsil etmektedir (Rencher 2002).

2.12. Hipotezler

BESTest manuel test sonuçları ile yapay sinir ağları modeliyle elde edilen prediktif sonuçları karşılaştırmak amacıyla planladığımız çalışmamızdaki hipotezler:

H₁: BESTest manuel test sonuçları ile yapay sinir ağları modeliyle elde edilen sonuçlar uyumludur.

H₂: BESTest alt gruplarından yapay sinir ağları ile elde edilen prediktif sonuçları belirlemede dengeyi değerlendirmede en iyi katkısı olan alt grup testler vardır.

3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

3.1. Çalışmanın Yapıldığı Yer

Bu çalışma Pamukkale Üniversitesi Erişkin Nörolojik Rehabilitasyon Ünitesi'nde ve Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde yapılmıştır.

Çalışmanın yapılmasında etik açıdan sakınca olmadığına, Pamukkale Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 26.01.2016 tarihinde alınan 60116787-020/5431 sayılı karar ile onay verilmiştir (Ek-6, Ek-7). Ayrıca Öğretim Üyesi Yetiştirme (ÖYP) Programı tarafından desteklenmiştir.

3.2. Çalışma Süresi

Bu çalışma Şubat 2016 – Aralık 2018 tarihleri arasında yapılmıştır.

3.3. Katılımcılar

Çalışmaya Pamukkale Üniversitesi Erişkin Nörolojik Rehabilitasyon Ünitesi tarafından takip edilen 35-65 yaş aralığında, çalışmaya katılmaya gönüllü, dahil edilme kriterlerine uyan, iskemi, anevrizma, kitle gibi sağ veya sol hemisfer lezyonu sonucu hemiparetik olan toplam 66 birey dahil edilmiştir.

Araştırmaya dahil edilme gönüllülük esasına dayanmaktadır. Değerlendirmeler katılımcılarla yüz yüze görüşülerek yapılmıştır.

3.3.1. Gönüllüler için dahil edilme kriterleri:

- Denizli'de yaşıyor olanlar
- 35-65 yaş aralığında olanlar
- Kendi başına ya da bir yürüme yardımcısı ile yürüyebilenler
- En az 1 dk. ayakta durabilenler
- İlk kez sağ veya sol hemisfer lezyonu olanlar
- Hodkinson Mental Test'ten en az 8 puan alanlar

- Okur-yazar olanlar

3.3.2. Gönüllüler için dışlama kriterleri:

- Denge yeteneğini olumsuz etkileyen komorbid bir hastalığı olanlar
- İletişim problemi olanlar
- Testleri tamamlayamayanlar

3.4. Değerlendirme Yöntemleri

Katılımcıların yaş, boy, kilo, cinsiyet, eğitim durumu gibi bilgileri hazırlanan demografik veri formuna ve serebral lezyonlarının nedenleri, hastalık süreleri, etkilenen hemisferleri, lateralizasyon ve kullandığı ilaç sayısı ile ilgili bilgileri ise veri formuna kaydedilmiştir (Ek-8).

Katılımcıların denge durumlarını değerlendirmek için Denge Değerlendirme Sistemleri Testi (BESTest) (Ek-9), kognitif durumlarını değerlendirmek için Hodkinson Mental Test kullanılmıştır (Ek-10).

Oluşturulan YSA modeliyle ise, hemiparetik bireylerin prediktif denge sonuçları belirlenmiştir. YSA, konusunda uzman olan Prof. Dr. Kadir KAVAKLIOĞLU tarafından bilgisayar ortamında Matlab programı ile yapılmıştır. Hemiparetik hastalar değerlendirildikten sonra elde edilen verilerden YSA modellemesi oluşturulmuştur.

3.4.1. Kognitif durumun değerlendirilmesi

3.4.1.1. Hodkinson Mental Test:

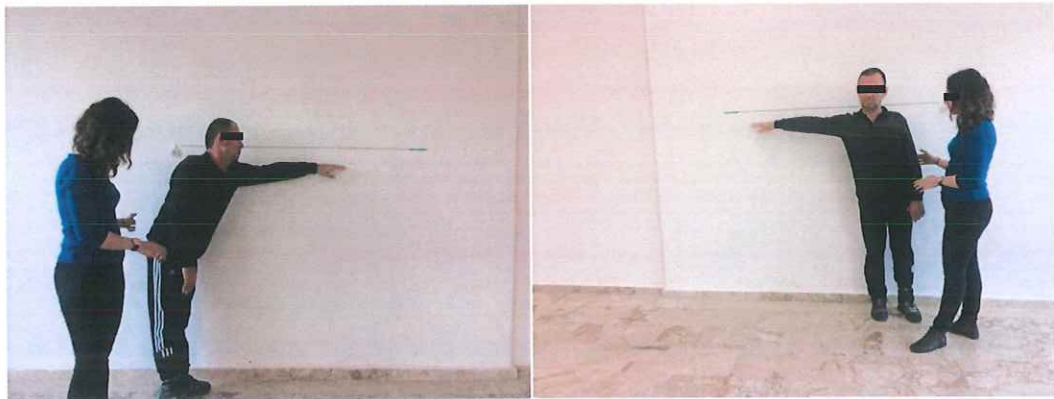
Test yer ve oryantasyonu, hafıza ve aritmetik yetenekleri değerlendiren toplam 10 sorudan oluşmaktadır. Doğru cevaplandırılan her soru 1 puan olarak hesaplanmaktadır. 8-10 puan doğru cevap kognitif fonksiyon bozukluğu olmadığını, 6-7 puan doğru cevap hafif düzeyde fonksiyon bozukluğu olduğunu, 5 puan ve altı doğru cevap ise ileri düzey kognitif bozukluğu gösterir. Uygulama 5dk.da tamamlanabilmektedir (Hodkinson 1972). Değerlendirme katılımcılarla yüz yüze görüşülerek yapılmıştır.

3.4.2. Dengenin değerlendirilmesi

3.4.2.1. Denge Değerlendirme Sistemleri Testi (Balance Evaluation Systems Test-BESTest):

BESTest'in nörolojik hastalığı olan ya da olmayan birçok hastada geçerli ve güvenilir olduğu belirtilmiştir. Serebrovasküler Olay (Chinsongkram vd. 2014), Multiple Sklerozis (Jacobs ve Kasser 2012), Parkinson Hastalığı (Leddy vd. 2011) gibi nörolojik hastalıkların yanı sıra, Fibromiyalji (Jones vd. 2009) ve Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı (Beauchamp vd. 2012) gibi nörolojik olmayan hastalıklarda da geçerli bir ölçek olduğu görülmüştür (Padgett vd. 2012).

Horak ve ark. tarafından 2009 yılında geliştirilen, serebral lezyonu olan hastalarda denge değerlendirmesi için kullanılan bir ölçektir. Dengeyi oldukça kapsamlı bir şekilde ve farklı koşullar altında test eden 36 maddeyi içeren 6 bölümden oluşmaktadır: Biyomekanik Kısıtlamalar, Stabilite sınırları/Dikeylik, Geçişler/Beklenti, Reaktif Postüral Cevap, Duyusal Oryantasyon, Yürüme Stabilesi (Şekil 3.4.2.1.1-6). Her madde kendi içinde 0-3 puan arasında değer almaktadır. 3 puan testin normal olarak tamamlanabildiğini, 0 puan ise, şiddetli bozukluk olduğu ve testin tamamlanamadığını göstermektedir. BESTest ölçümsel bir değerlendirme değildir. Hemiparetik bireyler fizyoterapist tarafından manuel olarak değerlendirilmiştir ve bir hastanın değerlendirilmesi 45-60 dk. arasında tamamlanabilmektedir (Horak vd. 2009).



Şekil 3.4.2.1.1 BESTest-
Fonksiyonel öne uzanma testi

Şekil 3.4.2.1.2 BESTest-
Fonksiyonel yana uzanma testi



Şekil 3.4.2.1.3 BESTest-
Eğimli yüzey, gözler kapalı,
baş parmaklar yukarıda



Şekil 3.4.2.1.4 BESTest-
Merdivene alternatif adım alma



Şekil 3.4.2.1.5 BESTest-
Engel üzerine adım alma



Şekil 3.4.2.1.6 BESTest-
Baş dönüşüyle yürüme-horizontal



Şekil 3.4.2.1.7 BESTest- Zamanlı kalk yürü testi

3.4.3. Yapay sinir ağlarının (YSA) modeli

Yapay Sinir Ağları (YSA) insan beyninin özelliklerinden yola çıkılarak oluşturulmuş matematiksel modellerdir (Haykin vd. 2009). YSA'nın temel yapı taşı sinir hücrelerinin işleyişinden esinlenilerek geliştirilmiş bir işlem elemanıdır. Temel olarak biyolojik nöronlar diğer nöronlar tarafından sinaps ve dendritler ile kendilerine iletilen sinyalleri alırlar. Bu sinyaller nöronda akümüle edilirler. Belirli eşikler aşıldığında ise nöron kendi çıkışında bir sinyal üretir ve bunu akson ile diğer nöronlara gönderir. YSA'daki işlem elemanı ise bu biyolojik işlemleri simüle eden bir matematiksel yapıdır. Bu matematiksel yapının en önemli özelliklerinden biri doğrusal olmayan fonksiyonlar içermesi ve dolayısıyla karmaşık modelleme yeteneğinin olmasıdır. Birçok temel işlem elemanı birbirine bağlanarak yapay bir sinir ağı modeli oluşturulur (Haykin vd. 2009).

Yapay sinir ağlarında en çok kullanılan öğrenme türü eğitici öğrenmedir. Bu öğrenme türünde giriş-çıkış verileri kullanılarak YSA eğitilir. Bunun anlamı veriler kullanılarak YSA parametrelerinin belirlenmesidir. Bu parametrelerin en önemlileri katman sayısı, katmanlardaki işlem elemanı (yapay nöron) sayısı ve nöronlar arası bağlantılardaki ağırlıklardır. Bütün bu parametreler veri kümesi kullanılarak ve genellikle gradyan tabanlı bir optimizasyon algoritması ile hesaplanır. YSA veriye dayalı oluşturuldukları için verilen örnekler üzerinden kendine ait deneyimler oluşturarak, benzer konularda benzer kararlar oluşturabilirler. Karmaşık problemleri çok rahat modelleyebilirler. Örneklendirme, ilişkilendirme, sınıflandırma, genelleme, özellik belirleme ve optimizasyon yapabilme becerileri vardır.

Örnek bulmanın, bilgi bulmaktan daha kolay olması kullanım avantajlarından biridir. Sınıflandırma yapabilirler. Kendi kendini organize etme ve öğrenebilme yetenekleri

vardır. Yeniden eğitilebilirler. Öğrenerek değişikliğe uyum sağlayabilirler. Belirsiz, tam olmayan bilgileri işleyebilirler. Dereceli bozulma gösterirler. Eksik bilgilerle çalışabilirler. Hata toleransına sahiptirler. Görülmemiş örnekler hakkında bilgi üretebilir. Örüntü tamamlayabilirler. Sadece nümerik bilgiler ile çalışırlar. Uygulaması pratik, maliyeti düşüktür ve hızlı çalışırlar.

Bu sistemler öğrenme ile yeni bilgiler türetme, yeni bilgiler oluşturma ve keşfetme, yardım almadan otomatik gerçekleştirme gibi özelliklere sahip olmaları sebebiyle endüstri, eğitim ve askeri alanlarda kullanıldığı gibi, son 10 yılda rehabilitasyon alanında da kullanımı giderek artmaktadır (Carter 2007).

Yapay Sinir Ağları rehabilitasyon alanlarında özellikle, diagnostik, tahmin etme, sınıflandırma, problem çözme ve robotik kontrol sistemlerinin üretilmesinde kullanılmaktadır.

3.5. İstatistiksel Analiz

Yapılan güç analizi sonucunda çalışmaya 66 hemiparetik birey alındığında %95 güvenle %80 güç elde edileceği hesaplanmıştır. Veriler SPSS paket programı ve Matlab programı ile analiz edilmiştir. Tanımlayıcı bilgiler ortalama \pm standart sapma ($X \pm SD$) veya sayı (n) ve yüzde (%) olarak verilmiştir. Tüm istatistiklerde p değeri ≤ 0.05 anlamlı olarak kabul edilmiştir.

Yapay sinir ağları modellemesi için verilerin %70'i eğitim (n=46), %15'i (n=10) geçerlilik, %15'i (n=10) test için kullanılmıştır. İleri beslemeli geri yayımlı Levenberg-Marquardt Öğrenme Algoritmali YSA modellenmiştir. YSA ve çoklu doğrusal regresyon (MLR) modeli için RMSE (ortalama karesel hataların kökü) hesaplanmıştır (Şekil 3.5.1). MLR, YSA ile karşılaştırmak için kullanılmıştır.

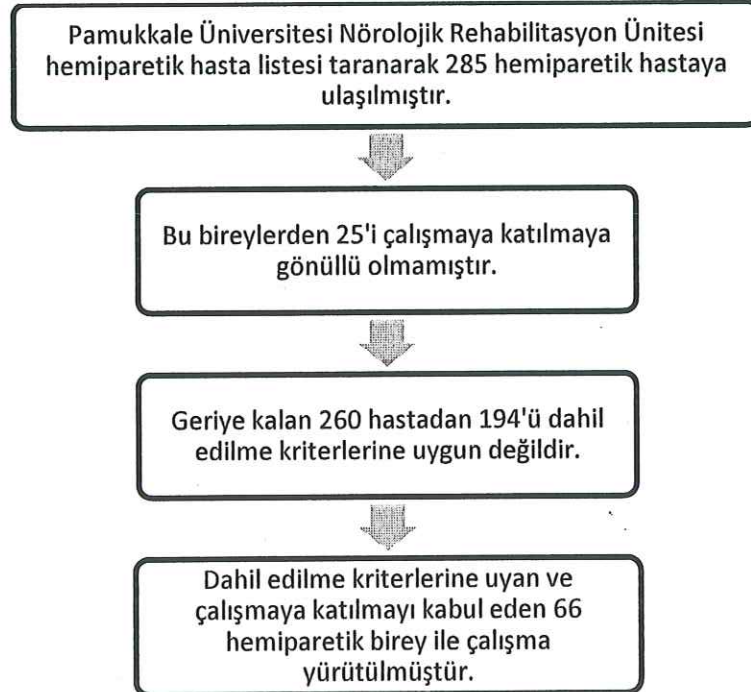
$$RMSE_t = \sqrt{\frac{1}{N_t} \sum_{i=1}^{N_t} (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (3)$$

4. BULGULAR

Çalışma sonucunda elde edilen veriler katılımcılara ait demografik ve klinik veriler, katılımcıların denge düzeylerinin değerlendirilmesi ve katılımcıların denge düzeylerinin yapay sinir ağları ile modellenmesi olmak üzere, 3 ana başlık altında incelenmiştir.

4.1. Katılımcılara Ait Demografik ve Klinik Veriler

Çalışmaya toplam 66 hemiparetik birey dahil edilmiştir (Şekil 4.1.1). Çalışmaya katılan bireylerin yaş ortalaması $53,70 \pm 8,19$ yıldır. Katılımcıların 43'ü (%65,2) erkek, 23'ü (%34,8) kadındır. Hemiparetik bireylerin 35'i (%53,0) ilkokul mezunu, 55'i (%83,3) evli, 59'u (%89,4) çalışmıyor ya da emekli, 55'i (%83,3) eşi ile beraber yaşamaktadır. Katılımcılara ait demografik veriler Tablo 4.1.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1.1 Akış Şeması

Tablo 4.1.1 Hemiparetik bireylere ait demografik veriler

	Min-Maks	Ort±SD
Yaş (yıl)	35-65	53,70±8,19
Cinsiyet	%	n
Kadın	34,8	23
Erkek	65,2	43
Eğitim Durumu	%	n
İlkokul	53,0	35
Ortaokul	10,6	7
Lise	18,2	12
Üniversite	18,2	12
Medeni Durum	%	n
Evli	83,3	55
Bekar	9,1	6
Boşanmış	3,0	2
Dul	4,5	3
Mesleki Durum	%	n
Çalışıyor	10,6	7
Çalışmıyor/Emekli	89,4	59
Yaşam Düzeni	%	n
Yalnız	7,6	5
Eşi ile beraber	83,3	55
Yakınları ile beraber	9,1	6

Hemiparetik bireylerin klinik durumları incelendiğinde, hastalık süresinin ortalama 47,70±62,72 ay olduğu, bir günde kullanılan ilaç sayısının ortalama 4,14±2,31 olduğu belirlenmiştir. 50 (%75,8) hemiparetik hastada serebral lezyon nedeni iskemik inmedir. 36 (%54,5) hastada sağ hemisfer etkilenimi vardır ve 62 (%93,9) hastanın dominant ekstremitesi sağdır (Tablo 4.1.2). Katılımcıların Hodkinson Mental Test puanı ortalaması 9,03±0,76'dır.

Tablo 4.1.2 Hemiparetik bireylere ait klinik veriler

	Min-Maks	Ort±SD
Hastalık Süresi (ay)	2-384	47,70±62,72
Kullandığı İlaç Sayısı (adet)	0-13	4,14±2,31
Serebral Lezyon Nedeni	%	n
İskemik inme	75,8	50
Hemorajik inme	16,7	11
Intrakranial Kitle	4,5	3
Diğer	3,0	2
Etkilenen Hemisfer	%	n
Sağ	54,5	36
Sol	45,5	30
Dominant El	%	n
Sağ	93,9	62
Sol	6,1	4

4.2. Katılımcıların Denge Düzeylerinin Değerlendirilmesi

Hemiparetik bireylerin denge düzeylerinin manuel değerlendirmesinde BESTest kullanılmıştır. BESTest puanları, 6 alt bölüm ve toplam BESTest puanı olarak incelenmiştir. İncelenen BESTest alt bölümleri sırasıyla Biyomekanik Kısıtlamalar, Stabilite sınırları/Dikeylik, Geçişler/Beklenti, Reaktif Postüral Cevap, Duyusal Oryantasyon, Yürüme Stabilitesi'dir. Katılımcıların BESTest 6 alt bölümü ve toplam puan ortalamaları Tablo 4.2.1'de verilmiştir.

Tablo 4.2.1 Hemiparetik bireylerin denge değerlendirme sistemleri testi sonuçları

BESTest Alt Bölümleri	Min-Maks	Ort±SD
BESTest Bölüm 1-Biyomekanik Kısıtlamalar	3,00-14,00	8,05±2,97
BESTest Bölüm 2-Stabilite Sınırları/Dikeylik	12,00-20,00	16,94±1,80
BESTest Bölüm 3-Geçişler/Beklenti	5,00-17,00	11,68±3,47
BESTest Bölüm 4-Reaktif Postüral Cevap	2,00-18,00	8,59±3,96
BESTest Bölüm 5-Duyusal Oryantasyon	5,00-15,00	13,35±2,33
BESTest Bölüm 6-Yürüme Stabilitesi	1,00-21,00	13,25±5,41
BESTest Toplam Puan	39,00-103,00	71,85±16,69

BESTest: Denge Değerlendirme Sistemleri Testi

Çalışmamızın ilk hipotezine uygun olarak BESTest manuel test sonuçlarının yapay sinir ağları modeliyle elde edilen prediktif sonuçlar ile uyumlu olup olmadığı incelenmiştir. Bunun için klinikte sıklıkla kullanılan testlerden olan fonksiyonel öne uzanma testi (cm), tek ayak üstünde durma testi (sağ ve sol taraf için ayrı ayrı yapılmıştır. -sn-), 6 metre yürüme testi (sn) ve zamanlı kalk yürü testi (sn) olmak üzere 5 farklı testten elde edilen veriler kullanılmıştır. Bu testler ile ilgili veriler Tablo 4.2.2'de incelenmiştir.

Tablo 4.2.2 Hipotez-1 için YSA modellemesinde kullanılan testler

YSA Modellemesinde Kullanılan Testler	Min-Maks	Ort±SD
Fonksiyonel Öne Uzanma Testi (cm)	12,00-39,00	27,14±7,15
Tek Ayak Üstünde Durma Testi-Sol (sn)	0,00-30,87	11,32±12,65
Tek Ayak Üstünde Durma Testi-Sağ (sn)	0,00-30,37	12,01±11,00
6 Metre Yürüme Testi (sn)	3,78-59,91	12,13±9,66
Zamanlı Kalk Yürü Testi (sn)	6,31-80,00	18,11±12,77

YSA: Yapay sinir ağları

4.3. Katılımcıların Denge Düzeylerinin Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi

Çalışmamızın ilk hipotezi için BESTest'ten manuel olarak elde edilen toplam test sonuçları ile YSA modeliyle elde edilen prediktif sonuçların uyumlu olup olmadığı incelenmiştir. YSA modellemesi için verilerin %70'i eğitim, %15'i geçerlilik, %15'i test için kullanılmıştır. Gizli katmandaki eleman sayısı 1'den 10'a kadar çalışılarak YSA ve MLR'den elde edilen RMSE değerleri incelenmiştir. Bu hipotez için elde edilen sonuçlar Tablo 4.3.1'de özetlenmiştir. Bu tabloda YSA satırı gizli katmanda 1'den 10'a kadar eleman kullanıldığında elde edilen RMSE değerlerini tüm veri kümesi için sunmaktadır. Her bir gizli katman eleman sayısı için, aynı eğitim kümesi kullanılarak yapılan MLR modeline ait RMSE değerleri ise MLR satırında verilmiştir. Bu tabloda birinci satır incelendiğinde, en iyi YSA modelinin gizli katman eleman sayısı 2 iken olduğu görülmüştür. Bu durumda YSA için RMSE değeri 4,993 iken, MLR için 7,031'dir.

Tablo 4.3.1 Hipotez-1 için YSA modellemesinden elde edilen RMSE-toplam değerleri

	Gizli Katman Elemanlarının Sayısı									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
YSA	6,232	4,993*	5,839	7,153	5,785	6,724	6,156	5,403	5,579	4,985
MLR	7,156	7,031*	7,162	7,143	6,969	7,508	7,439	6,923	5,591	7,048

YSA:Yapay sinir ağları; MLR: Çoklu doğrusal regresyon modeli; RMSE: Ortalama karesel hataların kökü;

* En iyi YSA modeli.

Çalışmanın ikinci hipotezi için BESTest alt gruplarından YSA ile elde edilen prediktif sonuçları belirlemede dengeyi değerlendirmede en iyi katkısı olan alt grup testlerin belirlenmesi için çalışılmıştır. Bunun için öncelikle BESTest'in 6 alt testinden her biri çıkarıldığında BESTest toplam sonucunu tahmin etmeye yönelik YSA modellemesi oluşturulmuştur. Gizli katman sayısı 1'den 10'a kadar çalışılarak YSA ve MLR'den elde edilen RMSE değerleri incelenmiştir. Çalışmanın ikinci hipotezi kapsamında oluşturulan Tablo 4.3.2'de, Tablo 4.3.3'te, Tablo 4.3.4'te, Tablo 4.3.5'te, Tablo 4.3.6'da, Tablo 4.3.7'de ve Tablo 4.3.8'de YSA satırı gizli katmanda 1'den 10'a kadar eleman kullanıldığında elde edilen RMSE değerlerini tüm veri kümesi için sunmaktadır. Her bir gizli katman eleman sayısı için, aynı eğitim kümesi kullanılarak yapılan MLR modeline ait RMSE değerleri ise MLR satırında verilmiştir. BESTest'in 1. alt testi olan Biyomekanik Kısıtlamalar çıkarıldığında en iyi YSA modeline göre RMSE değerleri YSA için 1,208, MLR için 1,395'tir. Bu değerler sırasıyla 2. alt test olan Stabilite sınırları/Dikeylik bölümünde YSA için 0,928, MLR: 1,144; 3. alt test olan Geçişler/Beklenti bölümünde YSA: 1,221, MLR: 1,719; 4. alt test olan Reaktif Postüral Cevap bölümünde YSA: 1,872, MLR: 2,444; 5. alt test olan Duyusal Oryantasyon bölümünde YSA: 1,537, MLR: 1,698 ve 6. alt test olan Yürüme Stabilesi bölümünde YSA: 2,136, MLR:2,472'dir (Tablo 4.3.2).

Tablo 4.3.2 Hipotez 2 için BESTest alt bölümleri ile BESTest toplam puanının tahmin edilmesinden elde edilen RMSE değerleri

ÇBI	Gizli Katman Elemanlarının Sayısı									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-YSA	1,407	1,442	2,585	1,699	1,208*	1,475	1,340	1,463	1,366	1,226
MLR	1,413	1,405	2,133	1,444	1,395	1,408	1,404	1,398	1,396	1,411
2-YSA	1,099	1,141	1,077	1,075	0,928*	1,348	1,061	1,049	1,098	1,044
MLR	1,098	1,125	1,121	1,117	1,144	1,175	1,105	1,142	1,120	1,104
3-YSA	1,614	1,391	1,671	1,605	1,484	1,700	1,221*	1,599	1,595	1,540
MLR	1,711	1,696	1,697	1,731	1,716	1,774	1,719	1,708	1,705	1,723
4-YSA	2,429	2,188	2,237	2,233	2,107	2,087	1,872*	2,354	2,868	2,165
MLR	2,437	2,420	2,552	2,490	2,472	2,426	2,444	2,425	2,422	2,427
5-YSA	1,833	1,700	1,537*	1,675	1,635	1,504	1,654	1,482	1,396	1,603
MLR	1,689	1,730	1,698	1,700	1,701	1,699	1,702	1,707	1,716	1,687
6-YSA	2,331	2,136*	2,204	2,507	2,123	2,174	2,134	2,435	2,033	2,151
MLR	2,462	2,472	2,471	2,421	2,427	2,425	2,422	2,474	2,409	2,540

ÇBI: Çıkarılan bölümün indeksi; RMSE: Ortalama karesel hataların kökü; * İlgili madde için en iyi YSA modeli.

Hipotez-2 için BESTest'in 6 alt testinden her biri çıkarılarak BESTest toplam sonucunu tahmin etmeye yönelik YSA modellemesinin ardından, her bir alt bölümün kendi içindeki alt maddeleri çıkarılarak kendi alt bölüm puan sonuçları tahmin edilmeye çalışılmıştır. Her alt testin kendi içindeki maddeleri için modellenen YSA'da gizli katman sayısı 1'den 10'a kadar çalışılmıştır. BESTest 1. alt testi olan Biyomekanik Kısıtlamalar bölümü dengeyi değerlendiren 5 maddeye sahiptir. Bu bölümün 5 maddesinden her biri çıkarıldığında 1. alt test Biyomekanik Kısıtlamalar toplam puanını tahmin etmeye yönelik YSA modellemesi oluşturulmuştur. Her bir madde çıkarıldığında elde edilen RMSE değerlerine göre en iyi YSA modelleri Tablo 4.3.3'te yer almaktadır. Bu değerler Biyomekanik Kısıtlamalar bölümünün 1. maddesi için YSA: 0,515, MLR: 0,662; 2. maddesi için YSA: 0,530, MLR: 0,687; 3. maddesi için YSA: 0,573, MLR: 0,735; 4. maddesi için YSA: 0,798, MLR: 0,869 ve 5. maddesi için YSA: 1,024, MLR: 1,159'dur.

Tablo 4.3.3 Hipotez 2 için BESTest 1. alt bölümü maddeleri ile 1. alt bölüm toplam puanının tahmin edilmesinden elde edilen RMSE değerleri

ÇBİ	Gizli Katman Elemanlarının Sayısı									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-YSA	0,664	0,654	0,674	0,655	0,515*	0,544	0,474	0,514	0,436	0,678
MLR	0,657	0,657	0,673	0,664	0,662	0,661	0,670	0,657	0,656	0,657
2-YSA	0,654	0,643	0,667	0,530*	0,556	0,564	0,614	0,716	0,487	0,538
MLR	0,687	0,687	0,698	0,687	0,698	0,693	0,695	0,696	0,689	0,722
3-YSA	0,699	0,661	0,618	0,720	0,674	0,606	0,573*	0,740	0,603	0,562
MLR	0,726	0,721	0,719	0,731	0,749	0,719	0,735	0,717	0,718	0,735
4-YSA	0,837	0,859	0,839	0,880	0,798*	0,815	0,837	0,781	0,757	0,883
MLR	0,857	0,859	0,860	0,865	0,869	0,856	0,858	0,857	0,857	0,868
5-YSA	1,123	1,153	1,025	1,024*	1,175	1,227	1,100	1,196	1,030	1,221
MLR	1,136	1,131	1,154	1,159	1,141	1,138	1,152	1,177	1,146	1,133

ÇBİ: Çıkarılan bölümün indeksi; RMSE: Ortalama karesel hataların kökü; * İlgili madde için en iyi YSA modeli.

Dengenin bir başka komponenti olan Stabilité sınırları/Dikeylik'i değerlendiren 7 maddeye sahip BESTest 2. alt testi için maddelerinden her biri çıkarıldığında bu bölümün toplam puanını tahmin etmeye yönelik YSA modellemesi oluşturulmuştur. Bu şekilde elde edilen en iyi YSA modellerinin RMSE değerleri 2. bölümün 1. maddesi için YSA: 0,343, MLR: 0,417; 2. maddesi için YSA: 0,366, MLR: 0,426;3. maddesi için YSA: 0,175, MLR: 0,265;4. maddesi için YSA: 0,120, MLR: 0,164; 5. maddesi için YSA: 0,421, MLR: 0,435; 6. maddesi için YSA: 0,454, MLR: 0,528 ve 7. maddesi için YSA: 0,348, MLR: 0,373'tür (Tablo 4.3.4).

Tablo 4.3.4 Hipotez 2 için BESTest 2. alt bölümü maddeleri ile 2. alt bölüm toplam puanının tahmin edilmesinden elde edilen RMSE değerleri

ÇBİ	Gizli Katman Elemanlarının Sayısı									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-YSA	0,462	0,427	0,420	0,419	0,448	0,395	0,364	0,367	0,343*	0,612
MLR	0,450	0,418	0,421	0,419	0,440	0,430	0,432	0,420	0,417	0,422
2-YSA	0,418	0,436	0,404	0,366*	0,445	0,392	0,452	0,450	0,378	0,357
MLR	0,415	0,435	0,422	0,426	0,426	0,433	0,441	0,426	0,427	0,430
3-YSA	0,285	0,276	0,277	0,287	0,313	0,205	0,175*	0,266	0,299	0,317
MLR	0,283	0,298	0,284	0,680	0,302	0,269	0,265	0,282	0,266	0,296
4-YSA	0,162	0,124	0,130	0,174	0,120*	0,133	0,185	0,134	0,140	0,159
MLR	0,164	0,164	0,163	0,174	0,164	0,165	0,171	0,164	0,163	0,164
5-YSA	0,442	0,452	0,421*	0,480	0,500	0,468	0,432	0,479	0,422	0,427
MLR	0,439	0,454	0,435	0,437	0,441	0,438	0,436	0,441	0,440	0,435
6-YSA	0,518	0,579	0,508	0,454*	0,515	0,539	0,479	0,476	0,454	0,532
MLR	0,519	0,526	0,533	0,528	0,540	0,521	0,530	0,521	0,5190	0,538
7-YSA	0,357	0,348*	0,353	0,398	0,408	0,340	0,397	0,312	0,361	0,334
MLR	0,522	0,373	0,378	0,380	0,385	0,040	0,381	0,377	0,374	0,375

ÇBİ: Çıkarılan bölümün indeksi; RMSE: Ortalama karesel hataların kökü; * İlgili madde için en iyi YSA modeli.

BESTest'in 3. alt testi olan Geçişler/Beklenti bölümü dengeyi bu kapsamda değerlendiren 6 maddeyi içermektedir. Bu alt testin maddelerinden her biri çıkarıldığında bu bölümün toplam puanını tahmin etmeye yönelik YSA modellemesi oluşturularak YSA ve MLR için RMSE değerleri belirlenmiştir. En iyi YSA modellerinin RMSE değerleri 3. bölümünün 1. maddesi için YSA: 0,314, MLR: 0,353; 2. maddesi için YSA: 0,516, MLR: 0,679; 3. maddesi için YSA: 0,692, MLR: 0,901; 4. maddesi için YSA: 0,817, MLR: 0,872; 5. maddesi için YSA: 0,316, MLR: 0,465 ve 6. maddesi için YSA: 0,452, MLR: 0,507'dir (Tablo 4.3.5).

Tablo 4.3.5 Hipotez 2 için BESTest 3. alt bölümü maddeleri ile 3. alt bölüm toplam puanının tahmin edilmesinden elde edilen RMSE değerleri

ÇBİ	Gizli Katman Elemanlarının Sayısı									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-YSA	0,350	0,424	0,378	0,314*	0,383	0,307	0,346	0,303	0,336	0,312
MLR	0,354	0,367	0,355	0,353	0,359	0,360	0,354	0,356	0,356	0,359
2-YSA	0,704	0,621	0,691	0,697	0,630	0,516*	0,596	0,627	0,605	0,527
MLR	0,674	0,683	0,682	0,686	0,681	0,679	0,674	0,707	0,675	0,693
3-YSA	0,940	0,807	0,794	0,893	0,809	0,692*	0,831	0,700	0,682	0,741
MLR	0,900	0,923	0,909	0,924	0,912	0,901	0,898	0,919	0,900	0,895
4-YSA	0,893	0,849	0,873	0,833	0,879	0,817*	1,001	1,157	0,761	0,941
MLR	0,870	0,851	0,893	0,864	0,859	0,872	1,852	0,884	0,896	0,882
5-YSA	0,450	0,415	0,333	0,386	0,362	0,316*	0,423	0,367	0,360	0,402
MLR	0,461	0,465	0,463	0,464	0,473	0,465	0,459	0,458	0,469	0,484
6-YSA	0,497	0,514	0,563	0,452*	0,457	0,534	0,642	0,512	0,406	0,596
MLR	0,503	0,499	0,508	0,507	0,499	0,504	0,517	0,501	0,496	0,502

ÇBİ: Çıkarılan bölümün indeksi; RMSE: Ortalama karesel hataların kökü; * İlgili madde için en iyi YSA modeli.

BESTest'in 4. alt testi olan Reaktif Postüral Cevap bölümü 6 maddeden oluşmaktadır. Bu alt testin maddelerinden her biri çıkarıldığında bu bölümün toplam puanını tahmin etmeye yönelik YSA modellemesi oluşturularak YSA ve MLR için RMSE değerleri belirlenmiştir. En iyi YSA modellerinin RMSE değerleri 4. bölümünün 1. maddesi için YSA: 0,309, MLR: 0,409; 2. maddesi için YSA: 0,335, MLR: 0,451; 3. maddesi için YSA: 0,703, MLR: 0,809; 4. maddesi için YSA: 0,453, MLR: 0,493; 5. maddesi için YSA: 0,503, MLR: 0,544 ve 6. maddesi için YSA: 0,430, MLR: 0,590'dır (Tablo 4.3.6).

Tablo 4.3.6 Hipotez 2 için BESTest 4. alt bölümü maddeleri ile 4. alt bölüm toplam puanının tahmin edilmesinden elde edilen RMSE değerleri

ÇBİ	Gizli Katman Elemanlarının Sayısı									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-YSA	0,399	0,410	0,364	0,363	0,361	0,309*	0,346	0,338	0,305	1,134
MLR	0,399	0,402	0,399	0,400	0,408	0,409	0,398	0,394	0,397	0,410
2-YSA	0,457	0,401	0,373	0,375	0,335*	0,340	0,946	0,478	0,391	0,318
MLR	0,456	0,456	0,462	0,459	0,451	0,450	0,451	0,451	0,457	0,462
3-YSA	0,776	0,760	0,785	0,703*	0,791	0,787	0,808	0,902	0,672	1,257
MLR	0,818	0,805	0,813	0,809	0,821	0,814	0,800	0,826	0,799	0,818
4-YSA	0,496	0,453*	0,509	0,462	0,572	0,530	0,651	0,624	0,460	0,466
MLR	0,492	0,493	0,495	0,494	0,499	0,498	0,498	0,498	0,496	0,504
5-YSA	0,524	0,535	0,550	0,626	0,503*	0,746	0,639	0,356	0,606	0,451
MLR	0,549	0,544	0,553	0,543	0,544	0,544	0,549	0,549	0,560	0,544
6-YSA	0,498	0,446	0,535	0,448	0,430*	0,626	0,399	0,466	0,429	0,407
MLR	0,498	0,491	0,502	0,497	0,490	0,490	0,507	0,498	0,494	0,492

ÇBİ: Çıkarılan bölümün indeksi; RMSE: Ortalama karesel hataların kökü; * İlgili madde için en iyi YSA modeli.

BESTest'in 5. alt testi olan Duyusal Oryantasyon bölümünün 5 maddesinden her biri çıkarıldığında bu bölümün toplam puanını tahmin etmeye yönelik YSA modellemesi oluşturularak YSA ve MLR için RMSE değerleri belirlenmiştir. En iyi YSA modellerinin RMSE değerleri 5. bölümünün 1. maddesi için YSA: 0,000 (1,5382e-12), MLR: 0,116; 2. maddesi için YSA: 0,216, MLR: 0,312; 3. maddesi için YSA: 0,251, MLR: 0,374; 4. maddesi için YSA: 0,574, MLR: 0,593 ve 5. maddesi için YSA: 0,620, MLR: 0,636'dır (Tablo 4.3.7).

Tablo 4.3.7 Hipotez 2 için BESTest 5. alt bölümü maddeleri ile 5. alt bölüm toplam puanının tahmin edilmesinden elde edilen RMSE değerleri

ÇBİ	Gizli Katman Elemanlarının Sayısı									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-YSA	0,123	0,123	0,007	0,123	0,000**	0,000	0,166	0,045	0,100	0,208
MLR	0,123	0,123	0,116	0,123	0,116	0,116	0,118	0,118	0,123	0,123
2-YSA	0,312	0,297	0,257	0,321	0,216*	0,471	0,267	0,318	0,236	0,273
MLR	0,311	0,309	0,309	0,313	0,312	0,509	0,374	0,312	0,317	0,311
3-YSA	0,341	0,337	0,492	0,333	0,484	0,251*	0,311	0,350	0,301	0,414
MLR	0,375	0,371	0,418	0,374	0,376	0,374	0,394	0,377	0,374	0,379
4-YSA	0,616	0,785	0,597	0,574*	0,646	0,889	0,622	0,673	0,575	0,666
MLR	0,671	0,618	0,596	0,593	0,595	0,599	0,593	0,594	0,595	0,593
5-YSA	0,640	0,680	0,620*	0,717	0,626	0,634	0,802	0,648	0,660	0,780
MLR	0,640	0,660	0,636	0,636	0,640	0,635	0,640	0,636	0,638	0,638

ÇBİ: Çıkarılan bölümün indeksi; RMSE: Ortalama karesel hataların kökü; * İlgili madde için en iyi YSA modeli; **RMSE-YSA: 1,5382e-12.

BESTest'in son alt testi Yürüme Stabilesi bölümü 7 maddeden oluşmaktadır. Bu maddelerden her biri çıkarıldığında bu bölümün toplam puanını tahmin etmeye yönelik YSA modellemesi oluşturulmuştur. YSA ve MLR için modelleme sonucunda bulunan RMSE değerleri Tablo 4.3.8'de gösterilmiştir. En iyi YSA modellerinin RMSE değerleri 6. bölümünün 1. maddesi için YSA: 0,384, MLR: 0,508; 2. maddesi için YSA: 0,458, MLR: 0,663; 3. maddesi için YSA: 0,567, MLR: 0,713; 4. maddesi için YSA: 0,633, MLR: 0,832; 5. maddesi için YSA: 0,678, MLR: 0,802; 6. maddesi için YSA: 0,435, MLR: 0,688 ve 7. maddesi için YSA: 0,744, MLR: 0,808'dir.

Tablo 4.3.8 Hipotez 2 için BESTest 6. alt bölümü maddeleri ile 6. alt bölüm toplam puanının tahmin edilmesinden elde edilen RMSE değerleri

ÇBİ	Gizli Katman Elemanlarının Sayısı									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-YSA	0,463	0,454	0,433	0,384*	0,419	0,475	0,475	0,394	0,520	0,440
MLR	0,503	0,517	0,506	0,508	0,526	0,499	0,499	0,505	0,528	0,510
2-YSA	0,585	0,536	0,458*	0,552	0,549	0,824	0,555	0,517	0,659	0,601
MLR	0,661	0,656	0,663	0,660	0,712	0,672	0,675	0,651	0,659	0,674
3-YSA	0,733	0,717	0,567*	0,625	0,580	0,684	0,882	0,653	0,726	0,506
MLR	0,718	0,736	0,713	0,724	0,723	0,748	0,722	0,767	0,716	0,716
4-YSA	0,831	0,807	0,633*	0,856	0,794	0,697	1,061	0,855	0,685	0,887
MLR	0,822	0,826	0,832	0,840	0,823	0,866	0,822	0,837	0,850	0,845
5-YSA	0,740	0,752	0,724	0,691	0,678*	0,768	0,656	0,749	0,642	0,852
MLR	0,802	0,799	0,813	0,791	0,802	0,788	0,797	0,809	0,794	0,786
6-YSA	0,642	0,645	0,527	0,435*	0,718	0,606	0,626	0,577	0,860	0,582
MLR	0,685	0,686	0,694	0,688	0,682	0,701	0,689	0,686	0,684	0,679
7-YSA	0,818	0,818	0,744*	0,828	0,734	0,870	0,666	0,842	0,871	0,617
MLR	0,817	0,811	0,808	0,829	0,844	0,816	0,821	0,837	0,823	0,809

ÇBİ: Çıkarılan bölümün indeksi; RMSE: Ortalama karesel hataların kökü; * İlgili madde için en iyi YSA modeli.

5. TARTIŞMA

Bu çalışma hemiparetik bireylerden elde edilen BESTest manuel test sonuçları ile yapay sinir ağıları modeliyle elde edilen prediktif sonuçları karşılaştırmak ve BESTest alt gruplarından yapay sinir ağıları ile elde edilen prediktif sonuçları belirlemede dengeyi değerlendirmede en iyi katkısı olan alt grup testleri belirlemek amacıyla planlanmıştır.

Hemiparetik hastalarda farklı denge problemlerinin ayırt edilmesinde BESTest kullanılarak YSA ile yapılan modellemenin klinikte kullanım açısından hem fizyoterapistlere hem de hemiparetik hastalara kolaylık ve zamandan tasarruf sağlamaktadır. Bu yüzden, YSA modellemesinin fizyoterapi ve rehabilitasyon uygulamalarının her alanında bozuklukların belirlenmesi, buna yönelik olarak tanının konulması, tanıya uygun rehabilitasyon programının belirlenmesi, YSA ile elde edilen prediktif sonuçlarla tedavinin yönlendirilmesi ve tedavi sonunda ulaşabileceğimiz maksimum hedefi belirlemek açısından kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.

Çalışmaya katılan bireylerin dahil edilme kriterlerine uygun olup olmadıklarının belirlenmesi için Hodkinson Mental Test uygulanmıştır. YSA modellemesinde eğitim amaçlı kullanılacak veriler için ise fonksiyonel öne uzanma testi, tek ayak üstünde durma testi, 6 m. yürüme testi ve zamanlı kalk yürü testi yapılmıştır.

Nörolojik hastalarda denge değerlendirmesinde kullanılan birçok farklı fonksiyonel test bulunmaktadır. Fonksiyonel öne uzanma testi klinikte yaygın kullanılan, uygulanması kolay, fazla zaman almayan, dinamik denge testlerinden biridir. Bu test ilk başta yaşlılar için geliştirilmiş olsa da sonrasında inme de dahil birçok nörolojik hastalıkta kullanılmıştır (Tyson ve Connell 2009).

Yapılan bir çalışmada, inme sonrası hastalarda düşme riskinin belirlenmesinde fonksiyonel uzanma testi kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, bir kez düşmüş hastaların fonksiyonel uzanma testinde uzanma mesafelerinin ($20,7\pm 12,8$ cm) birden fazla kez düşen hastaların öne uzanma mesafelerinden ($16,8\pm 9,3$ cm) daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Ashburn vd. 2008). İnme sonrası hemiparetiklerde denge düzeylerinin incelendiği bir başka çalışmada ise, fonksiyonel uzanma testi ortalama puanının $19,7\pm 6,8$ cm olduğu bulunmuştur (Rand 2018). Başlangıçta geriatric bireylerde denge düzeylerinin belirlenmesi amacıyla geliştirilmiş olan fonksiyonel uzanma testinin hemiparetik bireylerde güvenilirliğinin araştırıldığı bir çalışmada ise,

hemiparetik bireyler için testin ortalama puanının $17,70 \pm 0,31$ cm olduğu bulunmuştur. Bu çalışmada aynı zamanda hemiparetik bireylerin antropometrik özelliklerinden dolayı test sonuçlarının etkilenip etkilenmediği de incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda, hemiparetik bireyler için fonksiyonel uzanma testinin güvenilir bir test olduğu ve antropometrik özelliklerden etkilenmediği görülmüştür (Martins vd. 2012).

Çalışmamızdan elde ettiğimiz fonksiyonel uzanma testi sonuçlarının ($27,14 \pm 7,15$ cm) literatürdeki çalışmalarla karşılaştırdığımızda çalışmamıza katılan hemiparetik bireylerin fonksiyonel uzanma testinde daha başarılı oldukları görülmektedir. Bu sonucun değerlendirmeye aldığımız hastaların dahil edilme kriterlerine göre fonksiyonel ambulasyon düzeyi orta ve iyi düzeyde olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Klinikte sık kullanılan bir diğer test ise, tek ayak üstünde durma testidir. Fonksiyonel öne uzanma testindeki gibi daha çok yaşlılarda kullanılsa da nörolojik hastalarda kullanımı da oldukça yaygın olan statik bir denge testidir. Yapılan bir çalışmada, birçok farklı statik ve dinamik denge testini içeren Berg Denge Skalası'nın bir parçası olarak da kullanılan bu testin inme hastalarında da iyi bir korelasyona sahip olduğu bildirilmiştir. Uygulaması Berg Denge Skalası'ndan daha az zaman alan bir test olmakla birlikte, bir müdahale sonrası değişiklikleri ölçmede Berg Denge Skalası'nın tek ayak üstünde durma testinden daha hassas bir ölçüm yöntemi olduğu bulunmuştur (Flansbjer vd. 2012). Aynı çalışmada hemiparetik bireylerin etkilenen ve etkilenmeyen alt ekstremiteleri üzerinde durma süreleri incelenmiştir. Hemiparetik bireyler etkilenen alt ekstremiteleri üzerinde $(6,6 \pm 6,0$ sn) etkilenmeyen ekstremitelerinden $(10,6 \pm 5,0$ sn) daha kısa süre durabilmişlerdir. Test kriterlerine göre tek ayak üzerinde süresinin 30 sn ve üzeri olması gerektiği düşünülürse (Springer vd. 2007), hemiparetik bireylerin hem etkilenen hem de etkilenmeyen alt ekstremiteleri üzerinde durma süreleri yetersizdir (Flansbjer vd. 2012)

Inme sonrası paretik alt ekstremiteye ağırlık aktarma ve paretik ekstremitenin tek ayak üzerinde durma süreleri arasındaki ilişkinin incelendiği bir çalışmada, hemiparetik bireyler güvenli bir şekilde bağımsız ambule olup olmadıklarına göre 2 gruba ayrılmışlardır. Bağımsız mobil olan grup ile yürüme esnasında kendine yardım aletine, bir kişinin fiziksel desteğine ya da gözlemine ihtiyaç duyan bağımlı grubun tek ayak üzerinde durma süreleri karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada, bağımsız grubun paretik ekstremitte üzerinde durma süresi $18,2 \pm 25,7$ sn, nonparetik ekstremitte üzerinde durma süresi ise $27,6 \pm 27,0$ sn olarak bulunmuştur. Bu testler bağımlı grup için tekrarlandığında, paretik ekstremitte üzerinde durma süresinin $0,2 \pm 0,6$ sn olduğu, nonparetik ekstremitte üzerinde durma süresinin $4,6 \pm 7,9$ sn olduğu görülmüştür. Çalışmanın sonucunda mobilite açısından bağımsız ve bağımlı grup arasında anlamlı

bir ilişki olduğu görülmüştür (Akezaki vd. 2010). Çalışma sonuçları incelendiğinde, hemiparetik olan ve olmayan her iki alt ekstremitenin de tek ayak üzerinde durma becerilerinin inme nedeniyle olumsuz yönde etkilendiği görülmektedir.

Hemiparetik bireylerin tek ayak üzerinde durma süreleri çalışmamızda da incelenmiştir. Sonuçlarımız da literatürdeki sonuçlara paralel olacak şekilde, inmenin hemiparetik bireylerin her iki alt ekstremitelerinin tek ayak üzerinde durma sürelerini olumsuz yönde etkilediğini göstermektedir. Çalışmamızın sonuçlarına göre, ortalama tek ayak üzerinde durma süresi sağ alt ekstremitte için $12,01 \pm 11,00$ sn, sol alt ekstremitte için $11,32 \pm 12,65$ sn'dir.

Yürüme İşlevsellik, Yetiyitimi ve Sağlığın Uluslararası Sınıflandırması'nın biyopsikososyal modelde yer alan aktiviteler ve katılım parametresinin en büyük ve önemli parçalarından biridir. 10 metre yürüme testi literatürde inmeli hastaların denge değerlendirmesinde çok sık kullanılmaktadır; ancak testin yapılabilmesi için yeterli alan bulunmasıyla ilgili problemler ve testin hastalar için yorucu olabilmesi önemli dezavantajlarındandır. Bu sebeple, birçok fizyoterapist daha kısa mesafede yapılan yürüme testlerini kullanmaktadır. Literatürde 6 metre yürüme testinin özellikle klinikte yer sıkıntısı yaşayan profesyoneller için inme sonrası yürüme sırasındaki dengenin değerlendirilmesinde geçerli ve güvenilir bir test olduğu vurgulanmaktadır (Lam vd. 2010).

Sağlıklı bireylerde, yaşlılarda, spinal kord yaralanmalı, inme geçirmiş, kanserli, Multiple Sklerozis'li hastalarda ya da kardiovasküler ve ortopedik problemlerde 6 metre yürüme testinin kullanıldığını gösteren birçok çalışma bulunmaktadır (Graham vd. 2008). İnmeli hastalarda yapılan bir çalışmada 6 metre yürüme testi ortalama süresinin $27,8 \pm 17,4$ sn olduğu bulunmuştur (Lam vd. 2010). Torakal seviye tam kesisi olan spinal kord yaralanmalı çocuklarda yapılan bir başka çalışmada ortezle beraber çocukların mobiliteleri test edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, bu bireylerin 6 metre yürüme test sonucu $71,1 \pm 94,3$ sn olarak bulunmuştur (Bonaroti vd. 1999). 6 metre yürüme testi kullanılarak Multiple Sklerozis'li bireylerde dinamik dengenin değerlendirildiği bir diğer çalışmada ise, bu bireylerin test süresinin ortalamasının $7,86$ sn olduğu tespit edilmiştir (McConvey ve Bennett 2005).

Çalışmamıza dahil edilen inmeli hastaların 6 metre yürüme testi ortalama süresi $12,13 \pm 9,66$ sn'dir. Çalışmaya dahil ettiğimiz inmeli hastaların 6 metre test sonuçlarının literatürdeki inmeli hastalardan daha iyi olduğu görülmüştür. Test sonuçlarımız literatürdeki spinal kord yaralanmalı çocukların sonuçlarından daha iyi olmakla birlikte, Multiple Sklerozis'li hastaların sonuçlarından daha kötüdür.

Zamanlı kalk yürü testi, inmeli bireylerin denge değerlendirmesinde uygulayıcılar arası güvenilirliği yüksek olan, yürüme fonksiyonunun ele alındığı bir diğer dinamik denge testidir. Inmeli hastalarda denge düzeylerinin incelendiği bir çalışmada inmeli bireylerin zamanlı kalk yürü testi sürelerinin ortalamasının $29,0 \pm 18,6$ sn olduğu bulunmuştur (Hiengkaew vd. 2012).

Kronik inmeli hastalarda zamanlı kalk yürü testinin güvenilirliğinin araştırıldığı ve alt ekstremitte bozuklukları ile lokomotor kapasiteleri arasındaki ilişkinin incelendiği bir çalışmaya yaş ortalaması $61,1 \pm 6,8$ yıl olan 11 hemiparetik birey dahil edilmiştir. Hemiparetik bireylerin zamanlı kalk yürü test sonucu ortalamasının $22,6 \pm 8,6$ sn olduğu bulunmuştur. Çalışmanın sonucunda, zamanlı kalk yürü testinin kronik inmeli bireylerin denge değerlendirmesinde güvenilir olduğu ve inmeli bireyleri sağlıklı yaşlı bireylerden ayırt etmede başarılı olduğu belirtilmiştir (Ng ve Hui-Chan 2005).

Inmeli hastalarda zamanlı kalk yürü testinde dönüş yönünün etkisinin incelendiği bir çalışmaya inmeli hastalar ve sağlıklı bireylerden oluşan kontrol grubu dahil edilmiştir. Katılımcılara her iki taraftan dönüşle zamanlı kalk yürü testi uygulanmasının yanında, yürüme hızı, denge ve düşme korkusu da değerlendirilmiştir. Çalışmada inmeli bireylerden tercih ettikleri taraftan dönerek testi tamamlamaları istendiğinde testi $28,96 \pm 19,87$ sn'de, tercih etmedikleri taraftan dönmeleri istendiğinde ise, $25,85 \pm 20,47$ sn'de tamamlayabilmişlerdir. Kontrol grubu her iki testi de daha hızlı tamamlayabilmıştır (sırasıyla $9,37 \pm 1,99$ sn ve $9,03 \pm 1,86$ sn). Inmeli hastalardan paretik taraflarından dönerek zamanlı kalk yürü testini uygulamaları istendiğinde, $28,50 \pm 19,33$ sn'de, nonparetik taraftan dönerek tamamlamaları istendiğinde ise, $28,31 \pm 21,00$ sn'de testi bitirmişlerdir. Kontrol grubu, inmeli hastaların paretik ve nonparetik vücut yarısıyla eşleştirilmiş taraflarıyla dönerek zamanlı kalk yürü testini uyguladığında sırasıyla, $9,19 \pm 1,89$ sn ve $9,21 \pm 1,98$ sn'de testi tamamlamıştır. Sonuçlar inmeli hastaların her iki taraftan dönerek uyguladıkları zamanlı kalk yürü testinde kontrol grubundan daha yavaş olduklarını göstermektedir. Bununla birlikte, hasta ve kontrol gruplarında paretik ve nonparetik ya da eşleştirilmiş taraftan dönüş performanslarının benzer olduğu görülmektedir. Ayrıca inmeli hastalarda 2 farklı zamanlı kalk yürü testi arasındaki mutlak fark, kontrol grubundan daha yüksektir ve bu farkın yürüme hızı, denge ve düşme korkusu ile anlamlı düzeyde ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Düşme korkusunun regresyon modelinde tutulan tek değişken olduğu ve inmeli bireylerde 2 farklı zamanlı kalk yürü testi arasındaki büyük farklılıkların, hemiparetik taraftan değil, düşme korkusundan kaynaklandığı görülmüştür (Danielli Coelho de Moraes Faria vd. 2009).

Çalışmamıza dahil edilen inmeli bireylerin ($18,11 \pm 12,77$ sn) zamanlı kalk yürü testini literatürdeki çalışmalara dahil edilmiş olan hemiparetik bireylerden daha hızlı tamamladıkları görülmektedir.

Dengenin farklı komponentlerinin değerlendirilmesinde kullanılan çok farklı denge testleri olsa da tüm denge sistemlerini değerlendiren ve denge problemlerini ayırtırmayı sağlayan BESTest gibi çok az sayıda değerlendirme aracı bulunmaktadır.

Rodrigues vd. (2014) yaptıkları bir çalışmada BESTest'in ve BESTest bölümlerinin hemiparetik bireyler için güvenilirliği araştırılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, BESTest toplam puanı ve BESTest alt testlerinin iç güvenilirliği mükemmel olarak bulunmuştur. Ayrıca değerlendiriciler arası güvenilirliği BESTest toplam puanı için mükemmel, BESTest alt testleri için mükemmel-orta düzey arasındadır. Çalışmanın sonuçlarında BESTest'in inme sonrası hastalarda etkilenen denge sistemlerini belirleyebilecek bir denge testi olduğu vurgulanmıştır. Bunların yanında, testin diğer psikometrik özelliklerinin daha fazla araştırılması gerektiği belirtilmiştir (Rodrigues vd. 2014).

Subakut dönem inmeli hastalarda BESTest'in geçerliliği ve güvenilirliğinin araştırıldığı bir çalışmada, 70 inme geçirmiş hasta Fugl-Meyer Değerlendirmesi'nin motor alt skalasına göre düşük ve yüksek fonksiyonel beceri grubu olmak üzere ikiye ayrılmışlardır. Fonksiyonel beceri düzeyi düşük olan grupta BESTest yüzdelik toplam puanı ortalaması $23,89 \pm 18,44$, yüksek olan grupta ise $59,52 \pm 24,82$ olarak bulunmuştur. Çalışmaya dahil edilen bütün hastalar ele alındığında, bu hastaların BESTest yüzdelik puanı ortalamasının $41,70 \pm 28,19$ olduğu görülmüştür. İnmeli hastalarda düşük ve yüksek fonksiyonel beceri için kesme değeri BESTest toplam yüzdelik puanı için %49'un üzerinde olması şeklinde tanımlanmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, BESTest'in bütün fonksiyonel özür seviyelerindeki subakut dönemdeki inmeli hastalar için güvenilir, geçerli, hassas ve özgün bir denge değerlendirme olduğu tespit edilmiştir. Çalışmanın en önemli kısıtlılığı ise, elde edilen sonuçların kronik inmeli hastalar için genelleme yapılamamasıdır (Chinsongkram vd. 2014).

Rehabilitasyon programına dahil edilen subakut dönemdeki inmeli hastalarda tedaviye bağlı değişiklikleri belirlemede BESTest'in cevap verme yeteneğinin değerlendirildiği bir çalışmada hastaların rehabilitasyon öncesi ve sonrasında aldıkları puanlar diğer klinik denge testleriyle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada kullanılan testler BESTest, Mini BESTest, Berg Denge Skalası, İnmeli Hastalar için Postural Değerlendirme Skalası ve Toplum Denge ve Mobilite Skalası kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, rehabilitasyon programına dahil edilen hastalarda tedavi ile oluşan dengedeki değişimleri tespit etmede BESTest'in uygulanan testler arasında en hassas ölçüm aracı olduğu bulunmuştur. Ayrıca BESTest'in taban, tavan ve duyarlı tavan etkilerine sahip olmadığı görülmüştür. Çalışmanın sonuçları, BESTest puanındaki en

az %10'luk değişimin denge performansında değişikliğe işaret ettiğini göstermiştir (Chinsongkram vd. 2016).

BESTest inme dışında Parkinson Hastalığı, Multiple Sklerozis gibi nörolojik hastalıklarda da sıklıkla kullanılmıştır. BESTest ile Multiple Sklerozis'li hastalarda denge problemlerini tanımlamak amacıyla yapılan bir çalışmada, Multiple Sklerozis'li hastaların olduğu bir hasta grubu ile, sağlıklı bireylerden oluşan bir kontrol grubu oluşturulmuştur. Bu bireylere uygulanan BESTest'in yanında, hastalar kuvvet plakaları ve hareket analizi laboratuvarında da değerlendirilmişlerdir. Multiple Sklerozis'li hastalar BESTest toplam puanında ve biyomekanik kısıtlamalar, stabilite sınırları/dikeylik, geçişler/beklenti, yürüme alt testlerinden kontrol grubundan daha düşük puanlar almışlardır. BESTest sonuçlarının adım almayı başlatma süresince adım hızının ve hem uzanma hem de postural cevap görevleri sırasında ağırlık merkezinin yer değiştirmesinin objektif laboratuvar ölçümleriyle anlamlı düzeyde ilişkili olduğu görülmüştür. Bunların yanı sıra, BESTest toplam puanının düşen ve düşmeyenleri ayırt etmede %92 kesinliğe sahip olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak, BESTest'in Multiple Sklerozis'li hastalarda denge değerlendirmesi için geçerli bir klinik test olduğu belirtilmiştir (Jacobs ve Kasser 2012).

Yapılan bir başka çalışmada ise, Parkinson Hastalığı olan bireylerde BESTest'in düşen ve düşmeyen hastaları ayırt etmede güvenilir, geçerli hassas ve özgün olup olmadığını araştırılmıştır. Karşılaştırma yapmak amacıyla hastalar Berg Denge Skalası ve Fonksiyonel Yürüme Değerlendirmesi ile de değerlendirilmişlerdir. Parkinson Hastalığı olan bireylerde düşen ve düşmeyen bireyleri ayırt etmede BESTest toplam yüzdellik puanı kesme değerleri %69 olarak bulunmuştur. Çalışmanın sonucunda, BESTest'in Parkinson hastalarında denge değerlendirilmesinde geçerli ve güvenilir bir araç olduğu görülmüştür. Berg Denge Skalası, Fonksiyonel Yürüme Değerlendirmesi ve BESTest arasından düşme riskini tanımlamada en hassas olan ölçek BESTest'tir (Leddy vd. 2011).

BESTest'in özellikle serebral lezyonu olan bireylerde geçerliliğinin olması, yeniden değerlendirme ve değerlendiriciler arası güvenilirliğinin yüksek olmasının yanında, uygulanması oldukça uzun sürmekte ve değerlendirilen kişi için yorucu olabilmektedir. Bu yüzden, BESTest'in uygulanmasının klinikte daha pratik hale gelmesi için Mini BESTest ve Kısa BESTest gibi ölçekte modifikasyonlara ihtiyaç duyulmuştur (Franchignoni vd. 2010, Padgett vd. 2012).

Yapılan alışmalarda Mini BESTest'in BESTest ile teorik olarak uyumsuz olduğu görülmüştür. Bu sebeple, alternatif olarak BESTest'in bir kısa formunun hazırlanması planlanmıştır. Çalışmaya nörolojik bir hastalığı olan ya da olmayan toplam 20 birey dahil edilmiştir. En yüksek madde-bölüm ilişkisi olan test maddeleri tespit edilerek Kısa

BESTest tanımlanmıştır. Nörolojik hastalığı olan ya da olmayan bireyleri belirlemek için BESTest, Mini BESTest ve yeni Kısa BESTest'in geçerliliği karşılaştırılmıştır. Kalça abduksiyon kuvveti, fonksiyonel öne uzanma, tek ayak üstünde durma, sağa ve sola kompensatuar adım alma, köpük yüzeyde gözler kapalı durma ve zamanlı kalk yürü testi Kısa BESTest'i oluşturmuştur. Çalışmanın ön sonuçlarına göre, Kısa BESTest'in Mini BESTest'le karşılaştırıldığında, güvenilir olduğu görülmüştür. Hassasiyeti Mini BESTest'e göre daha yüksek bulunmuştur. Testlerin düşen ve düşmeyen bireyleri ayırt etmedeki hassasiyetlerine bakıldığında, BESTest'in %86, Mini BESTest'in %71 ve Kısa BESTest'in %100 olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, Kısa BESTest Mini BESTest'teki madde sayısının yarısını içermektedir. Aynı zamanda orijinal BESTest'in bütün teorik olarak geliştirilmiş bölümlerini de yansıtmaktadır (Padgett vd. 2012).

Çalışmamıza dahil edilen hemiparetik bireylerin BESTest alt bölümlerinden Biyomekanik Kısıtlamalar, Stabilite Sınırları/Dikeylik, Geçişler/Beklenti, Reaktif Postüral Cevap, Duyusal Oryantasyon ve Yürüme Stabilesi alt testlerinin ortalama puanları sırasıyla $8,05 \pm 2,97$, $16,94 \pm 1,80$, $11,68 \pm 3,47$, $8,59 \pm 3,96$, $13,35 \pm 2,33$ ve $13,25 \pm 5,41$ 'dir. BESTest toplam puanı ortalaması $71,85 \pm 16,69$ (toplam yüzdelik puanı: %66,53) olarak bulunmuştur. Chinsongkram vd. (2014) çalışmaları sonucunda inmeli hastalarda BESTest toplam yüzdelik puanının %49'un üzerinde olması gerektiğini vurgulamışlardır (Chinsongkram vd. 2014). Bizim çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlarda inmeli hastalarda BESTest toplam yüzdelik puanı %66,53 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar Chinsongkram vd. (2014) sonuçlarıyla paralellik göstermektedir.

Hastalarımızın BESTest'in alt gruplarından Biyomekanik Kısıtlamalar ve Reaktif Postüral Cevap bölümlerinde en düşük puanları aldıkları görülmüştür. Bu durumun nedeninin ise, hastalarımızda postüral cevapların henüz tam anlamıyla gelişmemiş olmasından kaynaklandığını düşünüyoruz. Çünkü bu testleri incelediğimizde, testler dengein sürdürülmesinde önemli olan otomatik postüral cevapları değerlendirmektedir. Hemiparetik hastaların bir çoğunda otomatik postüral cevapların oluşturulamadığı ve bu yüzden denge problemlerinin uzun süre devam ettiği görülmüştür. Bu postüral cevaplarla ilgili problemlerin ortadan kaldırılması için hastaların rehabilitasyon programlarına dengein bu parametrelerine yönelik eğitimin göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Klinikte yapılan uygulamaların daha kolay, düşük maliyetle yapılabilmesi için ve kayıt altında tutulan verilerde eksiklikler olduğunda da çalışabilen, örnek verilerden model oluşturarak görülmemiş örnekler ile ilgili bilgi üretebilen, sınıflandırma yapıp, kendi kendini organize eden sistemlere ihtiyaç duyulmuştur (Anderson 1997). Bu amaçla insan beyninin özelliklerinden yola çıkılarak Yapay Sinir Ağları (YSA) denilen

bilgisayar sistemlerinin son 15 yılda rehabilitasyon alanında da kullanımı giderek artmaktadır (Carter 2007).

Literatürde YSA'nın nörolojik rehabilitasyon alanında tanı ve sonuçları tahmin etme (Hahn vd. 2005, Krafczyk vd. 2006, Güler vd. 2009, Rughani vd. 2010, Joo vd. 2014, Demir vd. 2016), sınıflandırma (Kaczmarczyk vd. 2009, Badura 2015), akıllı sistemlerin tasarımı (Wit ve Czaplicki 2008, Geman vd. 2015) gibi amaçlarla kullanıldığı görülmektedir.

Yapılan bir çalışmada, YSA'nın travmatik beyin yaralanması (TBY) sonrası sağ kalımı tahmin etmede kullanılabilirliğini göstermek ve YSA'nın tahmin etme yeteneğini regresyon modelleri ve klinisyenlerin kendilerinin elde ettikleri sonuçlar ile karşılaştırmak amaçlanmıştır. YSA modeli 11 klinik girdi ve tek bir çıktıdan üretilmiştir. Ulusal Travma Veritabanı'nın bir alt seti kullanılarak bu 11 klinik girdi ile TBY sonrası sonuçları tahmin edecek modelleme oluşturulmuştur. YSA, daha önce görmediği 100 hastadan alınan gerçek veriler ile test edilmiştir. Aynı eğitim ve test verileri kullanılarak 2 regresyon modeli geliştirilmiştir. Son olarak, aynı 100 hastadan alınan veri setini kullanarak, aynı 11 veri puanıyla 5 nöroşirurji asistan doktoru ve 4 nöroşirurji uzman doktoru TBY sonrası hastaların sağ kalımını tahmin etmeye çalışmışlardır. YSA kesinlik, hassasiyet, özgünlük ve seçicilik ile ilişkili olarak klinisyenlerin sonuçları ve regresyon modelleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre sonuçları tahmin etmede YSA'nın regresyon modellerinden daha kesin, daha hassas ve daha seçici olduğu bulunmuştur. Ayrıca YSA'nın bu konuda regresyon modelleri kadar özgün olduğu da belirtilmiştir. Nöroşirurji asistanları ve uzman doktorlarının sağ kalım sonuçları ile YSA modellemesinin prediktif sonuçları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Çalışmanın sonucunda kısıtlı klinik veri ile çalışıldığında dahi, YSA'nın regresyon modellerinden ve klinisyenlerden anlamlı bir şekilde daha iyi olduğu bulunmuştur. YSA'nın klinik karar vermede kullanışlı bir araç olarak kullanılabileceği belirtilmiştir. Daha karmaşık klinik vakalarla ve daha farklı ölçümler dahil edilerek YSA modellemesinin TBY sonrası sağ kalım tahmini için çok daha iyi bir klinik karar verme aracı olabileceği düşünülmektedir (Rughani vd. 2010).

Kaczmarczyk vd. (2009) inme sonrası hastalarda yürüme paternlerini sınıflandırmak için 3 farklı metodu test etmek amacıyla yaptıkları çalışmada, kümeleme analizi, diskriminant fonksiyon analizi ve YSA'nın performansları karşılaştırılmıştır. 74 hemiplejik hastanın katıldığı çalışmada, bir nörolog ve bir fizyoterapist hastaları nöroloji bölümüne başvurduktan sonra ve 3 boyutlu yürüme analizi yapmadan önce değerlendirmişlerdir. 3 boyutlu yürüme analizinde hemiplejik hastalar önce kameralar yardımıyla nitel olarak değerlendirilmiştir. Ardından 2 değerli bir skala oluşturulmuştur ve bu video kayıtları incelenerek oluşturulan skala ile nicel olarak değerlendirilmiştir.

Çalışmanın sonucunda nitel test sonuçlarının ortalama %85 başarı oranıyla hemiplejik hastalarda yürüme paternlerini sınıflandırdığı görülmüştür. Değerlendirilen parametreler içerisinde en düşük başarı oranının %50 olduğu bulunmuştur. En iyi sınıflandırma sonuçlarının YSA'ları kullanılarak elde edilen yürüme döngüsündeki alt ekstremite eklem açısı değişiklikleri ile ilgili sonuçlar olduğu görülmüştür. YSA için sınıflandırma başarı oranlarının %86 ile %100 arasında değiştiği bildirilmiştir. Sonuç olarak, YSA'nın hedeflenen tedavinin geliştirilmesinde klinisyenlere yardımcı olabileceğini düşünmüşlerdir (Kaczmarczyk vd. 2009).

Bu alanda Türkiye'de yapılan bir çalışmada ise, nörolojik rehabilitasyon alanında kullanımının giderek arttığı terapatik robotları nörolojik hastalarda kullanan fizyoterapistlerin karşılaştığı direncin tahmin edilmesi için YSA modellemesi kullanılmıştır. Robotların kullanımı sırasında fizyoterapist ile hastanın ekstremitesi arasındaki temas nedeniyle özellikle nörolojik hastalarda görülen kas kuvvetsizliği, spastisite, kas kontrolünün kaybı gibi mekanik direnç parametrelerinin saptanması ve robotun bu parametrelere göre hareket ettiğinden emin olunması büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle bu direnç parametreleri YSA ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada gerçek vakalardan alınan veriler YSA'nın eğitimi için kullanılmıştır. YSA'ya daha önce gösterilmiş verilerden değil, henüz gösterilmemiş örnekler üzerinden başarı elde edilmiştir. Ardından, elde edilen çıktı, belirlenen amaç doğrultusunda daha iyi öğrenilmesi için tekrar ağa yönlendirilmiştir. Sonuç olarak, tasarlanan YSA modeli fizyoterapist hareketlerini taklit etmek için gerekli direnç parametre değerlerini oluşturabilmiştir (Demir vd. 2016).

Literatürde YSA'nın nörolojik rehabilitasyon alanında kullanımının yanı sıra, denge problemleri ile ilgili olarak kullanımını içeren birçok çalışma olduğu görülmektedir (Hahn vd. 2005, Krafczyk vd. 2006, Brandt vd. 2012, Badura 2015, Geman vd. 2015). Bu alanda yapılan çalışmaların denge probleminin belirlenmesi, düşme riskinin tahmin edilmesi ve dengenin sınıflandırılması gibi konular üzerinde olduğu görülmektedir. Karmaşık bir yapıya sahip olan denge ile ilgili çalışmalarda YSA'nın etkili bir yöntem olduğu görülmektedir. Bu sebeple, farklı faktörlerin analizlere dahil edilmesiyle denge ile ilgili daha kapsamlı çalışmaların yapılabileceği düşünülmektedir ve konunun literatürde gelişmeye açık ve araştırma potansiyeli yüksek bir alan olduğu belirtilmiştir. Denge problemlerinin tespit edilmesi ve sınıflandırılmasında YSA'nın kullanımı klinisyenlere büyük bir kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca travmatik düşmelerin önlenmesinde kişisel ve çevresel faktörlerin yeniden düzenlenmesi, ev düzenlemeleri, kişisel alışkanlıkların eğitimi ve denge eğitimi gibi uygun müdahalelerin belirlenmesinde YSA büyük bir önem taşımaktadır (Begg ve Palaniswami 2006).

Yaşlı bireylerde yürüme sırasında denge kontrolünün tahmin edilmesi için yapılan bir çalışmaya farklı denge problemleri olan 40 birey katılmıştır. Çalışmada katılımcıların vücut kitle merkezinin frontal düzlemdeki hareketini belirlemek amaçlanmıştır. Farklı segmentlerden alınan antropometrik ölçümlerin yanı sıra, zamansal-mesafe ölçümü ve elektromiyografi (EMG) ölçümü de yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda, oluşturulan YSA modelinin, hareket sırasında denge kontrolünün tahmin edilmesinde etkili bir haritalama aracı olduğu görülmüştür. EMG ile beraber kullanımının klinik senaryolarda yararlı olabileceği düşünülmektedir (Hahn vd. 2005).

Krafczyk vd. (2006) dengeyi farklı koşullarda değerlendiren bilgisayarlı dinamik postürografiye YSA ile geliştirmişlerdir. Yapay Sinir Ağı Postürografisi (YSAP) farklı nörolojik hastalıklarda kullanılarak denge bozukluklarının tanımlanmasında doğruluğu arttırmak amaçlanmıştır (Krafczyk vd. 2006). YSAP'ta bir değerlendirmede 160 veri elde edilmektedir. Bu verilerden eğitim, geçerlilik ve test için ayrılmış vaka verileri kullanılmaktadır. Bir kez tasarlanıp test edildikten sonra, önceden elde edilen klinik bir değerlendirme olmadan da özel bir tanıyı tahmin etmek için kullanılabilir. Yapılan bir çalışmada YSAP'ın vestibüler nörit ve fobik postüral vertigoyu ayırt etmede hassasiyeti ve kesinliği yüksek bir araç olduğu bildirilmiştir (Brandt vd. 2012).

Badura (2015) yaptığı çalışmada, özürle ya da mobilite düzeyi kısıtlanmış bireylerin ev ortamında tanı ve rehabilitasyon süreçlerini desteklemeyi ve gözlem altında tutmayı amaçlamıştır. Bunun için bir otomatik bilgisayar yardımcı denge değerlendirme sistemi oluşturmuştur. Bu sisteme Berg Denge Skalası'nın 7 aktivitesi uyarlanmıştır. Değerlendirme yaklaşımı hasta tarafından giyilen inersiyel sensörler aracılığıyla toplanan akselerometrik sinyallere dayanmaktadır. Birçoğu özgün ve çoğu orta düzeyde olan sinyaller dikkate alınmıştır. YSA modellemesi ile denge ile ilgili sınıflandırma yapılmıştır. Sonuç olarak, farklı aktivitelerdeki sınıflandırmalarda, doğrudan değerlendirme etkinliğinin %75 ile %94 arasında değiştiği bulunmuştur (Badura 2015).

Son yıllarda yapılan çalışmalarda "çevresel destekli yaşam" temasına uygun şekilde, geliştirilen akıllı sistemler dikkati çekmektedir. Bu kapsamda YSA tanı koyma, rehabilitasyonun özellikle evde devam ettirilmesi, hastanın ya da yaşlının gözlenmesi gibi amaçlara hizmet etmek için farklı disiplinlerle ve yaklaşımlarla birlikte kullanılmaktadır (Geman vd. 2015). Bu alanda yapılacak çalışmalar özür oranlarının ve yaşam süresinin arttığı günümüzde, denge bozukluğu nedeniyle oluşacak travmatik düşmelerin azalmasını sağlayabilir. Ayrıca bu sistemler aktivite ve katılımı kısıtlılık, erişim, ulaşılabilirlik gibi konularda günümüzde yaşanan birçok soruna çözüm olabilmesi açısından önem taşımaktadır.

Çalışmamızda hemiparetik hastalarda denge düzeylerinin belirlenmesinde YSA modellemesi kullanılmıştır. Çalışmamızın birinci hipotezine uygun olacak şekilde manuel test sonuçları hemiparetik hastalara fizyoterapist tarafından BESTest uygulanarak elde edilmiştir. BESTest toplam sonuçlarını YSA modeli prediktif sonuçları ile karşılaştırmak için fonksiyonel öne uzanma testi (cm), tek ayak üstünde durma testi (sağ ve sol taraf için-sn-), 6 m. yürüme testi (sn) ve zamanlı kalk yürü testi (sn) yapılmıştır. Ayrıca, ikinci hipoteze uygun şekilde BESTest alt bölümleri ve her alt bölümün kendi içindeki maddeleri tek tek çıkarılarak da YSA modellemesi yapılmıştır. Bu şekilde BESTest sonuçlarında önemli olan alt test gruplarının belirlenmesi hedeflenmiştir.

Hipotez-1 için, manuel test sonuçları ile YSA modellemesiyle elde edilen prediktif test sonuçları karşılaştırıldığında, YSA için ortalama karesel hataların kökünün MLR'den daha düşük olduğu bulunmuştur. Bu sonuç bize prediktif sonuçların belirlenmesinde YSA modellemesinin etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Literatürde hemiparetik hastalarda denge düzeylerinin belirlenmesinde BESTest verileri ile YSA modellemesi sonucu elde edilen prediktif değerleri karşılaştıran bir çalışma bulunmamaktadır.

Hipotez-2 için, BESTest'in 6 bölümü içerisindeki en iyi YSA modelleri baz alındığında, her bir bölüm çıkarılarak BESTest toplam sonucunu tahmin etmede, ortalama karesel hataların kökünün en düşük olduğu bölümün Stabilite Sınırları/Dikeylik, en yüksek olduğu bölümün ise Yürüme Stabilesi olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara dayanarak BESTest toplam puanının tahmin edilmesinde en düşük katkısı olan alt test parametresi 2. Bölüm olan Stabilite Sınırları/Dikeylik, en büyük katkıya sahip olan alt test parametresi 6. bölüm olan Yürüme Stabilesi'dir.

YSA modellemesine göre 2. alt testin (Stabilite Sınırları/Dikeylik) çıkarılmasıyla oluşacak olan doğruluk farkı en azdır. Dolayısıyla, BESTest toplam puanının tahmin edilmesinde en az katkıya sahip olan bölüm, bu bölümdür. Bununla birlikte, YSA modellemesi sonucu elde edilen RMSE değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Bu sebeple, YSA modellemesi sonuçlarından yapılacak çıkarımlarda dikkatli olunması gerektiğini düşünülmektedir. BESTest toplam puanı tahmin etmede en iyi katkısı olan alt testleri belirlemeye yönelik elde ettiğimiz sonuçları bu alanda benzer bir çalışma bulunmaması sebebiyle karşılaştıramamaktayız.

Yaptığımız çalışmada, Hipotez-2 için ayrıca her bir test maddesinin kendi bölümleri içerisindeki ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla, tek tek bu maddeler çıkarılarak toplam bölüm puanları tahmin edilmiştir.

Bu YSA modellemesinin sonucunda bölümler içerisinde sırasıyla en düşük ve en yüksek düzeyde katkısı olan maddeler incelenmiştir. BESTest'in 1., 2., 3., 4., 5., ve

6. alt testlerinden en çok katkısı olan maddeler sırasıyla zemine oturma ve kalkma, fonksiyonel yana uzanma-sol, tek ayak üzerinde durma-sağ, kompansatuar adım almayı düzeltme-öne, eğimli-gözler kapalı-baş parmaklar yukarıda ve ikili görevle zamanlı kalk yürü testidir. BESTest'in 1., 2., 3., 4., 5., ve 6. alt testlerinden en az katkısı olan maddeler ise sırasıyla destek yüzeyi, vertikallik-sağ, oturmadan ayağa kalkma, zeminde cevap-öne doğru, gözler açık-sert yüzeyde durma ve yürüme-düz zemindir. Özellikle 5. alt testin ilk maddesinin RMSE değerinin çok küçük (RMSE-YSA: 1,5382e-12) bir değer almış olması dikkati çekmektedir.

Özellikle Hipotez-2 için, çalışmamızın sonuçlarının yorumlanmasında hemiparetiklerde BESTest için belirlenmiş kesme değerlerine ihtiyaç olduğu görülmektedir. BESTest toplam yüzdelik puanının %49'un üzerinde olması gerektiğini (Chinsongkram vd. 2014) ve BESTest puanındaki en az %10'luk değişimin denge performansında değişikliğe işaret ettiğini (Chinsongkram vd. 2016) gösteren çalışmalar vardır; ancak YSA ile elde ettiğimiz RMSE değerlerinin hepsinin bu oranlara göre çok iyi çıktığı görülmektedir. BESTest için hangi düzeyde denge problemi olduğunu gösteren birden fazla, kesin ve net puan aralıkları ile sonuçlarımızın yorumlarının çok daha anlamlı olacağı ve fizyoterapistlere denge problemlerinin tespit edilmesi, denge düzeylerinin sınıflandırılması ve amaca yönelik rehabilitasyon programının oluşturulmasında bu alanda yol göstereceği düşünülmektedir.

Çalışmamızın güçlü yanları aşağıda sıralanmıştır:

1. Literatürde hemiparetik hastalarda denge düzeylerinin BESTest ile belirlenmesinde YSA modellemesinin yapıldığı bir çalışma bulunmamaktadır. Çalışmamız bu anlamda yapılan ilk çalışma olması bakımından önemlidir.
2. Literatürde vurgulanan BESTest'in dezavantajlarından uzun, yorucu ve klinikte kullanımının zor olması gibi konularda YSA modellemesi ile BESTest denge değerlendirme teorisine uygun şekilde daha kısa, hassas, hasta ve fizyoterapist için daha az yorucu, yol gösterici ve pratik bir alt set oluşturulmasına yönelik sonuçlar elde edilmiştir.
3. BESTest'in klinikte hedeflendiği gibi ayırıcı denge problemlerini belirlemede daha etkili ve kullanışlı hale gelmesi için çalışmamız yol gösterici olmuştur.

Çalışmamızın zayıf yanları arasında en başta BESTest'in henüz hemiparetik hastalar için geliştirilmiş net aralıklara sahip kesme değerlerinin olmaması yer almaktadır. Bu sebeple, çalışmadan mutlak çıkarımlar yapılamamıştır. Ayrıca çalışmaya 66 katılımcının dahil olması YSA modellemesinin sadece 10 hastanın verileri ile test edilmesine sebep olmaktadır. Bunun sebebi, 66 vakadan alınan verilerin

%70'inin (n=46) eğitim, %15'inin (n=10) geçerlilik ve %15'inin (n=10) test için kullanılmış olmasıdır. YSA'nın görmediği verilerden oluşan test grubuna dahil olan vaka sayısı daha fazla olursa, RMSE-test değerlerinin ayrıca incelenmesi daha anlamlı olacaktır.

Bu alanda yapılacak çalışmalar için önerilerimiz şunlardır:

1. Çalışmamızdan elde ettiğimiz BESTest alt testleri ve alt testlerin maddelerinin RMSE değerleri birbirine çok yakın olduğu için BESTest'ten daha etkin bir alt test oluşturmak için yapılacak çıkarımlarda dikkatli olunmalıdır.
2. Daha fazla katılımcı dahil edilerek yapılacak çalışmalarla, RMSE-test değerleri de incelenebilir. Bu sayede veriler daha iyi yorumlanabilecektir.
3. BESTest'in hemiparetik hastalar için net aralıklara sahip kesme değerlerinin belirlenmesiyle, mutlak çıkarımların yapılması sağlanabilir.
4. Sonuç olarak BESTest içerisinde en büyük ağırlığa sahip testlerden yeni bir mini test seti oluşturulabilir.

6. SONUÇ

Çalışmamızdan elde edilen sonuçlar özetle şunlardır:

1. BESTest'ten elde ettiğimiz manuel test sonuçları ile YSA modellemesiyle elde edilen prediktif test sonuçları karşılaştırıldığında, YSA modellemesinin RMSE değeri MLR'den daha düşüktür.
2. YSA modellemesinin BESTest toplam sonuçlarını tahmin etmede klinikte kullanışlı bir model olduğu düşünülmektedir.
3. Oluşturulan YSA modellemesine göre, BESTest toplam puanına en az katkısı olan bölüm Stabilitate Sınırları/Dikeylik, en çok katkısı olan bölüm ise Yürüme Stabilitesi'dir.
4. YSA modellemesi ile bölümler içerisinde sırasıyla en düşük ve en yüksek düzeyde katkısı olan maddeler 1. alt test için 1. madde (destek yüzeyi) ve 5. madde (zemine oturma ve kalkma); 2. alt test için 4. madde (vertikallik-sağ) ve 6. madde (fonksiyonel yana uzanma-sol); 3. alt test için 1. madde (oturmadan ayağa kalkma) ve 4. madde (tek ayak üzerinde durma-sağ); 4. alt test için 1. madde (zeminde cevap-öne doğru) ve 3. madde (kompansatuar adım almayı düzeltme-öne); 5. alt test için 1. madde (gözler açık-sert yüzeyde durma) ve 5. madde (eğimli-gözler kapalı-baş parmaklar yukarıda); 6. alt test için 1. madde (yürüme-düz zemin) ve 7. maddedir (ikili görevle zamanlı kalk yürü testi).
5. Özellikle 5. alt testin ilk maddesinin RMSE değerinin çok küçük (RMSE-YSA: $1,5382e-12$) bir değer almış olması dikkati çekmektedir.
6. YSA ile elde ettiğimiz RMSE değerlerinin hepsinin literatürde hemiparetik hastalar için gösterilen BESTest oranlarına göre çok iyi çıktığı görülmektedir.
7. Çalışmamızdan elde ettiğimiz RMSE değerleri birbirine çok yakın olduğu için çıkarımlarda dikkatli olunmalıdır.
8. BESTest için denge probleminin şiddetini gösteren birden fazla, kesin ve net puan aralıklarına sahip kesme değerlerine ihtiyaç vardır.
9. Kesme değerlerinin belirlenmesi ile sonuçlarımızın yorumlanması daha anlamlı olacaktır.
10. Çalışmamızdan yapılacak mutlak çıkarımların fizyoterapistlere denge problemlerinin tespit edilmesi, denge düzeylerinin sınıflandırılması ve amaca

yönelik rehabilitasyon programının oluşturulmasında bu alanda yol göstereceği düşünülmektedir.

11. Daha fazla katılımcı dahil edilerek yapılacak çalışmalarla, RMSE-test değerlerinin incelenmesi verilerin daha iyi yorumlanmasını sağlayacaktır.
12. BESTest denge sistemlerinin klinikte değerlendirilmesini sağlayan değerli bir denge testidir. Çalışmamız denge problemlerinin ayırt edilmesinde kullanılan BESTest'in kendi teorisine uygun şekilde daha kısa, hassas, pratik ve fizyoterapistler için yol gösterici yeni bir alt mini set oluşturulmasına kılavuzluk edecektir.

7. KAYNAKLAR

- Akezaki Y, Nakata E, Nomura T, Yamasaki H, and Sato A. Relationship between weight bearing rate on the paretic limb and one leg standing time of paretic limb in patients after stroke. *JOHSU*. 2010; 1: 1-10.
- Al-Shayea QK. Artificial neural networks in medical diagnosis. *International Journal of Computer Science Issues*. 2011; 8: 150-54.
- Anderson JA. An introduction to neural networks. *MIT press*, 1997.
- Arnold M, Halpern M, Meier N, Fischer U, Haefeli T, Kappeler L, Brekenfeld C, Mattle HP, and Nedeltchev K. Age-dependent differences in demographics, risk factors, co-morbidity, etiology, management, and clinical outcome of acute ischemic stroke. *Journal of Neurology*. 2008; 255: 1503-07.
- Ashburn A, Hyndman D, Pickering R, Yardley L, and Harris S. Predicting people with stroke at risk of falls, *Age and Ageing*. 2008; 37: 270-76.
- Ay H. İskemik İnmede Etyolojik Sınıflandırma. *Turk J Neurol*. 2011; 17.
- Badura P. Accelerometric signals in automatic balance assessment. *Comput Med Imaging Graph*. 2015; 46: 169-77.
- Basheer IA, and Hajmeer M. Artificial neural networks: fundamentals, computing, design, and application. *J Microbiol Methods*. 2000; 43: 3-31.
- Beauchamp MK, Sibley KM, Lakhani B, Romano J, Mathur S, Goldstein RS, and Brooks D. Impairments in systems underlying control of balance in COPD. *Chest*. 2012; 141: 1496-503.
- Begg R, and Palaniswami M. Computational intelligence for movement sciences: neural networks and other emerging techniques. *IGI Global*, 2006.
- Béjot Y, Daubail B, and Giroud M. Epidemiology of stroke and transient ischemic attacks: Current knowledge and perspectives, *Revue Neurologique*. 2016; 172: 59-68.
- Birtane MTD. İnmeli hastalarda yaşam kalitesini etkileyen faktörler. Uzmanlık Tezi. *Trakya Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Edirne, 2010, s 101.
- Bonan IV, Guettard E, Leman MC, Colle FM, and Yelnik AP. Subjective visual vertical perception relates to balance in acute stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2006; 87: 642-46.
- Bonaroti D, Akers JM, Smith BT, Mulcahey M, and Betz RR. Comparison of functional electrical stimulation to long leg braces for upright mobility for children with complete thoracic level spinal injuries. *Arch Phys Med Rehabil*. 1999; 80: 1047-53.
- Brandt T, Strupp M, Novozhilov S, and Krafczyk S. Artificial neural network posturography detects the transition of vestibular neuritis to phobic postural vertigo. *Journal of Neurology*. 2012; 259: 182-84.
- Carter M. Minds and Computers: An Introduction to the Philosophy of Artificial Intelligence: An Introduction to the Philosophy of Artificial Intelligence *Edinburgh University Press*, 2007.
- Chatzikonstantinou A, Wolf ME, and Hennerici MG. Ischemic stroke in young adults: classification and risk factors. *Journal of Neurology*. 2012; 259: 653-59.
- Chen R-L, Balami JS, Esiri MM, Chen L-K, and Buchan AM. Ischemic stroke in the elderly: an overview of evidence. *Nat Rev Neurol*. 2010; 6: 256.

- Chinsongkram B, Chaikereee N, Saengsirisuwan V, Horak FB, and Boonsinsukh R. Responsiveness of the Balance Evaluation Systems Test (BESTest) in people with subacute stroke. *Physical Therapy*. 2016; 96: 1638-47.
- Chinsongkram B, Chaikereee N, Saengsirisuwan V, Viriyatharakij N, Horak FB, and Boonsinsukh R. Reliability and validity of the Balance Evaluation Systems Test (BESTest) in people with subacute stroke. *Physical Therapy*. 2014; 94: 1632-43.
- Connell LA, Lincoln N, and Radford K. Somatosensory impairment after stroke: frequency of different deficits and their recovery. *Clinical Rehabilitation*. 2008; 22: 758-67.
- Cumming TB, Marshall RS, and Lazar RM. Stroke, cognitive deficits, and rehabilitation: still an incomplete picture. *Int J Stroke*. 2013; 8: 38-45.
- Danielli Coelho de Moraes Faria C, Fuscaldi Teixeira-Salmela L, and Nadeau S. Effects of the direction of turning on the timed up & go test with stroke subjects. *Top Stroke Rehabil*. 2009; 16: 196-206.
- Demir U, Kocaoğlu S, and Akdoğan E. Human impedance parameter estimation using artificial neural network for modelling physiotherapist motion. *Biocybern Biomed Eng*. 2016; 36: 318-26.
- Emre M. Nöroloji temel kitabı *Güneş Tıp Kitabevi*, 2013.
- Feigin VL, Forouzanfar MH, Krishnamurthi R, Mensah GA, Connor M, Bennett DA, Moran AE, Sacco RL, Anderson L, and Truelsen T. Global and regional burden of stroke during 1990–2010: findings from the Global Burden of Disease Study 2010. *The Lancet*. 2014; 383: 245-55.
- Flansbjerg U-B, Blom J, and Brogårdh C. The reproducibility of Berg Balance Scale and the Single-leg Stance in chronic stroke and the relationship between the two tests. *PM&R*. 2012; 4: 165-70.
- Franchignoni F, Horak F, Godi M, Nardone A, and Giordano A. Using psychometric techniques to improve the Balance Evaluation Systems Test: the mini-BESTest. *J Rehabil Med*. 2010; 42: 323-31.
- Geman O, Sanei S, Costin H-N, Eftaxias K, Vyšata O, Procházka A, and Lhotská L. 2015. "Challenges and trends in Ambient Assisted Living and intelligent tools for disabled and elderly people." In *Computational Intelligence for Multimedia Understanding (IWCIM), 2015 International Workshop on*, 1-5. IEEE.
- Gershenson C. Artificial neural networks for beginners. *ArXiv Preprint cs/0308031* 2003.
- Grace Gaerlan M, Alpert PT, Cross C, Louis M, and Kowalski S. Postural balance in young adults: the role of visual, vestibular and somatosensory systems, *J Am Acad Nurse Pract*. 2012; 24: 375-81.
- Graham JE, Ostir GV, Fisher SR, and Ottenbacher KJ. Assessing walking speed in clinical research: a systematic review. *J Eval Clin Pract*. 2008; 14: 552-62.
- Graupe D. Principles of artificial neural networks. *World Scientific*, 2013.
- Griffiths D, and Sturm J. Epidemiology and etiology of young stroke. *Stroke Research and Treatment*. 2011; 2011.
- Grossi E. "Artificial neural networks and predictive medicine: a revolutionary paradigm shift." *Artificial Neural Networks-Methodological Advances and Biomedical Applications, (InTech)*, 2011.
- Grysiewicz RA, Thomas K, and Pandey DK. Epidemiology of ischemic and hemorrhagic stroke: incidence, prevalence, mortality, and risk factors. *Neurologic Clinics*. 2008; 26: 871-95.
- Güler İ, Gökçil Z, and Gülbandılar E. Evaluating of traumatic brain injuries using artificial neural networks. *Expert Syst Appl*. 2009; 36: 10424-27.
- Hahn ME, Farley AM, Lin V, and Chou L-S. Neural network estimation of balance control during locomotion. *Journal of Biomechanics*. 2005; 38: 717-24.
- Hamzaçebi C. Yapay sinir ağları: tahmin amaçlı kullanımı MATLAB ve Neurosolutions uygulamalı. *Ekin Basım Yayın Dağıtım*, 2011.

- Haykin SS. Neural networks and learning machines. *Pearson Upper Saddle River, NJ, USA*, 2009.
- Hiengkaew V, Jitaree K, and Chaiyawat P. Minimal detectable changes of the Berg Balance Scale, Fugl-Meyer Assessment Scale, Timed "Up & Go" Test, gait speeds, and 2-minute walk test in individuals with chronic stroke with different degrees of ankle plantarflexor tone. *Arch Phys Med Rehabil.* 2012; 93: 1201-08.
- Hillis AE. Aphasia progress in the last quarter of a century. *Neurology.* 2007; 69: 200-13.
- Hodkinson H. Evaluation of a mental test score for assessment of mental impairment in the elderly. *Age and Ageing.* 1972; 1: 233-38.
- Horak FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls?. *Age and Ageing.* 2006; 35: ii7-ii11.
- Horak FB, Wrisley DM, and Frank J. The balance evaluation systems test (BESTest) to differentiate balance deficits. *Physical Therapy.* 2009; 89: 484-98.
- Jacobs JV, and Kasser SL. Balance impairment in people with multiple sclerosis: preliminary evidence for the Balance Evaluation Systems Test. *Gait & Posture.* 2012; 36: 414-18.
- Jones KD, Horak FB, Winters KS, Morea JM, and Bennett RM. Fibromyalgia is associated with impaired balance and falls. *J Clin Rheumatol.* 2009; 15: 16.
- Joo S-B, Oh SE, Sim T, Kim H, Choi CH, Koo H, and Mun JH. Prediction of gait speed from plantar pressure using artificial neural networks. *Expert Syst Appl.* 2014; 41: 7398-405.
- Kaczmarczyk K, Wit A, Krawczyk M, and Zaborski J. Gait classification in post-stroke patients using artificial neural networks. *Gait & posture.* 2009; 30: 207-10.
- Karnath H-O, Ferber S, and Dichgans J. The neural representation of postural control in humans. *Proc Natl Acad Sci.* 2000; 97: 13931-36.
- Kasser SL, Jacobs JV, Foley JT, Cardinal BJ, and Maddalozzo GF. A prospective evaluation of balance, gait, and strength to predict falling in women with multiple sclerosis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2011; 92: 1840-46.
- Kelly PJ, Furie KL, Shafiqat S, Rallis N, Chang Y, and Stein J. Functional recovery following rehabilitation after hemorrhagic and ischemic stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003; 84: 968-72.
- King LA, Priest KC, Salarian A, Pierce D, and Horak FB. Comparing the Mini-BESTest with the Berg Balance Scale to evaluate balance disorders in Parkinson's disease. *Parkinson's Disease.* 2012; 2012.
- Krafczyk S, Tietze S, Swoboda W, Valkovič P, and Brandt T. Artificial neural network: a new diagnostic posturographic tool for disorders of stance. *Clinical neurophysiology.* 2006; 117: 1692-98.
- Kumral E, Balkır K, *İnme epidemiyolojisi.* Balkan S, editör. Serebrovasküler Hastalıklar. Ankara: *Güneş Kitabevi*, 2002: 38-47.
- Lam HS, Lau FW, Chan GK, and Sykes K. The validity and reliability of a 6-metre timed walk for the functional assessment of patients with stroke. *Physiotherapy Theory and Practice.* 2010; 26: 251-55.
- Langhorne P, Coupar F, and Pollock A. Motor recovery after stroke: a systematic review. *The Lancet Neurology.* 2009; 8: 741-54.
- Leddy AL, Crowner BE, and Earhart GM. Functional gait assessment and balance evaluation system test: reliability, validity, sensitivity, and specificity for identifying individuals with Parkinson disease who fall. *Physical Therapy.* 2011; 91: 102-13.
- Mancini M, and Horak FB. The relevance of clinical balance assessment tools to differentiate balance deficits. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2010; 46: 239.
- Martins EF, de Menezes LT, de Sousa PHC, de Araujo Barbosa PHF, and Costa AS. Reliability of the Functional Reach Test and the influence of anthropometric

- characteristics on test results in subjects with hemiparesis. *NeuroRehabilitation*. 2012; 31: 161-69.
- McConvey J, and Bennett SE. Reliability of the Dynamic Gait Index in individuals with multiple sclerosis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005; 86: 130-33.
- Nedeltchev K, der Maur TA, Georgiadis D, Arnold M, Caso V, Mattle H, Schroth G, Remonda L, Sturzenegger M, and Fischer U. Ischaemic stroke in young adults: predictors of outcome and recurrence. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2005; 76: 191-95.
- Ng SS, and Hui-Chan CW. The timed up & go test: its reliability and association with lower-limb impairments and locomotor capacities in people with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005; 86: 1641-47.
- Norrving B. Lacunar infarcts: no black holes in the brain are benign. *Practical Neurology*. 2008; 8: 222-28.
- O'Donnell MJ, Xavier D, Liu L, Zhang H, Chin SL, Rao-Melacini P, Rangarajan S, Islam S, Pais P, and McQueen MJ. Risk factors for ischaemic and intracerebral haemorrhagic stroke in 22 countries (the INTERSTROKE study): a case-control study. *The Lancet*. 2010; 376: 112-23.
- Oğuz H, Dursun E, and Dursun N. Tibbi rehabilitasyon. *Nobel Tıp Kitabevleri*, 2004.
- Oliveira CBd, MEDEIROS IRTd, Frota NAF, Greters ME, and Conforto AB. Balance control in hemiparetic stroke patients: main tools for evaluation. *JRRD*. 2008; 45: 1215-26.
- Öztemel E. Yapay sinir ağları, *Papatya Yayıncılık, İstanbul* 2016.
- Öztürk Ş. Epidemiology of cerebrovascular diseases and risk factors-perspectives of the world and Turkey. *Turk J Geriatr*. 2010; 13.
- Öztürk Ş. Epidemiology and the Global Burden of Stroke-Situation in Turkey. *World Neurosurgery*. 2014; 81: e35-e36.
- Padgett PK, Jacobs JV, and Kasser SL. Is the BESTest at its best? A suggested brief version based on interrater reliability, validity, internal consistency, and theoretical construct. *Physical Therapy*. 2012; 92: 1197-207.
- Putala J, Metso AJ, Metso TM, Konkola N, Kraemer Y, Haapaniemi E, Kaste M, and Tatlisumak T. Analysis of 1008 consecutive patients aged 15 to 49 with first-ever ischemic stroke: the Helsinki young stroke registry. *Stroke*. 2009; 40: 1195-203.
- Rand D. Mobility, balance and balance confidence—correlations with daily living of individuals with and without mild proprioception deficits post-stroke. *NeuroRehabilitation*. 2018; 43: 219-26.
- Rencher AC. Methods of multivariate Analysis, *Wiley Inter-Science In*, Canada, 2002.
- Rodrigues LC, Marques AP, Barros PB, and Michaelsen SM. Reliability of the Balance Evaluation Systems Test (BESTest) and BESTest sections for adults with hemiparesis. *Braz J Phys Ther*. 2014; 18: 276-81.
- Roger VL, Go AS, Lloyd-Jones DM, Adams RJ, Berry JD, Brown TM, Carnethon MR, Dai S, De Simone G, and Ford ES. Heart disease and stroke statistics—2011 update: a report from the American Heart Association. *Circulation*. 2011; 123: e18-e209.
- Rughani AI, Dumont TM, Lu Z, Bongard J, Horgan MA, Penar PL, and Tranmer BI. Use of an artificial neural network to predict head injury outcome. *Journal of Neurosurgery*. 2010; 113: 585-90.
- Runchey S, and McGee S. Does this patient have a hemorrhagic stroke?: clinical findings distinguishing hemorrhagic stroke from ischemic stroke. *JAMA*. 2010; 303: 2280-86.
- Sapna S, Tamilarasi A, and Kumar MP. Backpropagation learning algorithm based on Levenberg Marquardt Algorithm. *Comp Sci Inform Technol (CS and IT)*. 2012; 2: 393-98.
- Schaapsmeeders P, Maaijwee NA, van Dijk EJ, Rutten-Jacobs LC, Arntz RM, Schoonderwaldt HC, Dorresteyn LD, Kessels RP, and de Leeuw F-E. Long-

- term cognitive impairment after first-ever ischemic stroke in young adults. *Stroke*. 2013; 44: 1621-28.
- Schmid AA, Van Puymbroeck M, Altenburger PA, Dierks TA, Miller KK, Damush TM, and Williams LS. Balance and balance self-efficacy are associated with activity and participation after stroke: a cross-sectional study in people with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2012; 93: 1101-07.
- Sibley KM, Straus SE, Inness EL, Salbach NM, and Jaglal SB. Balance assessment practices and use of standardized balance measures among Ontario physical therapists. *Physical Therapy*. 2011; 91: 1583-91.
- Smajlović D. Strokes in young adults: epidemiology and prevention. *Vasc Health Risk Manag*. 2015; 11: 157.
- Sommerfeld DK, Gripenstedt U, and Welmer A-K. Spasticity after stroke: an overview of prevalence, test instruments, and treatments. *Am J Phys Med Rehabil*. 2012; 91: 814-20.
- Springer BA, Marin R, Cyhan T, Roberts H, and Gill NW. Normative values for the unipedal stance test with eyes open and closed. *J Geriatr Phys*. 2007; 30: 8-15.
- Stinear C. Prediction of recovery of motor function after stroke. *The Lancet Neurology*. 2010; 9: 1228-32.
- Thibaut A, Chatelle C, Ziegler E, Bruno M-A, Laureys S, and Gosseries O. Spasticity after stroke: physiology, assessment and treatment. *Brain Injury*. 2013; 27: 1093-105.
- Tu JV. Advantages and disadvantages of using artificial neural networks versus logistic regression for predicting medical outcomes. *Journal of clinical epidemiology*. 1996; 49: 1225-31.
- Tyson S, and Connell L. How to measure balance in clinical practice. A systematic review of the psychometrics and clinical utility of measures of balance activity for neurological conditions. *Clinical Rehabilitation*. 2009; 23: 824-40.
- WEB_1. National Institute of Neurological Disorders and Stroke. <https://www.ninds.nih.gov/Disorders/Patient-Caregiver-Education/Life-and-Death-Neuron>. (Son güncellenme tarihi: 16.07.2018, alındığı tarih: 22.09.2018.)
- WEB_2. Quora. <https://www.quora.com/What-is-the-role-of-the-activation-function-in-a-neural-network-How-does-this-function-in-a-human-neural-network-system>. (Son güncellenme tarihi: 05.06.2017, alındığı tarih: 22.09.2018.)
- WEB_3. Electrical Engineering Community. <http://engineering.electrical-equipment.org/electrical-distribution/artificial-neural-network-based-power-system-restoration.html>. (Son güncellenme tarihi: 07.05.2013, alındığı tarih: 22.09.2018.)
- Wit A, and Czaplicki A. Inverse dynamics and artificial neural network applications in gait analysis of the disabled subjects. *Human Movement*. 2008; 9: 93-102.
- Yesilot Barlas N, Putaala J, Waje-Andreassen U, Vassilopoulou S, Nardi K, Odier C, Hofgart G, Engelter S, Burow A, and Mihalka L. Etiology of first-ever ischaemic stroke in European young adults: the 15 cities young stroke study. *Eur J Neurol*. 2013; 20: 1431-39.
- Yogev-Seligmann G, Hausdorff JM, and Giladi N. The role of executive function and attention in gait. *Mov Disord*. 2008; 23: 329-42.
- Young PMM, Wilken JM, and Dingwell JB. Dynamic margins of stability during human walking in destabilizing environments. *Journal of Biomechanics*. 2012; 45: 1053-59.

ÖZGEÇMİŞ

1988 yılında Denizli'de doğdu. İlköğretimini ve orta öğretimini Denizli'de tamamladı. 2010 yılında Pamukkale Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu'ndan Fizyoterapist olarak mezun oldu.

2010-2014 yılları arasında özel merkezlerde fizyoterapist olarak çalıştı. 2010-2013 yılları arasında Pamukkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı'nda erişkin nörolojik rehabilitasyon alanında "Nörolojik Özürlü Bireylerde Ev Güvenliğinin İncelenmesi" konulu tezi ile yüksek lisans eğitimini tamamlamıştır. 2013 yılında Pamukkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı'nda erişkin nörolojik rehabilitasyon alanında doktora eğitimine başladı. 2014 yılında Pamukkale Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu Nörolojik Rehabilitasyon Anabilim Dalı'na araştırma görevlisi olarak atandı. İlgili alanları erişkin nörolojik rehabilitasyon ve teknoloji destekli rehabilitasyondur.

EKLER

EK-1

Authors:

Emine Aslan Telci, Ummuhan Bas Aslan, Nesrin Yagci, Ugur Cavlak, Elif Gur Kabul, Guzin Kara, Tugce Kose, Feride Yazar, Sevilay Karahan, Orcin Telli Atalay

Decision letter:

March 28, 2018

AMS-07843-2018-02

The Turkish Version of Neck Bournemouth Questionnaire in Patients with Chronic Neck Pain: The Cultural Adaptation, Reliability, and Validity Study

Dear Dr Emine Aslan Telci,

I am pleased to inform you that your manuscript, entitled: The Turkish Version of Neck Bournemouth Questionnaire in Patients with Chronic Neck Pain: The Cultural Adaptation, Reliability, and Validity Study, has been finally accepted for publication in Archives of Medical Science.

We would like to inform that your paper will be published after receiving publishing fee. In order to receive the invoice, please complete the form including data for invoicing, which is available in the payment bookmark. Failure to complete this form means that you choose not to obtain the invoice.

Please log in to your account:

<https://www.editorialsystem.com/ams/article/118898/view/#payment>

to proceed with the payment.

If you are paying by wire transfer please indicate manuscript number the name of the contact author and the title. In case of any problems or questions please do not hesitate to contact the technical editor at: eshelp@termedia.pl. We would appreciate if you could confirm payment within 14 days in order to ensure your manuscript to be included in one of the forthcoming issues.

Thank you for submitting your work to our journal.

Kindest regards,

Prof. Maciej Banach, MD, PhD, FAHA, FESC, FNLA

Editor-in-Chief,

Archives of Medical Science

<http://www.archivesofmedicalsience.com>

Review 1:

All my concerns have been ad equally covered, thus the manuscript is appropriate for acceptance.

None

Review 2:
Suitable for publication.

The Turkish Version of Neck Bournemouth Questionnaire in Patients with Chronic Neck Pain: The Cultural Adaptation, Reliability, and Validity Study

Type

Research paper

Keywords

pain, validity and reliability, outcome measures

Abstract

Introduction

The cultural adaptation of a self-report measurement in different languages is important for developing common strategies for evaluation and treatment. The Neck Bournemouth Questionnaire (NBQ) which was developed to evaluate patients with neck pain was adapted from the Bournemouth Questionnaire in accordance with ICF categories. The aim of this study was to conduct the Turkish cultural adaptation, validity and reliability study of the NBQ

Material and methods

The study included 119 patients (93 females, 26 males; mean age: 37.2± 11.8 years) with chronic nonspecific neck pain. The NBQ, Neck Disability Index (NDI) and Nottingham Health Profile (NHP) questionnaires were administered to all the subjects. Test-retest reliability (Intraclass correlation coefficient) and the internal consistency (Cronbach's alpha), and methods were used for the reliability study. The relationship between NBQ, NDI and NHP was investigated for concurrent validity. Exploratory and confirmatory factor analysis was used for construct validity.

Results

NBQ showed good internal consistency ($\alpha=0.87$). The test-retest reliability coefficient was 0.913 (95% CI= 0.875-0.940). The correlations between NBQ and NDI and NHP were significant ($p<0.05$). The questionnaire was found having one factor and the explained variance was 59.084% as a result of factor analysis.

Conclusions

The Neck Bournemouth Questionnaire is a valid and reliable scale for patients with chronic neck pain in the Turkish population.

Explanation letter

COVER LETTER

Dear Editor

We tried to the changes according to reviewers and your recommendations. Below you can find our responses to reviewers. We hope this revised form of the manuscript would be appropriate for publication.

We marked on red the responses to each point of reviews in the text. We cited two articles from Archives of Medical Sciences which are suitable to our manuscript.

Thanks for your critics, help and attention. We look forward to hearing from you.

Yours sincerely

Dr.Emine Aslan Telci

RESPONSE TO REVIEWERS

Review 1:

Thanks for your contribution and critics. We have tried to do the necessary changes according to your review.

-Please check the text again for spaces, full stops, commas.

Check the spaces, lines: 46,79,80,138,151,161,163,164,167,173,201.

We checked the related lines and did the changes.

-Line 75 Beaton et al please include the number of the reference!

-We included the reference number

-Check the attached file.

-We checked the attached file and did the necessary changes according to your explanations.

Review 2:

Thanks for your contribution and critics. We have tried to do the necessary changes according to your review.

- the manuscript needs English proofreading as in some parts is not understandable

Two native speakers checked the article in terms of English and edited all the manuscript.

- I have recommended a rigorous statistical review

The statistical part was checked and proved by a statistician, the necessary changes were done and the changes were marked on red in the text.

- Overall after the corrections, I consider it suitable for publication

Thank you!

Review 3:

Thanks for your contribution and critics. We have tried to do the necessary changes according to your review.

-Material and methods - too long, Conclusion - too short.

We shortened the methods especially in outcome measures (NHP and NDI) but we did not do any changes in the translation part as we think this process should be explained in details as it is in many validation studies. The conclusion part was lengthened as highlighting the importance of the topic in clinical practice and research.

- <https://www.editorialsystem.com/dl/dr/10377/b062301938faa4ac437b5a39850b2522/> (Reviewer 3)

We did the necessary changes in the manuscript according to your explanations in the attachment.

[COVER LETTER.docx](#)

1 Introduction

2 The cultural adaptation of a self-report measurement in different languages is important for
3 developing common strategies for evaluation and treatment. The Neck Bournemouth
4 Questionnaire (NBQ) which was developed to evaluate patients with neck pain was
5 adapted from the Bournemouth Questionnaire in accordance with ICF categories. The aim
6 of this study was to conduct the Turkish cultural adaptation, validity and reliability study
7 of the NBQ.

8 Material and Methods

9 The study included 119 patients (93 females, 26 males; mean age: 37.2 ± 11.8 years) with
10 chronic nonspecific neck pain. The NBQ, Neck Disability Index (NDI) and Nottingham
11 Health Profile (NHP) questionnaires were administered to all the subjects. Test-retest
12 reliability (Intraclass correlation coefficient) and the internal consistency (Cronbach's
13 alpha), and methods were used for the reliability study. The relationship between NBQ,
14 NDI and NHP was investigated for concurrent validity. Exploratory and confirmatory
15 factor analysis was used for construct validity.

16 Results

17 NBQ showed good internal consistency ($\alpha=0.87$). The test-retest reliability coefficient was
18 0.913 (95% CI= 0.875-0.940). The correlations between NBQ and NDI and NHP were
19 significant ($p<0.05$). The questionnaire was found having one factor and the explained
20 variance was 59.084% as a result of factor analysis.

21 Conclusions

22 The Neck Bournemouth Questionnaire is a valid and reliable scale for patients with
23 chronic neck pain in the Turkish population.

24 Keywords: validity and reliability, pain, outcome measures

The Turkish Version of Neck Bournemouth Questionnaire in Patients with Chronic Neck Pain: The Cultural Adaptation, Reliability, and Validity Study

Introduction

Neck pain is an important health problem that is very common in society. Lifetime prevalence has been reported to vary between 14.2 % and 71 % [1]. Symptoms recur within 1-5 years in 50-85 % of the patients [2]. It was found to cause disability in 5% of the population in a study conducted in Canada [3]. Neck pain decreases the quality of life the patients with the disability and activity limitation it causes and can also lead to economic and societal costs due to significant health care use and labor loss [4-6].

Although the pain itself is the most important symptom that requires treatment in spinal pain, it is a multidimensional individual experience with sensory, affective, cognitive, and social aspects [7]. It is therefore more appropriate to consider a biopsychosocial model rather than a medical model when identifying the assessment and treatment approaches [4].

The sensitivity of Functional Outcomes Questionnaires which has been developed specifically for the region is much greater than the general health scales [7, 8]. Some pain and disability questionnaires were developed specifically for neck pain patients. Validity and reliability studies have been conducted in various languages including Turkish for the Neck Disability Index (NDI) [8,9], the Neck Pain and Disability Scale (NPDS) [10,11], the Northwick Park Neck Pain Questionnaire (NPQ) [12,13] and the Copenhagen Neck Functional Disability Scale (CNFDS) [14] that have been developed for this purpose. In a systematic review published in 2010 the validity and reliability of NDI, NPDS and The Neck Bournemouth Questionnaire (NBQ) were reported as excellent [15].

48 The Neck Bournemouth Questionnaire (NBQ) which was developed to evaluate
49 patients with neck pain was adapted from the Bournemouth Questionnaire in accordance
50 with The International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF)
51 categories [5]. It includes 7 core items evaluating patients with neck pain based on a
52 biopsychosocial approach. The NBQ was originally developed in English but studies have
53 also been conducted on German, French, Italian, Dutch and Brazilian Portuguese language
54 versions [5, 6, 16-20]. The cultural adaptation of a self-report measurement in different
55 languages is important for developing common strategies for evaluation and treatment [6].
56 The Turkish version study of this questionnaire, which is easy to implement and can be
57 completed in a short duration, has not yet been conducted.

58 The aim of planning this study was to conduct the Turkish version of the Neck
59 Bournemouth Questionnaire, which is a multi-dimensional pain assessment tool in
60 Turkish-speaking people with neck pain.

61 **Material and Methods**

62 Permission was obtained via e-mail to conduct this study from the author who
63 developed the original questionnaire [5]. The study was carried out Denizli Servergazi
64 State Hospital and Pamukkale University. Participants were diagnosed by a specialist
65 doctor as having a nonspecific chronic neck pain problem. Informed consent was obtained
66 from all participants included in the study. An approval for the study was also obtained
67 from the Pamukkale University Non-Interventional Clinical Studies Ethics Committee
68 (601167787-020/54425).

69 One hundred and nineteen patients (93 females, 26 males; mean age: 37.2 ± 11.8 years)
70 suffering from neck pain for at least 3 months were included in the study. The inclusion
71 criteria were: (1) Aged between 18-65 years, (2) A minimum of 5 points from the Neck
72 Disability Index, (3) Able to speak and read Turkish fluently. The exclusion criteria were:
73 (1) Patients who underwent spinal surgery, (2) Specific neck pain such as a malignancy,
74 fracture or systemic rheumatoid disorder, (3) Systemic diseases, (4) Pregnancy, (5)
75 Subjects who cannot answer the questionnaires due to inability to understand and/or
76 answer, (6) Subjects receiving a treatment such as physiotherapy or drugs at the time of the
77 study.

78 *Questionnaires*

79 *The Neck Bournemouth Questionnaire*

80 Based on the biopsychosocial disease model, the questionnaire consists of totally 7
81 questions: (1) pain intensity; (2) disability in activities of daily living; (3) disability in
82 social activities; (4) anxiety; (5) depression (6) fear avoidance behavior, and (7) pain locus
83 of control. Each question consists of 11 point numerical rating scale. The total score from
84 the questionnaire ranges between 0-70 [5, 6, 18]. Increase in the score indicates worsening
85 of the patient's condition.

86 *Neck Disability Index*

87 The scale consists of ten sections in total (pain intensity, personal care, lifting,
88 reading, headaches, concentration, work, driving, sleeping, and recreation). The total score
89 varies between 0 (no disability) to 50 (total disability) [8, 9].

90 *Nottingham Health Profile (NHP)*

91 NHP is a general health condition scale that evaluates the problems perceived by the
92 patient in 6 different aspects (physical mobility, pain, sleep, emotional reactions, social
93 isolation, and energy level). The maximum score in each section is 100 and the total score
94 of the questionnaire is between 0-600 [21, 22].

95 *Translation*

96 Guidelines developed by Beaton et al. were used for the translation and cross
97 cultural adaptation process [23]. For forward translation two different people whose native
98 language is Turkish and who speak English at a very good level translated the
99 questionnaire in English into Turkish (T1 and T2). One of the translators was a
100 physiotherapist and was aware of the purpose of the study. This was to ensure the
101 equivalence from a clinical perspective, instead of a literal equivalence. The other
102 translator was an English teacher and was blinded for the purpose of the study. This
103 provided to reflect the language used by the population and to emphasize equivocal
104 meanings in the original questionnaire. Later, translations by two translators were
105 synthesized into a single global translation (T12). In the back translation stage, the
106 synthesized T12 translation was translated into English again by two people who were not
107 informed about the purpose of study, whose native language is English and who speak the
108 Turkish at a good level (BT1 and BT2). For the achievement of cross-cultural equivalence,
109 an expert committee consisting of four translators and three physiotherapists came together
110 to form the prefinal state of the questionnaire for field testing. For the prefinal test, 33
111 patients with neck pain were asked to indicate the expressions they were unable to
112 understand for each item during the questionnaire response. The final version of the NBQ

113 was created by the committee considering the feedback from the patients and the validity
114 and reliability study was started.

115 *Statistical Analysis*

116 The data were analyzed with the SPSS 21.0 software version. Continuous variables
117 were presented as mean \pm standard deviation and categorical variables as number
118 (percentage).

119 *Reliability*

120 Test-retest reliability and internal consistency analyzes were done to determine the
121 reliability of the questionnaire. In the test-retest reliability analysis intraclass correlation
122 coefficient (ICC) (95% confidence interval) and Spearman correlation coefficient were
123 used. ICC values range from 0.00 to 1.00. 0.60-0.80 means good reliability as well as
124 above 0.80 shows excellent reliability [8,24]. NBQ was administered to the same patients
125 again 7 days later for the test-retest reliability. For determining the internal consistency
126 Cronbach's alpha coefficient was used. Item total correlation and item-deleted Cronbach's
127 alpha coefficient were calculated during this analysis. If this value is above 0.80, it
128 indicates excellent reliability [25].

129 *Validity*

130 For the construct validity exploratory and confirmatory factor analysis were
131 applied. Prior to the exploratory factor analysis, the adequacy of sample was determined by
132 Kaiser Meyer Olkin and Bartlett's test of Sphericity was used for the suitability. Whether
133 NBQ was unidimensional as in the original structure was shown with the help of various
134 conformity indexes during confirmatory factor analysis. For concurrent validity correlation
135 coefficient between NBQ, NDI and NHP was examined. Table I shows the matching of the

136 various subscales on the NHP and NDI questionnaires with the seven subscales on the
137 NBQ. The relationship was evaluated with Spearman correlation analysis [26].

138 **Results**

139 The mean duration of pain and pain intensity were 23.3 ± 24.6 months and 5.4 ± 1.8
140 cm respectively for a total of 119 patients. Demographic and clinical data of the patients
141 are presented in Table II.

142 *Reliability*

143 The test-retest reliability coefficient was 0.913 (ICC 95 % = CI 0.875-0.940). ICC
144 values for each question ranged from 0.807 to 0.888. The results of our study and the
145 correlation coefficients were presented in Table III.

146 The Cronbach's Alpha value of the scale was 0.87. This result means that the
147 internal consistency of the scale was excellent. In Table IV it was shown that the
148 Cronbach's Alpha value decreased when each question was deleted.

149 *Construct validity*

150 The results were 0.846 for Kaiser Meyer Olkin and Bartlett's test of Sphericity (p
151 <0.001). The questionnaire was found having one factor and the explained variance was
152 59.084 % as a result of factor analysis (cmin/df: 1,661, GFI: 0,952, AGFI: 0,887, RMSEA:
153 0,075, chi square: 19,936 ($p= 0,068$). Factor loading values were between 0.63 and 0.845.
154 Item 7 had the lowest factor loading value.

155 *Concurrent validity*

156 Concurrent validity results showed a correlation between NBQ total score and NDI total
157 score ($r = 0.318$) and also between NBQ total score and NHP total score ($r = 0.581$). When
158 the relationship between the subscales of NBQ, NDI and NHP and the total scale scores
159 was analyzed, NBQ was found to show correlation values between 0.206 and 0.597 with
160 these scales (Table V).

161 Discussion

162 The aim of this study was to conduct the Turkish cultural adaptation, validity and
163 reliability study of the Neck Bournemouth Questionnaire in patients with chronic neck
164 pain. Our results showed that the questionnaire is a valid and reliable measurement method
165 in Turkish speaking patients with chronic neck pain.

166 ICF is a standard framework approved by the World Health Organization (WHO)
167 that measures health and disability at the individual and population level [15,19, 27]. The
168 positive and negative aspects of functioning with a biological, personal and social point of
169 view are expressed with the terms functioning and disability. Performing version studies
170 of ICF-based self-report measurements that provide a general language for disability in
171 different cultures will be helpful in the evaluation of musculoskeletal pain and in the
172 generation of common solutions for interpretation of treatment outcomes [27].

173 Ferreira et al reported that NBQ, NDI and NPDS have demonstrated a well-
174 balanced distribution of items across the ICF components [15]. Therefore, it is important to
175 present the Turkish version of NBQ in the literature for using it in clinical practice and
176 research. For the questionnaire validation studies, it is recommended to select the
177 questionnaires which are validated, considered to be the gold standard and context specific
178 if possible [25]. Therefore, one of the questionnaires that we chose in validation study of

179 BNQ was NDI, in which the Turkish validity and reliability study was conducted [24]. The
180 other questionnaire was NHP, which was in conformity with the subparameters of BNQ
181 and validity and reliability study had been done in Turkish [22].

182 There are two types of reliability as internal consistency and test-retest reliability.
183 Test-retest reliability measures over-time stability of measurements made at two different
184 times [28]. In this analysis, an amount of time to pass is recommended for the patients to
185 forget the answers in the initial assessment. However in this period of time, not having a
186 change in the current status of patients associated with the disease is important [25]. Marx
187 et al. [29] reported no difference between test and retest at an interval between 2 days and
188 2 weeks. It was seen that in the literature, different time intervals are preferred for the
189 application of retest of BNQ; and even in some studies the time interval is not specified.
190 The test-retest time interval appears to be 2 hours in the German version, 24 hours in the
191 French version and 1 hour in the Brazilian Portuguese version [17, 18, 20]. It was
192 determined that the original NBQ developed by Bolton and Humphreys had an ICC total
193 score of 0.65 and that it changed between 0.50 and 0.63 for each questionnaire [5]. In the
194 German version of the study it was reported that the total ICC value was 0.99 and it varied
195 between 0.91-0.98 for seven questions [17]. In the Dutch version, it was determined that
196 the ICC value varied between 0.83 and 0.99 for each question [19]. In the French version
197 of the study, the total ICC value of the questionnaire was found to be 0.97 [18]. The test-
198 retest reliability value of the Turkish NBQ with a week interval was determined as 0.913
199 for the total score, ranging from 0.807 to 0.913 for each question. According to the results
200 of this study, the test-retest reliability of the Turkish version of the questionnaire showed
201 stability over time.

202 The Cronbach's Alpha value is widely used for internal consistency reliability
203 analysis of questionnaires in different language versions [28]. In the study of Bolton and
204 Humphreys, developers of NBQ, they found Cronbach's alpha values of the survey as 0.87,
205 0.91 and 0.92, respectively in pre-treatment, retest and post-treatment administration [5].
206 Pre- and post-treatment Cronbach's alpha values in the German version were 0.79 and 0.80
207 [17], respectively whereas it was found as 0.98 in the Brazilian Portuguese version [20]. In
208 the Turkish version study of the NBQ, we found that Cronbach's alpha value was 0.87
209 similarly to literature. This result shows that the Turkish version of the questionnaire is
210 reliable.

211 According to Kaiser Meyer Olkin and Bartlett's test, the Turkish version of NBQ
212 has a one-factor questionnaire. Before our study, in the Italian version of NBQ, the
213 questionnaire was found to be two-factor [6]. Similarly to our results the Turkish version
214 of the questionnaire for back pain it was found to be one-factor [25]. The authors have
215 commented that even though it questions multiple situations, the Bournemouth
216 Questionnaire may be one-factor because of the few number of questions.

217 The Concurrent Validity analysis results showed the NBQ to be correlated with
218 NDI and NHP total scores and items in chronic neck pain. The two lowest correlations
219 were between NBQ/third question- NHP/social isolation and NBQ/seventh question-
220 NDI/first question. The third question of NBQ questioned social activity participation
221 associated with neck pain, whereas the social isolation part of NHP was not associated
222 with pain. This difference may be the reason of the low correlation. Synchronizing the pain
223 locus of control, the seventh question of the NBQ, with the subordinate items of NDI and
224 NHP is actually very difficult. Despite this, we wanted to analyze the correlations between
225 this item and the pain-related part of the other two questionnaires. In the German version,

226 the correlation between pain locus of control and NPDS pain control was also found to be
227 low. The authors stated that it is impossible to make a match between NBQ / pain locus of
228 control and NDI [17]. Similarly to our results, also in the validity studies of BNQ in other
229 languages, it was seen that there was a correlation at varying levels [6, 20].

230 **Conclusion**

231 Studies in adult population show that the prevalence of chronic pain is higher in all
232 countries [30]. The musculoskeletal system pain is being studied in a wide range from non-
233 specific pain to pain as a result of an underlying pathological condition such as chronic
234 renal failure [31]. It is known that chronic neck pain, which is very common, affects the
235 quality of life of the patient negatively from physical, social and psychological aspects (5).
236 Therefore, multidimensional analysis and determination of the factors that cause chronic
237 neck pain are very important for taking the necessary preventive measures and determining
238 appropriate treatment strategies. Translation of the self-report measures with proven validity
239 and reliability to different languages is very important in terms of seeking common
240 solutions in pain related problems

241 NBQ evaluates chronic neck pain as multidimensional, can be completed in a short
242 duration in the clinical setting and easily understood by the patients In conclusion, this
243 study showed that the Turkish version of BNQ is a valid and reliable measurement method.

244 **Acknowledgements**

245 The authors thank Jennifer E. Bolton for his permission to translate the NBQ into
246 Turkish, and the members of the committee (Hazel Lomax Yuceturk and Yasmin Jean
247 Sheila Karaca) for their co-operation.

248 **Conflict of interest**

249 The authors declare no conflict of interests.

250 **References**

251 [1] Fejer R, Kyvik KO, Hartvigsen J. The prevalence of neck pain in the world
252 population: a systematic critical review of the literature. *Eur Spine J.* 2006; 15(6):834-
253 48.

254 [2] Carroll LJ, Hogg-Johnson S, van der Velde, et al. Course and prognostic factors for
255 neck pain in the general population: results of the Bone and Joint Decade 2000-2010
256 Task Force on Neck Pain and Its Associated Disorders. *Spine (Phila Pa 1976).* 2008; 33
257 Suppl 4:S75-82.

258 [3] Côté P, Cassidy D, Carroll L. The factors associated with neck pain and its related
259 disability in the Saskatchewan population. *Spine (Phila Pa 1976).* 2000; 25(9):1109-
260 17.

261 [4] Gross AR, Kaplan F, Huang S, et al. Psychological care, patient education,
262 orthotics, ergonomics and prevention strategies for neck pain: An systematic overview
263 update as part of the ICON§ Project. *The Open Orthop J.* 2013; 7 Suppl 4: 530-61.

264 [5] Bolton JE, Humphreys BK. The Bournemouth Questionnaire: a short-form
265 comprehensive outcome measure. II. Psychometric properties in neck pain patients. *J*
266 *Manip Physiol Ther.* 2002; 25(3):141-8.

267 [6] Geri T, Signori A, Gianola , et al. Cross-cultural adaptation and validation of the
268 Neck Bournemouth Questionnaire in the Italian population. *Qual Life Res.* 2015;
269 24(3):735-45.

270 [7] Blum-Fowler C, Peterson C, McChurch JF, Le Clech Y, Humphreys BK.
271 Translation and validation of the German version of the Bournemouth questionnaire for
272 low back pain. *Chiropr Man Therap.* 2013; Sep 26; 21(1):32.

- 273 [8] Telci EA, Karaduman A, Yakut Y, et al. The cultural adaptation, reliability, and
274 validity of Neck Disability Index in patients with neck pain: a Turkish version study.
275 Spine (Phila Pa 1976). 2009; 34(16):1732-5.
- 276 [9] Vernon H, Mior S. The Neck Disability Index: a study of reliability and validity. J
277 Manip Physiol Ther. 1991; 14(7):409-15.
- 278 [10] Wheeler AH, Goolkasian P, Baird AC, et al. Development of the neck pain and
279 disability scale. Spine (Phila Pa 1976). 1999; 24(13):1290-4.
- 280 [11] Bicer A, Yazıcı A, Camdeviren H, et al. Assessment of pain and disability in
281 patients with chronic neck pain: reliability and construct validity of the Turkish version
282 of The Neck Pain And Disability Scale. Disabil Rehabil. 2004; 26(16):959-962.
- 283 [12] Leak AM, Cooper J, Dyer S, et al. The Northwick Park Neck Disability
284 Questionnaire, devised to measure neck pain and disability. Br J Rheumatol. 1994;
285 33(5):469-74.
- 286 [13] Kose G, Hepguler S, Atamaz F, et al. Comparison of four disability scales for
287 Turkish patients with neck pain. J Rehabil Med. 2007; 39(5):358-62.
- 288 [14] Jordan A, Manniche C, Mosdal C, et al. The Copenhagen Neck Functional
289 Disability Scale: a study of reliability and validity. J Manip Physiol Ther. 1998;
290 21(8):520-7.
- 291 [15] Ferreira ML, Borges BM, Rezende IL, et al. Are neck pain and questionnaires
292 compatible with the international classification of functioning, disability and health? A
293 systematic review. Disabil Rehabil. 2010; 32(19):1539-46.
- 294 [16] Bolton JE, Breen AC. The Bournemouth Questionnaire: a short-form
295 comprehensive outcome measure. I. Psychometric properties in back pain patients. J
296 Manip Physiol Ther. 1999; 22(8):503-10.

- 297 [17] Soklic M, Peterson C, Humphreys BK. Translation and validation of the German
298 version of the Bournemouth Questionnaire for Neck Pain. *Chiropr Man Ther.* 2012;
299 20(1):2.
- 300 [18] Martel J, Dugas C, Lafond D, et al. Validation of the French version of the
301 Bournemouth Questionnaire. *J Can Chiropr Assoc.* 2009; 53(2):102-20.
- 302 [19] Schmitt MA, Schröder CD, Stenneberg MS, et al. Content validity of the Dutch
303 version of the Neck Bournemouth Questionnaire. *Man Ther.* 2013; 18(5):386-9.
- 304 [20] Kamonseki DH, Cedin L, Tavares-Preto J, Peixoto BO, Rostelato-Ferreira S.
305 Translation and validation of Neck Bournemouth Questionnaire to Brazilian
306 Portuguese. *Rev Bras Reumatol.* 2017 Mar-Apr; 57(2):141-148.
- 307 [21] Hunt SM, McKenna SP, McEwen J, Backett EM, Williams J, Papp E. A
308 quantitative approach to perceived health status: a validation study. *J Epidemiol
309 Community Health.* 1980; 34(4):281-6.
- 310 [22] Kucukdeveci AA, Mckenna SP, Kutlay S, Gursel Y, Whalley D, Arasil T. The
311 development and psychometric assessment of the Turkish version of Nottingham health
312 profile. *Int J Rehabil.* 2000; 23:31-38.
- 313 [23] Beaton DE, Bombardier C, Guillemin F, et al. Guidelines for the process of cross-
314 cultural adaptation of self-report measures. *Spine (Philo Pa 1976).* 2000; 25(24):3186-
315 91.
- 316 [24] Portney LG, Watkins MP. *Foundation of Clinical Research: Applications to
317 Practice.* Norwalk, CT: Appleton & Lange; 1993.
- 318 [25] Gunaydin G, Citaker S, Meray J, Cobanoglu G, Gunaydin OE, Hazar Kanik Z.
319 Reliability, Validty, and Cross-Cultural Adaptation of the Turkish Version of the
320 Bournemouth Questionnaire. *Spine.* 2016 Nov 1; 41(21): E1292-E1297.

- 321 [26] Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods
322 of clinical measurement. *Lancet*. 1986; 1(8476):307-10.
- 323 [27] World Health Organization. The International Classification of Functioning,
324 Disability and Health (ICF). 2001; Available from:
325 <http://www.who.int/classifications/drafticfpracticalmanual2.pdf?ua=1> (January 2017
326 till today)
- 327 [28] Bek N, Simsek IE, Erel S, Yakut Y, Uygur F. Turkish version of impact family
328 scale: a study of reliability and validity. *Health Qual Life Outcomes*. 2009; Jan 28; 7:4.
- 329 [29] Marx RG, Menezes A, Horovitz L, et al. A comparison of two time intervals for
330 test-retest reliability of health status instruments. *J Clin Epidemiol*. 2003; 56(8):730-5.
- 331 [30] Kozak-Szkopek E, Broczek K, Slusarczyk P, et al. Prevalence of chronic pain in
332 the elderly Polish population - results of the PolSenior study. *Arch Med Sci*. 2017 Aug;
333 13(5):1197-1206.
- 334 [31] Kuztal M, Trafidło E, Madziarska K, et al. Depressive symptoms but not chronic
335 pain have an impact on the survival of patients undergoing maintenance hemodialysis.
336 *Arch Med Sci* 2018; 14, 2: 265–275

Table

[Download source file \(23.9 kB\)](#)

Table I. Matching of the subscales between the NBQ,NHP and NDI

NBQ subscale	NHP subscale	NDI subscale
Pain Intensity	Pain	Pain Intensity
Physical Function	Physical Activity	Personal Care Lifting Reading Driving Recreation
Social Function	Social Isolation	Recreation
Anxiety	Emotion Reaction Energy Level	
Depression	Emotion Reaction Energy Level	
Cognition		Work
Pain locus of control	Pain	Pain Intensity

NBQ: Neck Bournemouth Questionnaire; NHP: Nottingham Health Profile; NDI: Neck Disability Index

Table II . Demographic and Clinical Characteristic of Patients (n=119)

	Mean ± SD	Min.-Max.
Age (year)	37.2±11.8	20 – 65
BMI (kg/cm ²)	25.9±5.2	16.6 – 44.1
Pain duration (month)	23.3±24.6	3 – 84
VAS (cm)	5.4±1.8	1 – 9

BMI: Body Mass Index, VAS: Vizuel Analog Scale , SD: Standart Deviation

Table

Download source file (23.9 kB)

Table III. Test – Retest Correlation Coefficient Values of Neck Bournemouth Questionnaire

NBQ	ICC (95% CI)	r
Total	0.913 (0.875 – 0.940)**	0.847**
Item 1	0.854 (0.791 – 0.899)**	0.772**
Item 2	0.888 (0.839 – 0.922)**	0.820**
Item 3	0.858 (0.796 – 0.901)**	0.770**
Item 4	0.868 (0.810 – 0.908)**	0.779**
Item 5	0.853 (0.789 – 0.898)**	0.752**
Item 6	0.828 (0.753 – 0.880)**	0.725**
Item 7	0.807 (0.723 – 0.866)**	0.678**

ICC: Intraclass correlation coefficient; All other correlations are significant at ** $p < 0,001$; r = Spearman correlation coefficient

Table IV. Internal Consistency of the Turkish Version of the Neck Bournemouth Questionnaire

NBQ Item	Cronbach Alpha if item deleted
Item 1	0.863
Item 2	0.854
Item 3	0.850
Item 4	0.850
Item 5	0.874
Item 6	0.846
Item 7	0.877

Table V. External Longitudinal Construct Validity of Items of the Neck Bournemouth Questionnaire

NBQ Item	Counterpart Measure	r
1	NDI Pain Intensity	0.557**
	NHP Pain	0.461**
2	NDI Personal Care	0.430**
	NDI Lifting	0.361**
	NDI Reading	0.397**
	NDI Driving	0.329**
	NDI Recreation	0.389**
	NHP Physical Activity	0.313**
3	NDI Recreation	0.429**
	NHP Social Isolation	0.206*
4	NHP Emotion Reaction	0.479**
	Energy Level	0.400**
5	NHP Emotion Reaction	0.597**
	Energy Level	0.424**
6	NDI Work	0.380**
7	NDI Pain Intensity	0.223*
	NHP Pain	0.454***
Total	NDI Total	0.318**
	NHP Total	0.581**

r = Spearman correlation coefficient; * Correlation is significant at 0.05 level; ** Correlation is significant at 0.01 level; *** Correlation is significant at 0.001 level

Manuscript body

Manuscript body 1 - [Download source file \(41.79 kB\)](#)

Tables

Table 1 - [Download source file \(23.9 kB\)](#)



Türk Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Dergisi

2016 27(2)34-41

Güzin KARA, PT, MSc^{1,2}
Kazakos KYRIAKOS, MD, PhD³
Panagiotis TSAKLIS, Prof, PT, ATC,
B.PhEd, PhD²

Geliş Tarihi: 11.09.2015 (Received)
Kabul Tarihi: 11.06.2016 (Accepted)

İletişim (Correspondence):

Güzin KARA, MSc, PT.
Pamukkale University, School of
Physical Therapy and Rehabilitation,
Kinikli Campus, 20070 Denizli, Turkey.
E-mail: guzin1196@pau.edu.tr

- 1 School of Physical Therapy and Rehabilitation, Pamukkale University, Denizli, Turkey
- 2 Biomechanics & Ergonomics Lab, Department of Physiotherapy, Alexander Technological Educational Institute of Thessaloniki (ATEITH), Greece
- 3 Department of Nursing ATEITH, Lab of Metabolism, MSc Course "Diabetes Mellitus Care"

COMPARISON BETWEEN A TRUNK TRAINING MACHINE AND CONVENTIONAL EXERCISES FOR TRUNK EXTENSORS AND EFFECT ON STANCE WEIGHT DISTRIBUTION OF YOUNG ADULTS: A PILOT STUDY

RESEARCH ARTICLE

ABSTRACT

Purpose: The aim of this study was to determine if there was a difference between activities of multifidus and erector spinae muscles, when trained using the same patterns through a trunk training machine (TTM) and conventional exercises for trunk extensors (CETE), and to investigate the postural changes in weight bearing between groups after interventions of TTM and CETE, respectively.

Methods: 20 healthy males with a mean age of 24.5±3.7 years participated in the study. First day, muscle EMG activities were recorded while all of the participants performed TTM and CETE exercises. Next day, they were separated into two groups. TTM (n=10) and CETE groups (n=10) were trained for 5 bouts. The body weight distribution was measured before and after the training periods.

Results: There was a significant difference between total TTM-Work output and CETE-Work output (p<0.01). Although no significant differences were found between two legs' weight distribution in both groups before and after the intervention program, standard deviation and frequencies of the values in TTM group for both legs were significantly different, and higher than CETE group (p=0.00).

Discussion: In conclusion, the TTM training appears to demand less muscle activity, thus less energy consuming and produced better stance outcome in the same time when compared with CETE. It is suggested that more participants are needed for a further research to reveal the effect of TTM intervention on the body weight distribution clearly. It is also recommended to plan new research in this field on other populations such as geriatrics or neurological disorders.

Key Words: Exercise; posture; physical training; weight bearing.

GÖVDE ÇALIŞMA ARACI İLE GÖVDE EKSTANSÖRLERİ İÇİN GELENKSEL EGZERSİZLERİN KARŞILAŞTIRILMASI VE GENÇ ERİŞKİMLERİN DURUŞ FAZINDA AĞIRLIK DAĞILIMI ÜZERİNE ETKİSİ: PILOT ÇALIŞMA

ARAŞTIRMA MAKALESİ

ÖZ

Amaç: Bu çalışma gövde çalışma aracı (GÇA) ve gövde ekstansörleri için geleneksel egzersizlerin (GEGE) aynı paternde uygulanması sırasında multifidus ve erector spinae kas aktiviteleri arasında bir fark olup olmadığını tespit etmek ve sırasıyla GÇA ve GEGE ile uygulanan programın ardından gruplar arasında ağırlık aktarmada postüral değişiklikleri araştırmak amacıyla planlanmıştır.

Yöntemler: Çalışmaya yaş ortalaması 24.5±3.7 yıl olan 20 sağlıklı erkek katılmıştır. İlk gün tüm katılımcılar GÇA ve GEGE egzersizlerini yaparken kas EMG aktiviteleri kaydedilmiştir. Ertesi gün katılımcılar iki gruba ayrılmıştır. GÇA (n=10) ve GEGE grubu (n=10) 5 kez çalışmışlardır. Vücut ağırlık dağılımı eğitim sürecinden önce ve sonra ölçülmüştür.

Sonuçlar: Toplam GÇA ve GEGE çalışma sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur (p=0,00). Her iki grupta da çalışma öncesi ve sonrası iki bacağın ağırlık dağılımları arasında anlamlı bir fark bulunmamasına rağmen, GEGE grubundan daha fazla olduğu göze çarpan, GÇA grubunda her iki bacak için değerlerin standart sapma ve frekanslarında anlamlı bir fark bulunmuştur (p=0.00).

Tartışma: Sonuç olarak, GEGE ile karşılaştırıldığında GÇA çalışmasının daha az kas aktivitesi, dolayısıyla daha az enerji tüketimi gerektirdiği ve aynı sürede daha iyi sonuç durumuna ulaştırdığı görülmektedir. GÇA çalışmasının gövde ağırlık dağılımı üzerine etkisini açıkça ortaya çıkarabilmek için ileriki çalışmalarda daha fazla katılımcıya ihtiyaç olduğu düşünülmüştür. Ayrıca geriyatrik veya nörolojik bozukluğu olanlar gibi diğer popülasyonlarda bu alanda yeni çalışmaların planlanması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Egzersiz; postür; fiziksel eğitim; ağırlık aktarma.

INTRODUCTION

Researches about posterior muscle chain (PMC) activity have a wide coverage in the literature owing to realization of their importance on the control of trunk in relation to pelvis. PMC activating methods such as postural exercises, core stabilization exercises, interventions through the machines and their effects on the posture and trunk stability have been widely discussed.

As well as there are more collaborative muscles of the PMC, one group of the posterior spine muscle chain are the lumbar extensor muscles (1). Two of the chain muscles are M. Multifidus and M. Erector Spinae. Optimal condition of these muscles includes optimal motor control, strength and endurance (2-4). An especially important function of muscles is their contribution to trunk stability, and it is thought that the co-activation of several trunk muscles is needed to achieve a degree of spinal stability (5-10).

In the literature, there are various kind of exercises to activate PMC (11-13). Conventional exercise of the trunk extensors (CETE) is a way to increase the muscle activity of PMC and generally is performed as over ground exercises on a mat. Appropriate strength training may have a positive effect on maximal strength (14,15), muscle size (16,17), muscle architecture (18) and the control of muscular contraction force (14-20). Another function that is often observed to improve with resistance training is postural stability (21,22). In addition to strength exercises, muscle stretching exercises are also used in conventional physical therapy (23). Stretching can provide a range of health-related motion benefits. It is considered that flexibility training can be an integral component in the prevention of injuries, as well as a method of improving performance in daily activities in a good posture (24).

Core stabilization exercises are other most used exercise types to activate core muscles such as PMC. Many studies have found a significant gain in the holding time of a certain posture when stability exercises were performed chronically as training regimens (25-30). This type of exercises can be used to strength trunk and core stabilizing muscles, decrease standard deviation of center of pressure

in standing position, control of motion and balance (30). Core stabilization exercises are maximized when an exercise is performed under dynamic conditions (e.g. by using a therapeutic Swiss ball) rather than under static conditions (e.g. over ground exercises), since proprioception and motor area of cerebrum are stimulated and balance ability is improved under dynamic conditions (9,11).

Freespine™(31), is a new trunk training machine (TTM) to work out horizontal cross training of the spine, back muscles and joints. The main aim of TTM is to keep vertebral discs elastic and backbone flexible by naturally exercising the Spinal Column in 3 dimensions. TTM is designed for total body and backbone workout with a flexible spine, aligning the core muscles' imbalance, decompressing the vertebral discs, reducing rate of perceived exertion, energy and training time and having a good cardio effect (31).

Although there is a lot of study about CETE and core stabilization exercises, less study about TTMs are present in the literature. Furthermore, there is no study about Freespine™. Therefore, the aims of this study were:

1. To examine the mentioned advantages of TTM in comparison with CETE,
2. To determine, if there is a difference between the muscle activity of multifidus and erector spinae, while TTM and CETE are implemented under the same patterns,
3. To investigate the postural changes in weight shifting between groups, after an intervention program with the TTM and CETE, respectively.

METHODS

Subjects

Twenty healthy male subjects participated in this study in the Biomechanics & Ergonomics Laboratory at the Department of Physiotherapy of the Alexander Technological Educational Institute of Thessaloniki between May and September 2014.

The subjects were university students and they had low to medium level athletics experience. Their mean±SD age, height and weight were 24.5±3.7 years, 1.75±4.11 m, 69.5±19.10 kg, respectively. The inclusion criteria were

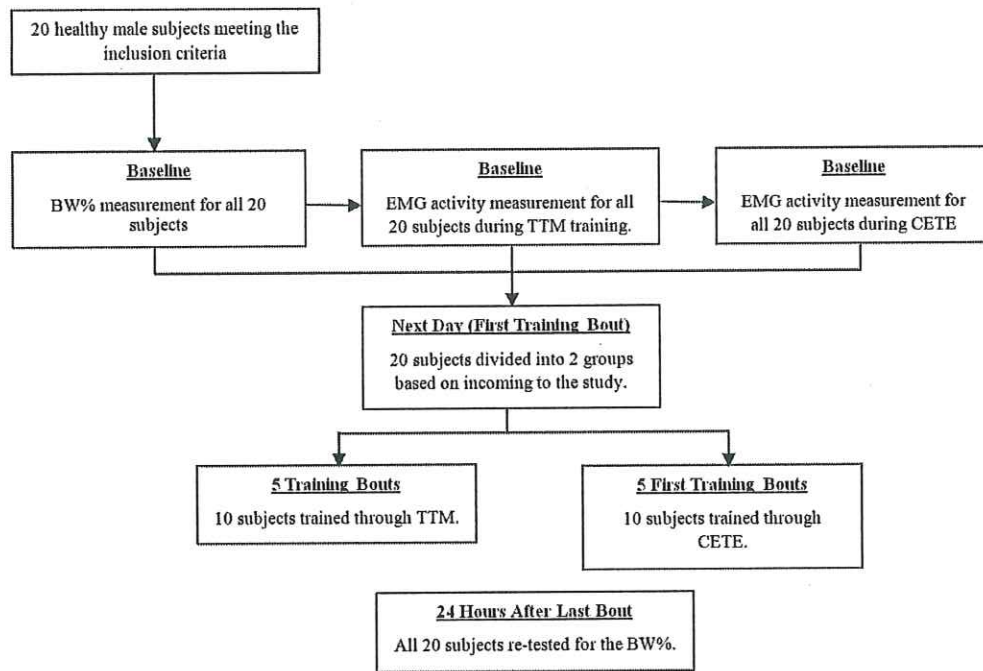


Fig. 1: Flow Diagram of The Subjects

BW%: Body weight distribution
EMG: Electromyography

TTM: Trunk training machine (Freespine™)
CETE: Conventional Exercises of The Trunk Extensors

- 1) being 21-27 year-old healthy male,
 - 2) doing exercise 3 times a week in a gym, stadium etc. and having low to medium level of athletic experience,
 - 3) the completion of the procedure.
- The exclusion criteria were
- 1) being less than 21 year old and more than 27 year old,
 - 2) not doing exercise or being a systematic athlete,
 - 3) not completing the procedure (Fig. 1).

Each subject was informed about the study and the consent. The study was approved by the ATEITH Committee of Deontology and Ethics (No: 1634/23-03-2014).

Research Protocol

First day, body weight distribution (BW%) of all subjects was measured (baseline). Then, they practiced TTM and CETE protocols and electromyography (EMG) measurements were done to investigate the selected muscle activities, during these applications.

For the next five training bouts (days), they were separated in two groups of 10 subjects. They joined to each group, based on their order of attendance to the study (i.e. the first subject to group

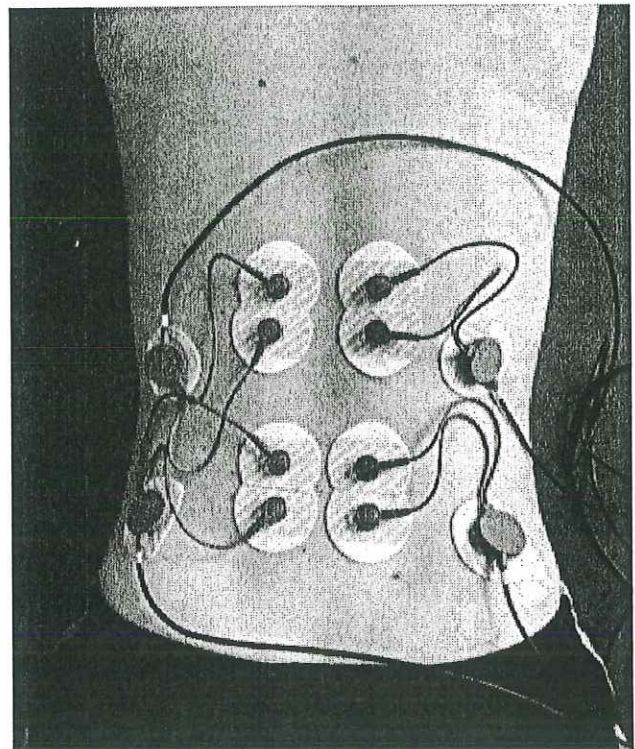


Fig. 2: The Placement of EMG Electrodes

1, the second subject to group 2, etc.) (Fig.1). Both groups performed 5 training bouts, with an interval of 48 hours (total period 13 days). They started the next day of the baseline and re-tested for the BW%, 24 hours after the last training day.

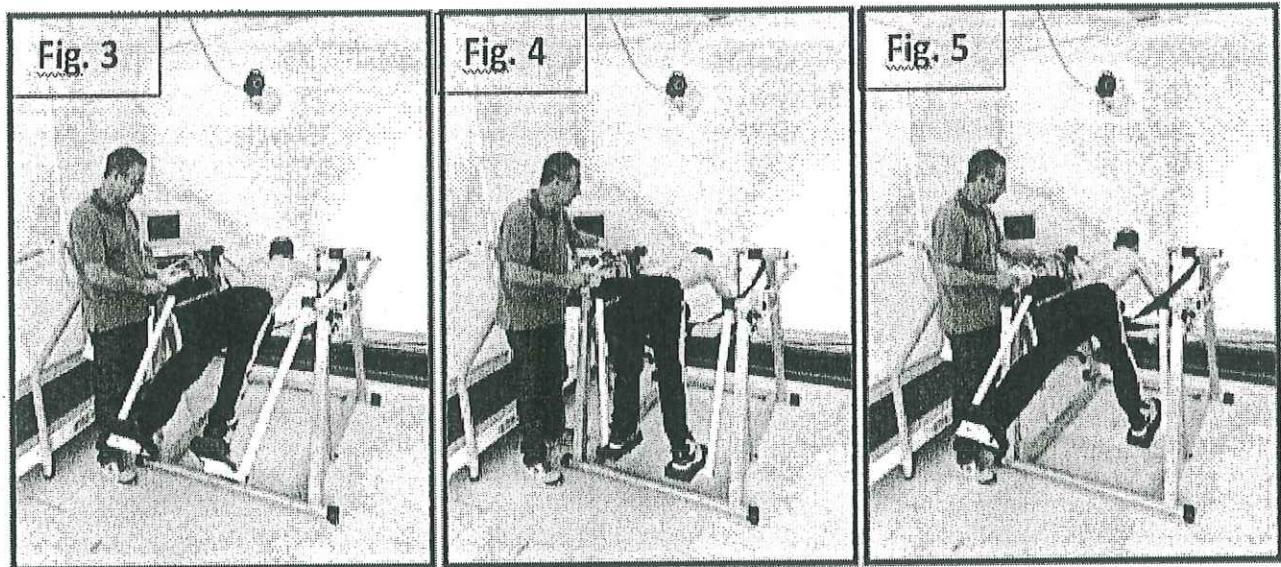


Fig. 3: Bilateral upper and lower extremity extension
Fig. 4: Bilateral upper and lower extremity flexion
Fig. 5: Ipsilateral upper and lower extremity extension

All the assessments and training protocol were applied by a physical therapist under supervision of a senior physical therapist. The subjects were blind to the study.

Body Weight Distribution (BW%) Measurement

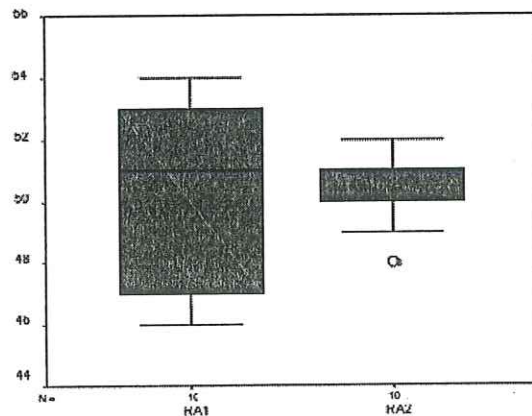
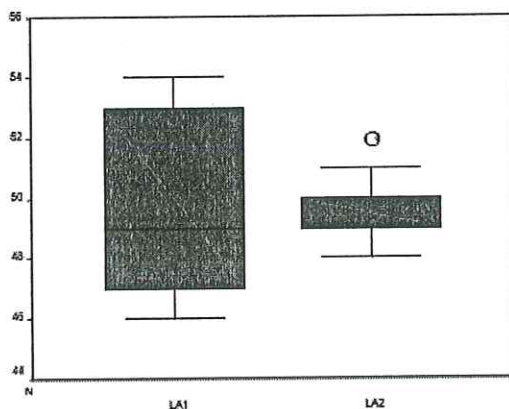
The body weight distribution (BW%) measurement was performed using two force plates (BERTEC-CorpFP40X60-07-1000, Columbus OH), with the subjects placing barefoot, adapting a quite bipedal standing position and looking at a fix point in front. They were also asked to try to adjust their stance before the measurement began. The recording was

Table 1: TTM Vs CETE EMG total work (µV)

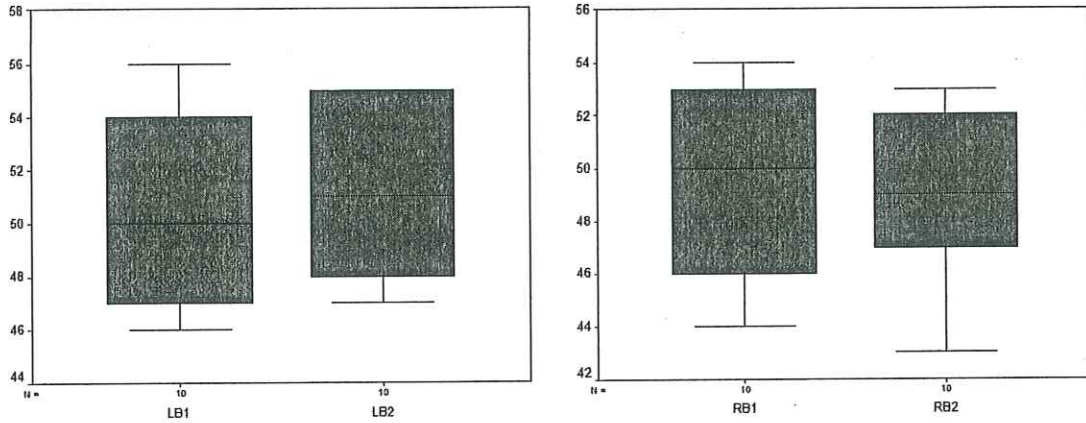
Variables	n	Mean±SD	p
TTM-Work	20	16101.40±1118.11	0.000
CPE-Work	20	73867.30±7626.10	

TTM: Trunk Training Machine;
 EMG: Electromyography;
 CETE: Conventional Exercises of The Trunk Extensors;
 Vs: Versus.

lasted 15 seconds in a sample frequency of 1000 Hz. The percentages of body weight per lower extremity were calculated with the Vicon Polygon software (©Vicon Motion Systems Ltd. UK).



Graphics 1 & 2: Ranges for left & right leg distribution between measures, in group A
 LA1: left leg group A, 1st measurement; LA2: left leg group A, 2nd measurement;
 RA1: right leg group A, 1st measurement; RA2: right leg group A, 2nd measurement.



Graphics 3 & 4: Ranges for left & right leg distribution between measures, in group B
 LB1: left leg group B, 1st measurement; LB2: left leg group B, 2nd measurement;
 RB1: right leg group B, 1st measurement; RB2: right leg group B, 2nd measurement.

Muscle Activity Measurement

EMG recording was performed with the 8-channel Biomonitor ME6000 (Mega Electronics LTD). Prior to EMG recording, participants' skin was shaved, sandpapered and carefully cleaned with 70% alcohol. Disposable pre-gelled self-adhesive bipolar surface electrodes (Ag/AgCl; 0.8 cm diameter, Blue Sensor N-00-S, Medicotest A/S, Ølstykke, Denmark) were placed on and aligned with a line from caudal tip posterior spina iliaca superior to the interspace between L1 and L2 interspace at the level of L5 spinous process (i.e. about 2-3 cm from the midline) for Multifidus muscle, with an inter-elect-

rode distance of 2cm in accordance with SENIAM (Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles) guidelines (32). The neutral electrodes were placed on the iliac crest bilaterally. The same was also done for Iliocostal branch of Erector Spina muscle. Placement point was one finger width medial from the line from the posterior spina iliaca superior to the lowest point of the lower rib, at the level of L2. The neutral electrodes were placed on the lower rib bilaterally (Fig. 2).

After placement, the function of the electrodes was tested and stabilized properly with a tape to avoid noise.

Table 2: Descriptive statistics and comparisons of left/right leg weight distribution, during 1st and 2nd measure, for group A (TTM) and B (CETE)

Variables	n	Range	Min (%)	Max (%)	Mean±SD	p	t
LA1	10	8	46	54	49.90±3.07	0.92	-0.10
RA1	10	8	46	54	50.10±3.07		
LA2	10	4	48	52	49.60±1.17	0.30	-1.07
RA2	10	4	48	52	50.40±1.17		
LB1	10	10	46	56	50.20±3.79	0.87	0.16
RB1	10	10	44	54	49.80±3.79		
LB2	10	8	47	55	51.20±3.29	0.28	1.14
RB2	10	10	43	53	48.80±3.43		

TTM: Trunk Training Machine; CETE: Conventional Exercises of The Trunk Extensors;
 LA1: left leg group A, 1st measurement; LA2: left leg group A, 2nd measurement;
 RA1: right leg group A, 1st measurement; RA2: right leg group A, 2nd measurement;
 LB1: left leg group B, 1st measurement; LB2: left leg group B, 2nd measurement;
 RB1: right leg group B, 1st measurement; RB2: right leg group B, 2nd measurement

Exercise Procedure for EMG activity measurement

The subjects had to withstand for two different practices, a) use a TTM and b) use a CETE application, with a rest of 15 minutes between the practices.

They performed two type of exercises during each practice, including bilateral upper and lower extremity extension consecutively (exercise1) and ipsilateral upper and lower extremity extension (exercise2) for TTM and for CETE on mat.

While each exercise was performed using the TTM or the CETE, a metronome was used to fix cadence at 30 bip/minute (every 2 s) (31). Every practice, started with exercise1. Both exercises lasted 2 minutes with an alternation of 30 s for each.

Training Protocol

Each subject in group A performed bilateral upper and lower extremity extensions, consecutively for 90 seconds with 90 seconds rest, on the TTM (Fig. 3&4), followed by ipsilateral upper and lower extremity extension consecutively for 90 seconds with 90 seconds rest, for a total of 15 minutes (Fig. 5). A metronome was used to fix the cadence at 20 bip/minute (every 3 s) (31).

The subjects in group B performed the same exercises protocol, on a mat on the ground.

Statistical Analysis

Statistical analyses were performed using the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS version 21.0). Normal distribution analysis was applied to decide parametric tests. Wilcoxon Matched Pairs Test was applied to analyze differences between groups for BW% before and after TTM and CETE for BW% each training method in itself and Two Independent Samples Test was used to compare the TTM-Work and CETE-Work outputs. Numbers, percentages, minimum and maximum values, mean \pm SD were also recorded as descriptive statistics. P values ≤ 0.05 were considered to indicate statistical significance.

RESULTS

There was no difference between the groups related to the characteristics of demographics and the

assessed parameters before intervention ($p > 0.05$).

According to the muscle activity measurements, there was a significant difference between total TTM-Work and CETE-Work ($p = 0.00$) (Table 1).

Descriptive statistics of left and right leg BW% for both groups are shown in Table 2.

There was no significant difference between measures for group A in first ($p = 0.92$) and second ($p = 0.30$) BW% measurements ($p > 0.05$) (Table 2).

There was no significant difference between measures for group B in first ($p = 0.87$) and second ($p = 0.28$) BW% measurements ($p > 0.05$) (Table 2).

Graphics 1&2 present ranges for the left and right leg distribution between measures in group A and the means were around 50 for both the first and second measurements (Graphics 1&2).

Graphics 3&4 present ranges for the left and right leg distribution between measures in group B and the means were around 50 for both the first and second measurements (Graphics 3&4).

When we compared the differences between Graphic 1&2 and Graphic 3&4, we could see a bigger change in the range of both leg BW% in Graphics 1&2.

DISCUSSION

CETE and core stabilization exercises are the most discussed and researched subjects in the literature. Yet, training through trunk training machines such as Freespine™ is less seen. This study has an importance since being the first and pilot study, and also examining the effects of it.

According to the results of the study, there was a significant difference in total TTM-Work and CETE-Work. Multifidus muscle, being one of the core muscle, and longissimus branch of erector spinae muscle, being one of the postural muscles, revealed less muscle activity in TTM intervention than CETE. Similar results can be seen in the literature that multidimensional, static and dynamic, aerobic, strength and flexibility exercises improve the balance ability and reduce falls in geriatric population through increasing postural control (33,34). Besides that, Theraband™ exercises and ball training in lying/sitting position to stretch, strength and incre-

ase the balance improves postural sway and functional reach in older individuals (34,35). Multimodal approach, contralateral and ipsilateral patterns, instead of static surface, on the ball help to gain internalized dynamic balance system in geriatric population. Therefore, the use of air filled ball in conjunction with functional tasks was effective in increasing strength in antigravity trunk musculature, increasing postural awareness and maintaining good balance (34).

Although there was a significant difference between SEMG activities during total TTM and CETE interventions, no significant difference was found between measures for both of groups in the first and second BW% measurements. The literature about the effect of functional training including BW% points out that, a weight-shift training program improves balance control but not weight distribution in a group of chronic stroke subjects. Even one research has reached these results (36), another research has shown that symmetrical BW% training may improve sit-to-stand performance and consequently, decrease the number of falls in the same population (37).

Although no significant differences were found on the weight distribution between the left and right legs in both groups, before and after the intervention program, there was a significant difference of the values of the ranges in TTM group for both legs, which was marked as bigger than CETE group. It is considered that, in comparison with CETE, TTM training appear to demand less muscle activity, thus less energy consuming and to produce better stance outcome at the same time. The strong side of our study was that it included objective outcome measurements such as surface EMG (38) and force plate weight bearing assessment and the same training protocol for both intervention groups. Additionally, this research is unique for using Freespine™ and also, there is small number of studies about TTMs comparing with CETE and core stabilization exercises in the literature.

However, it is considered that having a small sample size and being a pilot study are the limitations of this study. The reason of the small sample size is that, we chose subjects with low to medium level of athletic experience and excluded systematic athletes.

We are planning more research in this field on other populations such as geriatrics. In addition to this, we think that including more participants for the further researches will reveal the effect of TTM on BW%, clearly.

In conclusion, using TTM may be beneficial for 3 dimensional training of spine, core and back muscles with less time, effort and energy..

REFERENCES

1. Ridder E, van Oosterwijck JO, Vleeming A, Vanderstraeten GG, Danneels LA. Posterior muscle chain activity during various extension exercises: An observational study. *BMC Musculoskel Dis.* 2013;14(1):1-11.
2. Hibbs AE, Thompson KG, French D, Wrigley A, Spears I. Optimizing performance by improving core stability and core strength. *Sports Med.* 2008;38(12):995-1008.
3. Young W, Rath DA. Enhancing foot velocity in football kicking: The role of strength training. *J Strength Cond Res.* 2011;25:561-6.
4. Durall CJ, Udermann BE, Johansen DR, Gibson B, Reineke DM, Reuteman P. The effects of preseason trunk muscle training on low-back pain occurrence in women collegiate gymnasts. *J Strength Cond Res.* 2009;23(2):86-92.
5. Imai A, Kaneoka K, Okubo Y, Shiina I, Tatumuna M, Izumi S, et al. Trunk muscle activity during lumbar stabilization exercises on both a stable and unstable surface. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010;40(6):369-75.
6. Axler CT, McGill SM. Low back loads over a variety of abdominal exercises: Searching for the safest abdominal challenge. *Med Sci Sports Exerc.* 1997;29(6):804-11.
7. Butcher SJ, Craven BR, Chilibeck PD, Spink KS, Grona SL, Springings EJ. The effect of trunk stability training on vertical takeoff velocity. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2007;37(5):223-31.
8. Leetun DT, Ireland ML, Willson JD, Ballantyne BT, Davis IM. Core stability measures as risk factors for lower extremity injury in athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(6):926-34.
9. O'Sullivan PB, Phytty GD, Twomey LT, Allison GT. Evaluation of specific stabilizing exercise in the treatment of chronic low back pain with radiologic diagnosis of spondylolysis or spondylolisthesis. *Spine.* 1997;22(24):2959-67.
10. Rasmussen-Barr E, Ang B, Arvidsson I, Nilsson-Wikmar L. Graded exercise for recurrent low-back pain: A randomized, controlled trial with 6-, 12-, and 36-month follow-ups. *Spine.* 2009;34(3):221-8.
11. Jung J, Yu J, Kang H. Differences in trunk muscle activities and ratios between unstable supine and prone bridging exercises in individuals with low back pain. *J Phys Ther Sci.* 2012;24:889-92.
12. Kim JW, Han JY, Kang MH, Ha SM, Oh JS. Comparison of posterior oblique sling activity during hip extension in the prone position on the floor and on a round foam roll. *J Phys Ther Sci.* 2013;25:977-9.
13. Peterson C, Nittinger N. Connecting the core: Exercises to enhance stability. *J Med Sci Tennis.* 2013;18(1):13-20.
14. Ferri A, Scaglioni G, Pousson M, Capodaglio P, van Hoecke J, Narici MV. Strength and power changes of the human plantar flexors and knee extensors in response to resistance training in old age. *Acta Physiol Scand.* 2003;177(1):69-78.
15. Hakkinen K, Hakkinen A. Neuromuscular adaptations during intensive strength training in middle-aged and elderly males and females. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 1995; 35(3):137-47.

16. Hakkinen K, Newton RU, Gordon SE, McCormick M, Volek JS, Nindl BC, et al. Changes in muscle morphology, electromyographic activity, and force production characteristics during progressive strength training in young and older men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 1998;53(6):B415-23.
17. Kryger AI, Andersen JL. Resistance training in the oldest old: Consequences for muscle strength, fiber types, fiber size, and MHC isoforms. *Scand J Med Sci Sports.* 2007;17(4):422-30.
18. Blazeovich AJ, Cannavan D, Coleman DR, Horne S. Influence of concentric and eccentric resistance training on architectural adaptation in human quadriceps muscles. *J Appl Physiol.* 2007;103(5):1565-75.
19. Manini TM, Clark BC, Tracy BL, Burke J, Ploutz-Snyder LL. Resistance and functional training reduces knee extensor position fluctuations in functionally limited older adults. *Eur J Appl Physiol.* 2005;95(5-6):436-46.
20. Tracy BL, Byrnes WC, Enoka RM. Strength training reduces force fluctuations during an isometric contractions of the quadriceps femoris muscles in old adults. *J Appl Physiol.* 2004;96(4):1530-40.
21. Hess JA, Woollacott M. Effect of high-intensity strength-training on functional measures of balance ability in balance-impaired older adults. *JMPT.* 2005;28(8):582-90.
22. Ryushi T, Kumagai K, Hayase H, Abe T, Shibuya K, Ono A. Effect of resistive knee extension training on postural control measures in middle aged and elderly persons. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci.* 2000;19(3):143-9.
23. Cunha ACV, Burke TN, França FJR, Marques AP. Effect of global posture reeducation and of static stretching on pain, range of motion, and quality of life in women with chronic neck pain: a randomized clinical trial. *Clinics.* 2008;63(6):763-70.
24. López-Miñarro P, Muyor J, Belmonte F, Alacid F. Acute effects of hamstring stretching on sagittal spinal curvatures and pelvic tilt. *J Hum Kinet.* 2012;31:69-78.
25. Carter JM, Beam WC, McMahan SG, Barr ML, Brown LE. The effects of stability ball training on spinal stability in sedentary individuals. *J Strength Cond Res.* 2006;20(2):429-35.
26. Cosio-Lima LM, Reynolds KL, Winter C, Paolone V, Jones MT. Effects of physio-ball and conventional floor exercises on early phase adaptations in back and abdominal core stability and balance in women. *J Strength Cond Res.* 2003;17(4):721-5.
27. Heltkamp HC, Horstmann T, Mayer F, Weller J, Dickhuth HH. Gain in strength and muscular balance after balance training. *Int J Sports Med.* 2001;22:285-90.
28. Stanton R, Reaburn PR, Humphries B. The effect of short-term Swiss ball training on core stability and running economy. *J Strength Cond Res.* 2004;18(3):522-8.
29. Tse MA, McManus AM, Masters RSW. Development and validation of a core endurance intervention program: Implications for performance in college-age rowers. *J Strength Cond Res.* 2005;19(3):547-52.
30. Kaji A, Sasagawa S, Kubo T, Kanehisa H. Transient effect of core stability exercises on postural sway during quiet standing. *J Strength Cond Res.* 2010;24(2):382-8.
31. Freespine [homepage on the Internet]. [cited 2015 July 28]. Available from: <http://www.freespine.com/en/>.
32. The Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles Project [homepage on the internet]. Enschede: The SENIAM Project; [cited 2015 Aug 1]. Available from: <http://www.seniam.org/>
33. Shumway-Cook A, Woollacott MH. Aging and postural control. In: Shumway Cook, Woollacott WH, editors. *Motor control: theory and practical application.* Baltimore: LWW, 1997; p. 222-47.
34. Jahagirdar SS, Kenkre IR. Training elderly for mobility and strength using emg/biofeedback and swiss ball/ peanut ball exercises. *IJOT.* 2010;42(1):17-25.
35. Roger ME, Fernandez JE, Bohlken RM. Training to reduce postural sway and increase functional reach in the elderly. *J Occup Rehabil.* 2001;11(4):291-8.
36. Tsaklilis PV, Grooten WJA, Franzén E. Effects of weight-shift training on balance control and weight distribution in chronic stroke: a pilot study. *Top Stroke Rehabil.* 2012;19(1):23-31.
37. Cheng PT, Wu SH, Liaw MY, Wong AMK, Tang FT. Symmetrical body-weight distribution training in stroke patients and its effect on fall prevention. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(12):1650-4.
38. İnanoğlu D, Baltacı G. Nörolojik defisiti olmayan bel ağrılı hastalarda farklı bantlama tekniklerinin yaşam kalitesi ve ağrı üzerine etkisi. *J Exerc Ther Rehabil.* 2014;1(1):26-34.

Expectations of patients with hemiparesis from physiotherapy programme: concordance among patients, patients' caregiver and physiotherapists

Ayşe Ünal, Filiz Altuğ, Gönül Kilavuz, Güzin Kara & Uğur Cavlak

To cite this article: Ayşe Ünal, Filiz Altuğ, Gönül Kilavuz, Güzin Kara & Uğur Cavlak (2018): Expectations of patients with hemiparesis from physiotherapy programme: concordance among patients, patients' caregiver and physiotherapists, European Journal of Physiotherapy, DOI: [10.1080/21679169.2018.1447012](https://doi.org/10.1080/21679169.2018.1447012)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/21679169.2018.1447012>



Published online: 06 Mar 2018.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 46



View related articles [↗](#)



View Crossmark data [↗](#)

Expectations of patients with hemiparesis from physiotherapy programme: concordance among patients, patients' caregiver and physiotherapists

Ayşe Ünal^a, Filiz Altuğ^a, Gönül Kilavuz^b, Güzin Kara^a and Uğur Cavlak^a

^aSchool of Physical Therapy and Rehabilitation, Pamukkale University, Denizli, Turkey; ^bSchool of Health, Bilecik Şeyh Edebali University, Bilecik, Turkey

ABSTRACT

Purpose: The aim of this study was to examine the agreement between physiotherapists (PTs), patients and caregivers about the physiotherapy of patients with hemiparesis.

Materials and methods: Fifty-two patients with hemiparesis (M = 24, F = 28), caregivers (N = 52) and PTs (N = 52) who applied for the physiotherapy programme were interviewed. Demographic and clinical characteristics of the patients were recorded. A questionnaire composed of six questions was used to describe the expectations of the PTs, caregivers and patients about the physiotherapy programme.

Results: The Kappa calculator revealed a statistically moderate level of agreement between PTs and caregivers ($K = 0.532, p = .0001$), patients and caregivers ($K = 0.496, p = .0001$) and PTs and patients ($K = 0.401, p = .0001$) regarding the expectations of physiotherapy programme.

Conclusion: Expectations of the patients and caregivers must be considered for rehabilitation; hence, participation in the therapy and efficacy of the physiotherapy programme will increase. Consequently, we believe that the expectations of the patients and caregivers should be considered by the PTs when preparing a treatment programme for patients with hemiparesis.

ARTICLE HISTORY

Received 7 October 2017
Revised 19 February 2018
Accepted 25 February 2018
Published online 6 March 2018

KEYWORDS

Caregivers; concordance; expectation; hemiparesis; physiotherapist

Introduction

Following hemiparesis that develop due to cerebrovascular problems, various systemic complications may arise in addition to neurological complications [1]. These complications pose an obstacle for patients in performing their daily living activities [2]. In addition, factors such as shamefulness, lack of motivation, insufficiently informed and rejected by people around influence individuals to gain independence and to be protected negatively [3].

The physiotherapy programme of the patients with hemiparesis is a team effort [4]. Considering the needs and expectations of the patients from the treatment by determining their priorities using an organised treatment programme decreases long-term disability and impairment rates of patients with hemiparesis [5]. This, in turn, is important for successful rehabilitation. Thus, caregivers want to be informed about the physiotherapy programme employed and to learn about other additional treatments.

Physiotherapists (PTs) plan a patient-specific treatment by evaluating what the patient can do and cannot do objectively and apply. A directly proportional increase was found in the expectations of both the families and PTs after the completion of the treatment [6].

Patients and their caregivers may request from PTs to apply treatment methods other than the treatments favoured by the PT, which they learn from different publications while ignoring the current status to the patient, to obtain the best results. However, PTs support this programme by employing

the most appropriate treatment, with recommendations for or application of additional treatments when necessary.

Patient's participation and motivation to the treatment increase because how the programme was included in the physiotherapy programme was determined based on the common aims of the patients and their caregivers [7]. This, in turn, allows the PT to use the treatment period more effectively. Moreover, treatment expenditures decrease because the patient achieves the desired functional level within a shorter time period.

This study aimed to investigate the concordance among expectations of patient, caregiver and PT about the physiotherapy programme of patients with hemiparesis.

Materials and methods

This study was performed at the Department of Neurological Rehabilitation of Pamukkale University between January 2014 and January 2015. Fifty-two patients with hemiparesis, their caregivers (N = 52) and PTs (N = 52) volunteered to participate in the study. The first-degree relative who took care of the patient was recognised as the caregiver. All the patients with hemiparesis and their caregivers were informed about the mechanism of cerebrovascular diseases, their effects on the human body and neurodevelopmental status and the contents of the physiotherapy programme. Thereafter, informed written consents were obtained. The experienced PT gave information about the disease and physiotherapy

programme to each participant before starting the programme. The questionnaire was administered face-to-face to patients, caregivers and PTs by the same PT with 5-year experience in neurological rehabilitation. The study was approved by the Ethics Board Committee of Pamukkale University Medical Faculty (Ref No:17, Date:17.12.2013), and ethical principles laid down in Declaration of Helsinki have been followed.

Stable patients with hemiparesis who were 20 years old or older and without cognitive (had 8 points and higher in the Hodkinson Mental Test) and communication problems, without accompanying neurological problems and received physiotherapy at least for 4 weeks were included in the study [8].

Evaluation methods

Clinical data of the patients that participated in the study and demographic data of patients' caregivers and PTs were recorded. The modified Rankin scale was used to evaluate the impairment status. This scale is graded between 0 and 6 points. As the point increases, the impairment rate also increases. Those who received 1 and 2 points live independently, and those who received 3 points and higher live dependently [9,10].

The level of independence of patients in daily living was evaluated using the functional independence measure (FIM). This scale includes 13 physical and 5 socio-cognitive statuses and evaluates within the range of 18–126 points. A higher score means higher independency level. The FIM is composed of a 7-stage scale that evaluates self-care, sphincter control, transfer, motion, communication, social relationship and cognitive status [11,12].

The assessment form consisted of six questions created by Kavlak et al., which asked about the expectations and opinions of the individual with hemiparesis, caregiver and PT with regard to the physiotherapy programme employed. Moreover, questions at the beginning of the questionnaire are concerned about the general information of the individual with hemiparesis, caregiver and PT followed by questions on the general health and treatment employed [13].

Statistical analysis

Power analysis was performed, which revealed 90% power obtained with 95% reliability when 52 patients, 52 caregivers and 52 PTs were included in the study. Data were analysed using the SPSS 18.0 software. Continuous variables were given as mean \pm standard deviation, and categorical variables were given as number (*n*) and percentage (%). The significance threshold was determined to be $p < .05$. Kappa coefficient (*K*) was used to investigate the concordance of the expectations of patients with hemiparesis, caregivers and PTs. The kappa coefficient ranged between 0 and 1. Cohen suggested that the kappa coefficient result will be interpreted as follows: ≤ 0 , agreement; 0.01–0.20, none to slight; 0.21–0.40, fair; 0.41–0.60, moderate; 0.61–0.80, substantial; and 0.81–1.00, almost perfect agreement [14,15].

Table 1. Demographics of individuals with hemiparesis.

Variables	Mean \pm SD	Min–Max
Age (year)	49.76 \pm 18.02	21–84
Therapy duration (week)	29.73 \pm 38.54	5–156
Educational status	<i>n</i> (%)	
Unliterated	1 (1.9)	
Literated	6 (11.5)	
Primary school	22 (42.3)	
Secondary school	3 (5.8)	
High school	14 (26.9)	
University	6 (11.5)	

SD: Standard deviation.

Table 2. Clinical characteristics of individuals with hemiparesis.

Variables	<i>n</i> (%)
Hemiparesis aetiology	
Ischemia	24 (46.2)
Tumour	13 (25)
Trauma	7 (13.5)
Haemorrhage	4 (7.7)
AVM	4 (7.7)
MRS	
1	5 (9.6)
2	11 (21.2)
3	18 (34.6)
4	14 (26.9)
5	4 (7.7)
Using assistive devices	
Walking stick	7 (13.5)
Shoulder strap	5 (9.6)
Walker	5 (9.6)
Tripod	4 (7.7)
AFO	4 (7.7)
Forearm supported walking cane (Canadian)	3 (5.8)
None	24 (46.2)
FIM	Mean \pm SD
Motor score	62.88 \pm 22.41
Cognitive score	32.48 \pm 3.68
Total score	95.36 \pm 24.44
	Min–Max
	14–91
	18–35
	41–126

MRS: Modified Rankin Scale; FIM: Functional Independence Measure; AFO: ankle-foot orthosis; AVM: arteriovenous malformation.

Results

The mean age of the patients with hemiparesis ($F=28$, $M=24$) was 49.76 ± 18.02 years, and the mean duration of physiotherapy was 29.73 ± 38.54 weeks (Table 1). The mean age of the caregivers was 45.03 ± 10.51 years. The mean age of the PTs was 27.25 ± 2.77 years, and their mean professional time was 4.84 ± 3.10 years. Clinical data of the patients are given in Table 2.

Investigation of the causes of hemiparesis revealed cerebral ischaemia in 46.2% ($n=24$) of the patients, tumour in 25% ($n=13$), trauma in 13.5% ($n=7$), cerebral haemorrhage in 7.7% ($n=4$) and arteriovenous malformation in 7.7% ($n=4$) (Table 2).

Results of the questionnaire analysis on investigating the expectations of patients, caregivers and PTs about treatments of the patients are as follows: in the descriptions of the patients and caregivers about the general health of the individuals for whom treatment was applied, 28.8% ($n=15$) of the patients, 36.5% ($n=19$) of the caregivers and 44.2% ($n=23$) of the PTs defined health of the patients as 'good', and concordance between the patient and their caregivers was 21.2% and that between the patient and PT was 9.6%. A statistically moderate concordance of 21.2% was found between caregivers and PTs ($K=0.373$, $p=.0001$) (Table 3).

Table 3. Distribution of ideas belonging to the patients, caregivers, and physiotherapists.

Variables	Patient (n = 52) n (%)	Caregiver (n = 52) n (%)	PT (n = 52) n (%)	Patient-caregiver concordance n (%)	Patient-PT concordance n (%)	Caregiver-PT concordance n (%)
Definition of health						
Excellent	2 (3.8)	–	–	–	–	–
Very good	8 (15.4)	12 (23.1)	6 (11.5)	6 (11.5)	3 (5.8)	4 (7.7)
Good	15 (28.8)	19 (36.5)	23 (44.2)	11 (21.2)	5 (9.6)	11 (21.2)
Moderate	17 (32.7)	18 (34.6)	18 (34.6)	9 (17.3)	6 (11.5)	12 (23.1)
Bad	10 (19.2)	3 (5.8)	5 (9.6)	2 (3.8)	2 (3.8)	2 (3.8)
Awareness about treatments						
PTR	13 (25)	13 (25)	7 (13.5)	9 (17.3)	7 (13.5)	7 (13.5)
Medical	1 (1.9)	1 (1.9)	–	0 (0)	–	–
Medical + PTR	26 (50)	37 (71.2)	45 (86.5)	21 (40.4)	26 (50)	37 (71.2)
No idea	12 (23.1)	1 (1.9)	–	0 (0)	–	–
Thoughts on treatment compliance						
Yes	33 (63.5)	44 (84.6)	52 (100)	30 (57.7)	33 (63.5)	44 (84.6)
No	2 (3.8)	–	–	–	–	–
No idea	17 (32.7)	8 (15.4)	–	3 (5.8)	–	–

PT: Physiotherapist; PTR: physical therapy and rehabilitation.

When the treatments received by the patients were investigated, 50% ($n=26$) of the patients, 71.2% ($n=37$) of the caregivers and 86.5% ($n=45$) of the PTs responded 'medical treatment and physiotherapy'. A concordance of 50% and 71.2% was found between the patient and the PT, and between the caregivers and the PT, respectively. A statistically weak concordance of 40.4% was found between the patient and their caregivers ($K=0.267$ and $p=.003$) (Table 3).

Furthermore, 63.5% ($n=33$) of the patients, 84.6% ($n=44$) of the caregivers and 100% ($n=7$) of the PTs believed that the physiotherapy programme was appropriate. A concordance of 84.6%, 63.5% and 57.7% was found between the caregivers and the PT, between the patient and the PT, and between the patients and their caregivers, respectively (Table 3).

In addition, 48.1% ($n=25$) of the patients, 42.3% ($n=22$) of the caregivers and 25% ($n=13$) of the PTs expressed their targets as 'assisted/unassisted walking'. Concordance between the patient and the caregiver was 32.7% and that between the patient and the PT was 19.2%. Within the scope of all expectations, statistically moderate concordances exist between the caregiver and PT ($K=0.532$, $p=.0001$), between the patient and the caregiver ($K=0.496$, $p=.0001$) and between the patient and the PTs ($K=0.401$, $p=.0001$) (Table 4).

Regarding the application of additional treatments to the patient, 17.3% ($n=9$) of the patients, 42.3% ($n=22$) of the caregivers and 38.5% ($n=20$) of the PTs declared that more intensive physiotherapy should have been applied. A concordance of 9.6% was found among the patient and the PTs, and a concordance of 28.8% was found between the caregivers and PTs. On the contrary, a concordance of 15.4% was found between the patient and the caregiver, and a statistically weak concordance was found between them regarding additional therapies ($K=0.307$ and $p=.0001$) (Table 4).

Generally, 36.5% ($n=19$) of the patients and 42.3% ($n=22$) of the caregivers and PTs considered the applied physiotherapy programme as 'good' in terms of contents. Concordance was 23.1% between the patient and the caregiver and 17.3% between the patient and the PT. However, the concordance between the caregiver and the PT was

28.8%, and a statistically weak concordance was determined between them ($K=0.373$, $p=.0001$) (Table 4).

Discussion

The results obtained from this study indicate differences in terms of expectations regarding the physiotherapy programme between patients, caregivers and PTs. Patients and caregivers reported more expectations than the PTs because the PTs could think more realistically than the patients and caregivers.

Only one study on the physiotherapy programme of children with cerebral palsy was conducted [13]. Hence, we performed the present study on patients with hemiparesis to fill this gap in neurorehabilitation. The biggest strength of our work is that this is the first study in this area.

Holliday et al. studied 202 stroke survivors to determine agreement between rehabilitation goals of patient and health professionals. This study found a 60% agreement [16]. In our study, this rate is lower than that of Holliday, and a moderate concordance was found among the patients, caregivers and PTs.

Many patients with a history of stroke and their caregivers do not have sufficient knowledge to maintain physiotherapy programme at home [17]. A competent and well-informed caregiver has an important role in the development of mental and physical health and socialisation of the individual with a history of stroke [18,19]. For training of the patients with hemiparesis and caregivers, different training methods such as individual education, meetings for caregivers to benefit from experiences of each other and educational leaflets can be used [20–22].

Many studies emphasise that a treatment plan should be prepared by evaluating the patient as a whole and including caregivers, even the post-discharge living environment and external support, so that the applied treatment programme can be successful [23–25]. Although we informed the patients and caregivers about the mechanism of cerebrovascular illness at the beginning of the physiotherapy programme, effects of the disease on the daily life, contents of the physiotherapy programme and concordance between

Table 4. Details regarding of the expectations of treatment, additional therapies, and content of physiotherapy programme.

Variables	Patient (n = 52) n (%)	Caregiver (n = 52) n (%)	PT (n = 52) n (%)	Patient-caregiver concordance n (%)	Patient-PT concordance n (%)	Caregiver-PT concordance n (%)
Expectations of treatment						
Assisted/unassisted walking	25 (48.1)	22 (42.3)	13 (25)	17 (32.7)	10 (19.2)	10 (19.2)
Supported/unsupported standing	3 (5.8)	3 (5.8)	5 (9.6)	1 (1.9)	3 (5.8)	2 (3.8)
Supported/unsupported sitting	1 (1.9)	6 (11.5)	8 (15.4)	1 (1.9)	1 (1.9)	6 (11.5)
Independence in daily living activities	16 (30.8)	15 (28.8)	10 (19.2)	10 (19.2)	8 (15.4)	9 (17.3)
Increased balance and postural control	7 (13.5)	6 (11.5)	16 (30.8)	5 (9.6)	6 (11.5)	6 (11.5)
Additional therapies						
Not necessary	24 (46.2)	10 (19.2)	6 (11.5)	8 (15.4)	6 (11.5)	4 (7.7)
PTR	9 (17.3)	22 (42.3)	20 (38.5)	8 (15.4)	5 (9.6)	15 (28.8)
Speech therapy	2 (3.8)	1 (1.9)	2 (3.8)	1 (1.9)	1 (1.9)	1 (1.9)
Psychosocial support	3 (5.8)	11 (21.2)	15 (28.8)	1 (1.9)	2 (3.8)	10 (19.2)
Surgical treatment	5 (9.6)	4 (7.7)	2 (3.8)	4 (7.7)	2 (3.8)	2 (3.8)
Occupational therapy	–	–	3 (5.8)	–	–	–
Use of assistive devices	9 (17.3)	4 (7.7)	4 (7.7)	1 (1.9)	1 (1.9)	2 (3.8)
Content of physiotherapy program						
Excellent	7 (13.5)	7 (13.5)	4 (7.7)	5 (9.6)	3 (5.8)	3 (5.8)
Very good	17 (32.7)	21 (40.4)	21 (40.4)	12 (23.1)	8 (15.4)	12 (23.1)
Good	19 (36.5)	22 (42.3)	22 (42.3)	11 (21.2)	9 (17.3)	15 (28.8)
Moderate	8 (15.4)	2 (3.8)	5 (9.6)	0 (0)	2 (3.8)	1 (1.9)
Bad	1 (1.9)	–	–	–	–	–

PT: Physiotherapist; PTR: physiotherapy and rehabilitation.

patients, caregivers and PTs was moderate in terms of their priorities for treatment.

The level of interest of individuals with a history of stroke with regard to the contents, methods and effectiveness of the physiotherapy programme, education level, which is an important influencing factor and comprehensible and sufficient information that PT will make about the rehabilitation are also essential for patients' participation and the effectiveness of the physiotherapy programme [26,27].

Green et al. indicated that the caregivers should be encouraged to question their priorities and to set realistic goals, as well as informing the patient about the disease and treatment to achieve success in the physiotherapy programme [28]. Similarly, Watkins et al. emphasised that the caregiver's level of education and high awareness were important factors in physiotherapy programme after discharge [29]. Both the studies stated that as much as the patient, the motivation of the caregiver should be high to attain a successful physiotherapy programme. In our study, we found weak concordance between the caregiver and the PT, when they were asked about the effectiveness of physiotherapy programme.

Therefore, to eliminate this deficiency and encourage caregiver participation in the treatment during the rehabilitation process, our study found that education should be continued after discharge and caregivers should increase their contact with the PTs to apply treatments applicable to the patient at home consciously.

A limitation of our study was that only the participants who were admitted to the physiotherapy programme in the hospital were included in the study. We believed that further research involving more participants treated not only in hospital but also at home is needed.

Participation and awareness of patients with hemiparesis and their family to the treatment potentiate the effectiveness of the physiotherapy programme [30]. Information about the content and effectiveness of the treatment which both the

patients and caregivers receive from PTs following the stroke enables them to attain easily the goal of the physiotherapy which they decided together with their PTs. Otherwise, privileged goals could create an interactional dilemma for clinicians when they were incompatible with the objectives, attitudes and perceived capacity of patients and their caregivers [5]. In conclusion, physiotherapy goals decided together with the patient significantly contribute to motivation and rate of recovery, and it should be considered during the treatment process.

Patients' needs were determined in our study with questions such as requests for additional treatment of PTs and caregivers, expectations from the treatment and effectiveness of the treatment. We believed that caregivers should cooperate with PTs during the rehabilitation process and should receive informative education about the patient status to make their caregivers aware of the disease, to find the most appropriate treatment option, to apply the treatment at home effectively and properly and to obtain better results from the treatment programme.

The physiotherapy programme of patients with hemiparesis should be performed with teamwork. The patients are at the heart of this team. Considering the needs and expectations of the patient from the treatment by determining their priorities using an organised treatment programme decreases long-term disability and impairment rates of patients with hemiparesis.

Acknowledgements

The authors sincerely thank all the patients, caregivers and PTs who participated in this study.

Disclosure statement

The authors report no conflict of interest.

References

- [1] Kumar S, Selim MH, Caplan LR. Medical complications after stroke. *Lancet Neurol.* 2010;9:105–118.
- [2] Eyigor S. General rehabilitation principles, quality of life and outcome assessment in patients with stroke. *Turk J Phys Med Rehab.* 2007;53(Suppl 1):19–25.
- [3] Hartman-Maeir A, Soroker N, Ring H, et al. Activities, participation and satisfaction one-year post stroke. *Disabil Rehabil.* 2007;29:559–566.
- [4] Strasser DC, Falconer JA, Herrin JS, et al. Team functioning and patient outcomes in stroke rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86:403–409.
- [5] Levack WMM, Dean SG, Siegert RJ, et al. Navigating patient-centered goal setting in inpatient stroke rehabilitation: how clinicians control the process to meet perceived professional responsibilities. *Patient Educ Couns.* 2011;85:206–213.
- [6] Young CA, Manmathan GP, Ward JCR. Perceptions of goal setting in a neurological rehabilitation unit: a qualitative study of patients, carers and staff. *Acta Derm Venereol.* 2008;40:190–194.
- [7] Rosewilliam S, Roskell CA, Pandyam AD. A systematic review and synthesis of the quantitative and qualitative evidence behind patient-centred goal setting in stroke rehabilitation. *Clin Rehabil.* 2011;25:501–514.
- [8] Hodkinson HM. Evaluation of a mental test score for assessment of mental impairment in the elderly. *Age Ageing.* 1972;1:233–238.
- [9] Banks JL, Marotta CA. Outcomes validity and reliability of the modified rankin scale: Implications for stroke clinical trials a literature review and synthesis. *Stroke.* 2007;38:1091–1096.
- [10] Swieten JC, Koudstaal PJ, Visser MC, et al. Interobserver agreement for the assessment of handicap in stroke patients. *Stroke.* 1998;19:604–607.
- [11] Kucukdeveci AA, Yavuzer G, Elhan AH, et al. Adaptation of the functional independence measure for use in Turkey. *Clin Rehabil.* 2001;15:311–318.
- [12] Pedersen P, Jorgensen H, Nakayama H, et al. Comprehensive assessment of activities of daily living in stroke. The Copenhagen Stroke Study. *Arch Phys Med Rehabil.* 1997;78:161–165.
- [13] Kavlak E, Altug F, Cavlak U, et al. Expectations from rehabilitation of children with Cerebral Palsy: the agreement between the physiotherapists and mothers. *J Phys Ther Sci.* 2014;26:1209–1213.
- [14] Kraemer HC, Periyakoll VS, Noda A. Tutorial in biostatistics: kappa coefficients in medical research. *Statist Med.* 2004;21:2109–2129.
- [15] Cohen J. A coefficient of agreement for nominal scales. *Educ Psychol Meas.* 1960;20:37–46.
- [16] Holliday RC, Antoun M, Playford ED. A survey of goal-setting methods used in rehabilitation. *Neurorehabil Neural Repair.* 2005;19:227–231.
- [17] Maeshima S. Family support in stroke rehabilitation. *Int J Phys Med Rehabil.* 2013;1:7.
- [18] Nakipoglu GF, Karamercan A, Mengulluoglu M, et al. Comparison of depressive mood findings in geriatric hemiplegic patients and their caregivers. *Turk J Geriatr.* 2006;9:218–221.
- [19] Clark MS, Smith DS. Changes in family functioning for stroke rehabilitation patients and their families. *Int J Rehabil Res.* 1999;22:171–179.
- [20] Amaefule E, Rodriguez-Yu V, Uphold CR. Two unique educational programs for improving the knowledge and skills of veterans with strokes and their caregivers. Presented at: New Horizons in Rehabilitation Conference; 2012 June 20; Atlanta, Georgia.
- [21] National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion (CDC). 2015 [cited 2015 May 17]. Available from: <http://www.cdc.gov/stroke/facts.htm>.
- [22] Quality Enhancement Research Initiative. 2015 [cited 2015 May 17]. Available from: <http://www.queri.research.va.gov/str/>.
- [23] NICE (National Institute for Health and Care Excellence). Stroke rehabilitation, long-term rehabilitation after stroke: NICE (National Institute for Health and Care Excellence) clinical guideline. London: National Clinical Guideline Centre (UK); 2013;162:p45.
- [24] Chemerinski E, Robinson RG, Kosier JT. Improved recovery in activities of daily living associated with remission of poststroke depression. *Stroke.* 2001;32:113–117.
- [25] Gyllensten AL, Gard G, Salford E, et al. Interaction between patient and physiotherapist: a qualitative study reflecting the physiotherapist's perspective. *Physiother Res Int.* 1999;4:89–109.
- [26] Barron CJ, Klaber Moffett JA, Potter M. Patient expectations of physiotherapy: definitions, concepts, and theories. *Physiother Theory Pract.* 2007;23:37–46.
- [27] Dowsell G, Dowsell T, Lawler J, et al. Patients' and caregivers' expectations and experiences of a physiotherapy intervention 1 year following stroke: a qualitative study. *J Eval Clin Pract.* 2002;8:361–365.
- [28] Green TL, King KM. Experiences of male patients and wife-caregivers in the first year post-discharge following minor stroke: a descriptive qualitative study. *Int J Nurs Stud.* 2009;46:1194–1200.
- [29] Watkins CL, Wathan JV, Leathley MJ, et al. The 12-month effects of early motivational interviewing after acute stroke: a randomized controlled trial. *Stroke.* 2011;42:1956–1961.
- [30] Holliday RC, Ballinger CM, Playford ED. Goal setting in neurological rehabilitation: patients' perspectives. *Disabil Rehabil.* 2007;29:389–394.



OLGU SUNUMU / CASE REPORT

Frontal kavernoma cerrahisi sonrası fizyoterapi ve rehabilitasyon sonuçları

Physiotherapy and rehabilitation outcomes after frontal cavernoma surgery

Ayşe Ünal¹, Güzin Kara¹, Gülsüm Tikaç¹, Filiz Altuğ¹

¹Pamukkale Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu, Denizli, Turkey

Cukurova Medical Journal 2018;43(Suppl 1):312-316

Abstract

The aim of our study was to determine the functional results of the patient under the physiotherapy and rehabilitation program after frontal cavernoma surgery. A 23-year-old patient who was operated due to cortically placed cavernoma in left frontal lobe has been presented in this case report. The patient was evaluated at 5th day and three month after surgery. In this period, physiotherapy program including grabbing exercises in order to improve hand skills, walking exercises, climbing up-down stairs and balance exercises was applied and the patient was discharged from the hospital advice home exercises. After physiotherapy program, patient has significantly improved. Physiotherapy and rehabilitation program after frontal cavernoma surgery can be effective in functional recovery of the patients.

Key words: Physiotherapy, frontal cavernoma, neurosurgery

Öz

Çalışmamız frontal kavernom cerrahisi sonrasında fizyoterapi ve rehabilitasyon programına alınan hastanın fonksiyonel sonuçlarını incelemek amacıyla yapılmıştır. Bu çalışmada sol frontal lobda kortikal yerleşimli kavernom sebebiyle cerrahi geçiren ve ardından fizyoterapi programına alınan 23 yaşındaki bir olgu sunulmuştur. Olgu cerrahi sonrasında beşincigünde ve üçüncü ayda değerlendirilmiştir. Bu süreçte el becerilerini arttırmaya yönelik olarak kavrama eğitimi, yürüme eğitimi, merdiven çıkma-inme ve denge egzersizlerini içeren fizyoterapi programı uygulanmış ve ev programı verilerek taburcu edilmiştir. Fizyoterapi programından sonra hasta önemli gelişme kaydetmiştir. Frontal kavernoma cerrahisi sonrası hastaya uygulanacak fizyoterapi ve rehabilitasyon programının hastanın fonksiyonel geri dönüşüne katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Fizyoterapi, frontal kavernom, nöroşirürji

GİRİŞ

Kavernomalar merkezi sinir sisteminin vasküler malformasyonları olarak sınıflandırılan ve nadir görülen benign lezyonlardır¹. Bu patolojiler literatürde kavernoöz anjiom veya kavernom olarak da adlandırılır. Kavernoöz hemanjiomlar büyük sinüzoidal vasküler boşlukların birleşmesiyle oluşan, içerisinde musküler ve nöral dokuya ait yapılar izlenmeyen yapılardır². Kavernoöz malformasyonlar genel popülasyonda %0.4-0.5 oranında görülmektedir³. Kavernomaların %75'i subkortikal ve supratentoriyal yerleşimlidir ve genellikle frontal ve temporal lobda görülmektedir. Genellikle nöbet, hemoraji ve nörolojik semptomlarla birlikte görülür⁴.

Problemlerin çoğu serebral cerrahi sonrası erken ve geç dönemde ortaya çıkmaktadır. Hemoraji, nöbetler, motor fonksiyon hasarları, görme bozuklukları, motor ve duysal afazi bunlardan bazılarıdır¹. Kavernomaların lokalizasyonuna göre cerrahi öncesi ve özellikle cerrahi sonrası fizyoterapi ve rehabilitasyon programları hastanın günlük yaşam aktivitelerindeki fonksiyonelliğini ve yaşam kalitesini arttırmak açısından önem taşımaktadır. Literatürde de çok nadir olarak karşılaşılan kavernomalı hastaların fizyoterapi ve rehabilitasyonları bu denli önem taşımasına rağmen, bu alanda yapılan çalışmalar oldukça kısıtlıdır.

Çalışmamız frontal kavernom cerrahisi sonrasında fizyoterapi ve rehabilitasyon programına alınan

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Dr. Ayşe Ünal, Pamukkale Üniversitesi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu, Denizli, Turkey. E-mail: aunal@pau.edu.tr
Geliş tarihi/Received: 2.3.2018 Kabul tarihi/Accepted: 23.6.2018 Published online: 25.9.2018

hastanın fonksiyonel sonuçlarını incelemek amacıyla yapılmıştır.

OLGU

Bu çalışmada Pamukkale Üniversitesi Hastanesi Beyin Cerrahisi Servisi'nde sol frontal lobda kortikal yerleşimli kavernom sebebiyle cerrahi geçiren ve ardından fizyoterapi programına alınan 23 yaşındaki kadın bir olgu sunulmuştur. Olgu yazılı ve sözlü olarak bilgilendirilmiş ve onam alınmıştır.

Olgu cerrahi sonrasında beşinci günde ve cerrahiden üç ay sonra Hodkinson Mental Test, Jebsen El Fonksiyon Testi, Zamanlı Kalk-Yürü Testi, 10 m. Yürüme Testi, SF 36 Yaşam Kalitesi Ölçeği, Berg Denge Skalası, Beck Depresyon Ölçeği, Barthel İndeksi ile değerlendirilmiştir.

Hodkinson Mental Test toplam 10 sorudan oluşmaktadır. Doğru cevaplandırılan her soru bir puan olarak hesaplanmaktadır. 8-10 puan doğru cevap kognitif fonksiyon bozukluğu olmadığını, 6-7 puan doğru cevap hafif düzeyde fonksiyon bozukluğu olduğunu, beş puan ve altı doğru cevap ise ileri düzey kognitif bozukluğu gösterir⁵.

Jebsen El Fonksiyon Testi fonksiyonel el kullanımını değerlendirmek için pratikte sıklıkla kullanılan, ilk objektif ve standardize testlerden birisidir. Günlük yaşamda yapılan işlerde harcanan ortalama zamanı saniye(sn) cinsinden ölçen bir testtir. Bu teste göre bireylerde beş sayfa çevirme, altı küçük objeyi (iki para, iki ataç, iki gazoz kapağı) masa üzerinden alıp kutuya koyma, dört küpü üst üste yerleştirme, beş baklamanın tabaktan kaşıkla alınıp başka bir kaba bırakma için geçen toplam süre her iki el için kaydedilir. Testin bir alt parametresi olan yazı yazma hızı, 20 kelimedenden oluşan bir cümleyi yazma süresine bakılarak ayrıca değerlendirilir⁶.

Zamanlı Kalk-Yürü Testi klinikte kullanımı basit, gözlemciler arası ve test-tekrar test güvenilirliği yüksek bir testtir. Kişinin oturduğu sandalyeden ellerini kullanmadan kalkması ve üç metre normal yürüme hızında yürüdükten sonra dönüp sandalyeye geri yürüyerek oturması istenir. Görev tamamlanıncaya kadar geçen süre sn cinsinden ölçülür. Kesme değeri 13.5 sn'dir ve test sonucunun bu değer altında olması beklenir⁷. 10 m. Yürüme Testi için 30 m'lik koridorda 10 m'lik yürüme alanı bant ile işaretlenir. Kişinin ayak başparmakları başlangıç çizgisinin hemen arkasındadır. Süre başlatıldığında kişiden 10 m mesafeyi mümkün

olduğunca hızlı yürünmesi istenir. Üç sefer tekrar edilir ve ortalama alınır. Berg Denge Skalası, 14 maddeden oluşur ve her bir bölüm 0(kötü) ile 4(en iyi) arasında derecelendirilerek, oturmadan ayağa kalkma, ayaklar bitişik olarak ayakta durma, tandem pozisyonunda ayakta durma, tek bacak üzerinde dengede kalma gibi pozisyonlar sırasındaki bağımlılık ve/veya bağımsızlık düzeyini ve kişinin pozisyon değişikliği yapabilmesini ölçer. Alınan en yüksek puan, en iyi dengeyi göstermektedir. 0-20 puan düşme için yüksek riski, 21-40 puan orta riski ve 41-64 puan düşük riski göstermektedir⁸.

SF 36 Yaşam Kalitesi Ölçeği, genel sağlık kavramlarını içerir ve hem fiziksel hem de mental sağlığı değerlendirir. 14 yaş ve daha büyüklerin, kendi kendilerine veya bu konuda bilgilendirilmiş bir bireyin eşliğinde uygulayabilecekleri şekilde hazırlanmıştır. Türkçe geçerlilik ve güvenilirliği saptanmış ve kronik fiziksel hastalıklarda kullanılabileceği belirtilmiştir⁹.

Beck tarafından 1961de geliştirilen ve geçerlik ve güvenilirlik çalışmaları Teğin(1980), Hisli(1988) tarafından yapılan Beck Depresyon Ölçeği ise karamsarlık, başarısızlık duygusu, doyum almama, suçluluk duyguları, huzursuzluk, yorgunluk, iştah azalması, kararsızlık, uyku bozukluğu, sosyal çekilme gibi depresif belirtilere ilişkin 21 maddeden oluşmaktadır. Her madde depresyona özgü bir davranışı belirleyen dört dereceli kendini değerlendirme ifadesini içermektedir¹⁰.

Barthel İndeksi, beslenme, yıkanma, öz bakımını yapabilme, giyinme, dışkılama kontrolü, idrar kontrolü, tuvalete gitme, yataktan tekerlekli sandalyeye geçebilme yetisi, yürüme ya da tekerlekli sandalyeye bağımlı olma gibi hareketlilik durumu ve merdiven çıkma gibi işlevleri derecelendiren toplam 10 maddeden oluşmaktadır. Alınabilecek puanın 0-100 arası olduğu bu ölçekte, skorun yüksekliği hastanın o derece diğer insanlardan bağımsız olduğu, kendi işini yürütebildiği anlamına gelir¹¹.

Bu süreçte hastaya uygulanan fizyoterapi ve rehabilitasyon programında el becerilerini arttırmaya yönelik olarak kavrama eğitimi (farklı büyüklükte ve şekillerde, farklı dokusu olan cisimleri kavrama), yürüme eğitimi (farklı zeminlerde yürüme, engelli yürüme, 8 çizerek yürüme), merdiven çıkma-inme ve denge egzersizleri verilmiştir. Haftada 5 gün, günde bir saat olmak üzere 15 seans fizyoterapi eğitimine devam edilmiştir. Aynı egzersizler ev programı olarak hastaya ve yakınlarına öğretilerek taburcu

edilmiştir. Üç ayın sonunda tekrar kontrole çağrılarak tüm değerlendirmeler tekrar edilmiştir.

Jebson El Fonksiyon Testi'nin bütün alt parametrelerine göre, hastanın el fonksiyonlarında gelişme olduğu, testleri daha kısa sürede tamamladığı görülmüştür (Tablo 1). Hastamız Zamanlı Kalk-Yürü Testi ve 10 m. Yürüme Testi'ni daha kısa

sürede tamamlayıp, Berg Denge Skalası'nda post-operatif beşinci günde 51 puan alırken, 3. ayda 56 puan alarak denge fonksiyonlarında iyileşme kaydedilmiştir (Tablo 2). Hastanın Hodkinson Mental Test ve Beck Depresyon Ölçeği'nden aldığı puan değişmezken, Barthel İndeksi ve SF 36 Yaşam Kalitesi Ölçeği sonuçlarında gelişmeler kaydedilmiştir (Tablo 3).

Tablo 1. Jebson El Fonksiyon testi sonuçları

Jebson El Fonksiyon Testi (sn)	Post op. 5. Gün	Post op. 3. Ay
5 sayfa çevirme	8.35	7.32
20 kelime yazma	91.60	54.80
2 para, 2 ataç, 2 gazoz kapağını masadan alıp bardağa koyma	7.57	7.31
4 tane dama taşını üst üste koyma	6.93	6.42
Yemek yeme	15.10	12.42
5 tane boş konserve kutusunu kavrayıp bırakma	8.72	5.44
5 tane dolu konserve kutusunu kavrayıp bırakma	8.75	5.60

Tablo 2. Dinamik denge testleri sonuçları

Denge Testleri	Post op. 5. Gün	Post op. 3. Ay
Zamanlı Kalk-Yürü Testi (sn)	11.48	10.24
10 m. Yürüme Testi (sn)	11.87	9.90
Berg Denge Skalası Puanı	51/56	56/56

Tablo 3. Kognitif durum, günlük yaşam aktiviteleri, duygusal durum ve yaşam kalitesi ölçeği değerlendirme sonuçları

	Post op. 5. Gün	Post op. 3. Ay
Hodkinson Mental Test	9	9
Barthel İndeksi	85	100
Beck Depresyon Ölçeği	6	6
SF 36 Yaşam Kalitesi Ölçeği		
Fiziksel Fonksiyon	65	60
Fiziksel Durumun Kısıtladığı Roller	0	25
Ruhsal Durumun Kısıtladığı Roller	0	0
Enerji	70	60
Ruhsal İyilik Hali	80	84
Sosyal Fonksiyon	50	50
Ağrı	60	22.5
Genel Sağlık	80	60

TARTIŞMA

Çalışmamızın sonucunda; cerrahi tedavi sonrasında el fonksiyonlarında, GYA katılımda, yürüme ve denge yeteneklerinde yetersizliği olan hastamızda fizyoterapi uygulamaları sonrasında tüm fonksiyonlarda ilerlemeler kaydedilmiştir. Merkezi sinir sisteminin vasküler yapılarında nadir görülen

malformasyonlardan olan kavernomalar, genellikle subkortikal ve supratentorial yerleşimli olup, sıklıkla frontal veya temporal loblarda görülebilmektedir⁴. Kavernomaların tedavisinde lokalizasyonuna ve semptomlarına göre gerekli görüldüğü takdirde öncelikle cerrahi tedavi tercih edilir¹². Cerrahi öncesi ve özellikle cerrahi sonrası fizyoterapi ve rehabilitasyon programları hastanın

günlük yaşam aktivitelerindeki fonksiyonelliğini, mobiliteelerini ve yaşam kalitesini arttırmak açısından önem taşımaktadır¹³. Literatürde bilateral çalışma, modifiye zorunlu hareket terapisi, elektrik stimülasyonu, tekrarlı görev eğitimi gibi farklı yöntemlerle yapılan kavrama-bırakma eğitimlerinin el fonksiyonlarını geliştirdiği gösterilmiştir¹⁴. Çalışmamızda da fizyoterapi ve rehabilitasyon programı gören hastamızın Jebsen El Fonksiyon Testi'nin bütün alt parametrelerine göre, hastanın el fonksiyonlarında gelişme olduğu görülmüştür.

Fizyoterapi ve rehabilitasyon programı sonrası el fonksiyonlarında gelişmeyi gösteren çalışmaların yanı sıra, dinamik denge ve yürüme parametrelerinde de gelişmeler olduğunu gösteren çalışmalarla karşılaşılmaktadır¹⁵. Bizim çalışmamızda da hastamızın Zamanlı Kalk-Yürü Testi, 10 m. Yürüme Testi ve Berg Denge Skalası sonuçlarında fizyoterapi programı sonrasında gelişmeler kaydedilmiştir.

Geçirilen cerrahi ve serebral etkilenim sonrasında bu popülasyondaki hastaların kognitif ve duygusal durumlarının etkilenebildiği bilinmektedir¹⁶. Bu amaçla hastanın tedavi öncesi ve sonrası sonuçları incelendiğinde, Hodkinson Mental Test ve Beck Depresyon Ölçeği'nden aldığı puanların değişmediği görülmüştür. Frontal lob etkilenimi sebebiyle görülen motor, kognitif, duygusal semptomları bu hasta grubunun günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlıklarını ve yaşam kalitelerini de olumsuz etkileyebilmektedir¹⁷. Fizyoterapi programı ile günlük yaşam aktivitelerine katılımın artarak hastanın daha bağımsız bir yaşam sürmesi ve dolayısıyla yaşam kalitesinin yükselmesi beklenir. Bizim hastamızda da fizyoterapi programı sonrasında GYA katılımını değerlendiren Barthel İndeksi ve SF-36 Yaşam Kalitesi Ölçeği sonuçlarında gelişme kaydedilmiştir.

Frontal kavernoma cerrahisi öncesi ve sonrasında hastada görülen semptomlara göre hastanın maksimum potansiyelini tekrar kullanabilmesini sağlayacak fizyoterapi programının oluşturulması önem taşımaktadır. Literatürde de çok nadir karşılaşılan kavernomalı hastaların fizyoterapi ve rehabilitasyonları bu denli önem taşımalarına rağmen, bu alanda yapılan çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Çalışmamızın bu alanda literatüre bir katkı niteliği taşıyacağını umuyoruz. Bu sebeple bu alanda daha fazla hasta üzerindeki fizyoterapi sonuçlarını inceleyen daha fazla çalışma yapılması gerektiğini düşünmekteyiz.

KAYNAKLAR

1. Özbek CÇ, Ataizi ZS, Yayla E, Baloğlu M, Ak Saral D. Right sided cavernoma presenting with cross aphasia after surgery. Journal of Neurological Sciences(Turkish). 2011;28:278-83.
2. Kalkan E, Keskin F, Karataş Y, Kaya B, Güney AÖ. Supratentoryal ve infratentoryal yerleşimli multiple kavernom olgusu. Cumhuriyet Tıp Dergisi. 2013;35:124-7.
3. Mao Y, Zhao Y, Zhou LF, Huang CX, Shou XF, Gong JL et al. A novel gene mutation (1292 deletion) in a Chinese family with cerebral cavernous malformations. Neurosurgery. 2005;56:1149-53.
4. Zotta D, Rienzo Di A, Scogna A, Ricci A, Ricci G, Galzio R J. Supratentorial cavernomas in eloquent brain areas: application of neuronavigation and functional MRI in operative planning. J Neurosurg Sci. 2005;49:13-19.
5. Çetin SY, Gökalan Kara İ, Kitiş A. Evde yaşayan yaşlarda sosyal katılımı etkileyen faktörlerin incelenmesi. Ergoterapi ve Rehabilitasyon Dergisi. 2014;2:11-20.
6. Yücel H., Bumin G. El fonksiyonundaki yaşa bağlı değişimin cinsiyete göre incelenmesi. Fırat Üniversitesi Sağlık .Bilimleri Tıp Dergisi. 2010;24:9-12.
7. Eyigör S. Düşmelere yaklaşım. Ege Tıp Dergisi. 2012;51:43-51.
8. Soyuer F, Şenol V, Elmalı F. Huzurevinde kalan 65 yaş ve üstündeki bireylerin, fiziksel aktivite, denge ve mobilite fonksiyonları. Van Tıp Dergisi. 2012;19:116-21.
9. Koçyiğit H, Aydemir Ö. Kısa Form-36'nın Türkçe versiyonunun güvenilirliği ve geçerliliği. İlaç ve Tedavi Dergisi. 1999;12:102-6.
10. Beck, A.T.,Ward, C. H., Mendelson, M., Mock, J., Erbaugh, J. An inventory for measuring depression. Arch Gen Psychiatry. 1961;4:561-71.
11. Tamam B, Taşdemir N, Tamam Y. İnme sonrası demans: sıklığı ve risk faktörleri. Türk Psikiyatri Derg. 2008;19:46-56.
12. Karabulut Gül Ş, Mayadağlı A, Özşeker N, KOÇAK M, Oruç AF, Gedik D et al. Kavernom tedavisinde stereotaktik radyoterapi. Türkiye Klinikleri J Med Sci. 2014;34:29-32.
13. Soysal M, Kara B, Arda MN. İntrakranial cerrahi geçiren hastalarda fizyoterapi programının fonksiyonellik üzerine etkisinin incelenmesi. Türk Nöroşirürji Dergisi. 2011;21:281-82.
14. Langhorne P, Bernhardt J, Kwakkel G. Stroke rehabilitation. Lancet. 2011;377:1693-702.
15. Bowden MG, Embry AE, Gregory CM. Physical therapy adjuvants to promote optimization of walking recovery after stroke. Stroke Research and Treatment. 2011;2011: 601416.

16. Campanella F, Shallice T, Ius T, Fabbro F, Skrap M. Impact of brain tumour location on emotion and personality: a voxel-based lesion-symptom mapping study on mentalization processes. *Brain*. 2014;2532-45.
17. Kim K, Kim YM, Kim EK. Correlation between the activities of daily living of stroke patients in a community setting and their quality of life. *J Phys Ther Sci*. 2014;26:417-9.

Original Article

Retrospective evaluation in spinal cord injuries: a sample at Universty Hospital in Turkey

Filiz ALTUĞ, Ayşe ÜNAL, Veli ÇITIŞLI, Erdoğan KAVLAK, Güzin KARA, Uğur CAVLAK

Departments of Physical Therapy and Rehabilitation and Neurosurgery,
Pamukkale University, Denizli, Turkey

Objective: To evaluate the patients with Spinal Cord Injuries (SCIs) seen at Pamukkale University Hospital between 2005-2013.

Methodology: 489 (236 female, 253 male) patients with SCIs were evaluated retrospectively.

Results: Their mean age was 48.20 ± 18.95 years. SCIs were caused by trauma in 316(64.6%), spinal tumors in 119(24.3%) and congenital anomalies in 54(11%) patients. Injury

levels were as follows: 155(31.7%) lumbar level, 144(29.4%) thoracic, 114(23.3%) cervical, 35 (7.2%) both thoracic and lumbar spine, 10(2%) both cervical and thoracic and 31(6.3%) in the other levels.

Conclusion: The main reason for SCIs was trauma. Thus, public education is vital in order prevent to trauma. (Rawal Med J 201;40: 183-186).

Key Words: Spinal cord injury, trauma, spinal tumors.

INTRODUCTION

Spinal cord injuries (SCIs) are rarely seen, but are associated with devastating physical psychological and economic consequences.¹⁻³ These injuries are usually seen in young people. SCIs are among the most important causes of disability, morbidity, mortality, and economic loss.⁴⁻⁶ There is no curative treatment for SCIs, prevention of SCIs is very important. Investigating the epidemiological pattern of SCIs is the first step in planning for preventive strategies.^{4,7} Annually incidence of SCIs has been reported as 28-51/1000000 in USA and 6-56/1000000 in developed countries and 10.000 new cases occur each year.^{8,9}

In Asia, the incidence ranged from 12.06 to 61.6 per million with average age from 26.8 to 56.6 year and men were at higher risk than women.¹⁰ On the other hand, the incidence in developing countries is 25.5/million/year and ranges from 2.1 to 130.7/million/year, mostly males with age 32.4 years.¹¹ Epidemiological data on SCIs in Turkey are unfortunately insufficient. However, some studies report an annual incidence of SCIs of 12.7/1,000,000.^{12,13} The goal of this study was to describe the demographics and etiological factors of the

patients with SCIs seen at our hospital.

METHODOLOGY

This study was performed at Department of Neurosurgery, Probel Hospital, Pamukkale University, Denizli, Turkey and a total of 7410 patients records were reviewed retrospectively that were seen from January 2005 and December 2013. SCIs were noted for 489 patients. Data collected included patient age at the time of injury, gender, etiology of injury and level of injury. All patients were taken to the physical therapy program during their hospitalization.

Statistical analysis was performed with SPSS v. 16.0.

RESULTS

The study included 489 patients with SCIs. The mean age of the patients was 48.20 ± 18.95 (range 1-89). 253(51.7%) were males and 236 (48.3%) were females. Mean age of males was 47.08 ± 17.37 years and mean age of females was 49.39 ± 20.49 years (Table 1). Trauma was the commonest cause of SCI and thoracic and lumber levels were the commonest levels of injury (Table 2).

Table 1. Demographic characteristics of patients with SCIs (n=489).

	Number	%
Gender		
Male	253	51.7
Female	236	48.3
Age (Years)		
0-10	11	2.2
11-20	30	6.1
21-30	54	11.0
31-40	79	16.2
41-50	90	18.4
51-60	89	18.2
61-70	71	14.5
71-80	53	10.8
81-90	12	2.5

Table 2. Distribution of injury causes and levels.

	Number (%)
Injury causes	
Trauma	316(64.6)
Spinal Tumors	119(24.3)
Congenital Anomalies	54 (11)
Injury Levels	
	n(%)
Lumbar	155(31.7)
Thoracic	144(29.4)
Cervical	114 (23.3)
Thoracal + Lumbar	35(7.2)
Cervical + Thoracic	10 (2)
Others	31 (6.3)

Table 3. Distribution of gender according to year.

Year	Male (%)	Female n (%)	Total n (%)
2005	16 (37.2)	27 (62.8)	43 (100)
2006	42 (53.2)	37 (46.8)	79 (100)
2007	45 (59.2)	31 (40.8)	76 (100)
2008	37 (50.7)	36 (49.3)	76 (100)
2009	26 (55.3)	21 (44.7)	47 (100)
2010	27 (57.4)	20 (42.6)	47 (100)
2011	19 (47.5)	21 (52.5)	40 (100)
2012	25 (46.3)	29 (53.7)	54 (100)
2013	16 (53.3)	14 (46.7)	30 (100)

Table 4. Distribution of injury, causes and injury levels according to year.

Years	Injury Causes	n (%)	Injury Levels	n (%)
2005	Trauma	21 (48.8)	Lumbar	17 (39.5)
	Spinal Tumors	18 (41.9)	Thoracic	10 (23.3)
	Congenital	4 (9.3)	Cervical	8 (18.8)
	Anomalies		Thoracic + Lumbar	4(9.3)
			Others	4(9.3)
	Total	43 (100)	Total	43 (100)
2006	Trauma	46 (58.2)	Lumbar	24 (30.4)
	Spinal Tumors	21 (26.6)	Cervical	23 (29.1)
	Congenital	12 (15.2)	Thoracic	16 (20.3)
	Anomalies		Cervical+	1 (1.3)
			Thoracic + Lumbar	7 (8.9)
	Total	79 (100)	Total	79 (100)
2007	Trauma	53 (69.7)	Thoracic	33(43.4)
	Spinal Tumors	18 (23.7)	Lumbar	20 (26.3)
	Congenital	5 (6.6)	Cervical	14 (18.4)
	Anomalies		Cervical+	1 (1.3)
			Thoracic + Lumbar	8 (10.5)
	Total	76 (100)	Total	76 (100)
2008	Trauma	51 (69.9)	Lumbar	23 (31.5)
	Spinal Tumors	13 (17.8)	Thoracic	22 (30.1)
	Congenital	9 (12.3)	Cervical	18 (24.7)
	Anomalies		Cervical+	4 (5.5)
			Thoracic + Lumbar	4 (5.5)
	Total	73 (100)	Total	73 (100)
2009	Trauma	31 (66.0)	Lumbar	16 (34.0)
	Spinal Tumors	16 (34.0)	Cervical	12 (25.5)
			Thoracic	12 (25.5)
			Cervical+	2 (4.3)
			Thoracic + Lumbar	3 (6.4)
	Total	47 (100)	Total	47 (100)
2010	Trauma	31 (66.0)	Thoracic	18 (38.3)
	Spinal Tumors	8 (17.0)	Lumbar	15 (31.9)
	Congenital	8 (17.0)	Cervical	5 (10.6)
	Anomalies		Cervical+	1 (2.1)
			Thoracic + Lumbar	2 (4.3)
	Total	47 (100)	Total	47 (100)

Years	Injury Causes	n (%)	Injury Levels	n (%)
2011	Trauma	30 (75.0)	Thoracic	13 (32.5)
	Spinal Tumors	3 (7.5)	Cervical	12 (30.0)
	Congenital Anomalies	7 (17.5)	Lumbal	12 (30.0)
			Thoracic + Lumbar	2 (5.0)
			Others	1 (2.5)
	Total	40 (100)	Total	40 (100)
2012	Trauma	36 (66.7)	Lumbar	20 (37.0)
	Spinal Tumors	12 (22.2)	Cervical	16 (29.6)
	Congenital Anomalies	6 (11.1)	Thoracic	10 (18.5)
			Thoracic + Lumbar	3 (5.6)
			Others	5 (9.3)
	Total	54 (100)	Total	54 (100)
2013	Trauma	17 (56.7)	Thoracic	10 (33.3)
	Spinal Tumors	10 (33.3)	Lumbar	8 (26.7)
	Congenital Anomalies	3 (10)	Cervical	6 (20.0)
			Cervical + Thoracic	1 (3.3)
			Thoracic + Lumbar	2 (6.7)
	Total	30 (100)	Total	30 (100)

Distribution of gender according to years is shown in Table 3 and causes of injury and level of injury according to years in Table 4.

DISCUSSION

The ratio of males affected from SCIs was 51.7% and ratio of females was 48.3%. Trauma was the commonest cause of injury followed by spinal tumors and congenital anomalies. Levels of injury was highest in the lumbar region followed by the thoracic, cervical, both thoracic and lumbar spine, both cervical and thoracic and other levels. Previous studies reported that SCIs is 4 fold greater among males compared to females.^{2,3,11} Recent studies indicate that SCIs exposure is 82.8% among young males.¹⁰

Traumatic causes are the first leading cause among etiology of SCI. Öneş et al reported that SCI 67.53% arise from traumatic and 32.47% from non-traumatic causes.¹⁴ Another study reported that trauma was the most common cause of SCI followed by 36-48% motor vehicle accidents, 5-29% act of terrorism, 17-21% falls and 7-16 sports and entertainment activities, while tumors and transverse myelitis were among non-traumatic causes of SCI.¹⁵ According to epidemiologic data

published in Turkey in 2000, causes of SCI were reported as traffic accidents (48.8%), falls (36.5%), stab wounds (3.3%), gunshot wounds (1.9%) and plunging into water (1.2%).^{9,10,16,17} Results of our study are consistent with literature and 64.6% of injuries were due to trauma.

When level of injuries was analyzed, it was found that lumbar region was affected most followed by thoracic region (29.4%). Gür et al reported in 2005 that L1 level was affected most.⁸ In the study of Hamamcı et al from Ankara in 1994, 54.76% of SCIs were in thoracic region.¹⁸ In the study of Tuğcu et al, thoracic region was seen to be affected in 54% of patients, lumbar region in 30% and cervical region in 8%.⁵ Similarly, in a systematic study which prospectively analyzed the epidemiologic data of SCI seen in Asia between 1980- 2011, thoracic region was found to be affected most.¹⁰ However, studies reporting different results are also available. Today, injuries of upper levels of spinal cord have been encountered more due to increased use of motor vehicles and violent sports.^{4,10} Chen et al reported that 58.2% of SCI affected cervical region.¹⁵ A weakness of this study is that we did not follow long-term outcomes and there are not the ASIA scores of the patients.

CONCLUSION

Our study showed that the main reason led to spinal cord injuries was trauma. That's why training program of the persons is required to prevent trauma. In addition, the required first aid's being applied correctly in the shortest time and transferring the patient to a correct health center has a great importance.

Author Contributions:

Conception and design: Filiz ALTUĞ
 Collection and assembly of data: Ayşe ÜNAL
 Analysis and Interpretation of the data: Veli ÇİTİŞLİ
 Drafting of the article: Filiz ALTUĞ, Erdoğan KAVLAK
 Critical revision of the article for important intellectual content: Erdoğan KAVLAK
 Statistical expertise: Güzin KARA
 Final approval and guarantor of the article: Uğur CAVLAK
 Correspondence author email: Filiz ALTUĞ, Assoc. Prof.: fkural@pau.edu.tr
 Conflict of Interest: None declared.
 This study was presented in 15th. Fizyoterapi'de Gelişmeler Kongresi. 8-12 April 2014, Ankara, Turkey
 Rec. Date: Mar 2, 2015 Accept Date: Mar 26, 2015

REFERENCES

1. Ahn JH, Sullivan R. Medical and rehabilitation management in spinal cord trauma. In *Rehabilitation Medicine*, edited by J. Goodgold. Ed. 1. pp 147-167. St. Louis, C.V. Mosby, 1988.
2. Hancock MK, Craig AR. Anxiety and depression over the first year of spinal cord injury. A longitudinal study. *Paraplegia* 1993;31:349-57.
3. Devivo MJ. Epidemiology of traumatic spinal cord injury. In: Kirshblum SC, Campagnolo D, DeLisa JE, editors. *Spinal Cord Medicine*. Philadelphia. 2002:69-81.
4. Dursun E, Cakıcı A. Medulla Spinalis Yaralanmaları. Editor Oğuz H. *Tıbbi Rehabilitasyon*. İstanbul: Nobel Tıp 1. Baskı, 1995:407-427.
5. Tuğcu İ, Tok F, Yılmaz B, Göktepe AS, Alaca R, Yazıcıoğlu K. et al. Epidemiologic data of the patients with spinal cord injury: Seven years' experience of a single center in Turkish. *J Trauma Emerg Surg*. Original Article doi: 10.5505/tjes.2011.95676.
6. Guzel R, Uysal FG. Spinal Kord Yaralanmaları. Editor Oğuz H, Dursun E, Dursun N. *Tıbbi Rehabilitasyon*. İstanbul Nobel Tıp 2. Baskı, 2004:627-647.
7. DeVivo MJ. Causes and costs of spinal cord injury in the United States. *Spinal Cord* 1997;35:809-13.
8. Gur A, Kemaloglu MS, Cevik R, Saraç AJ, Nas K, Kapukaya A, et al. Characteristics of traumatic spinal cord injuries in south-eastern Anatolia, Turkey: a comparative approach to 10 years' experience. *Int J Rehabil Res* 2005;28:57-62.
9. Pickett W, Simpson K, Walker J, Brison RJ. Traumatic spinal cord injury in Ontario, Canada. *J Trauma* 2003;55:1070-6.
10. Ning GZ, Wu Q, Li LY, Feng SQ. Epidemiology of traumatic spinal cord injury in Asia: A systematic review. *J Spinal Cord Med* 2012;35:4.229-329.
11. Movaghar VR, Sayyah MK, Akbari H, Khorramirouz R, Rasouli MR, Moradi-Lakeh M, et al. Epidemiology of traumatic spinal cord injury in developing countries: A Systematic Review. *Neuroepidemiology* 2013;41:65-85.
12. Burke DA, Linden RD, Zhang YP, Maiste AC, Shields CB. Incidence rates and populations at risk for spinal cord injury: A regional study. *Spinal Cord* 2001;39:274-8.
13. Karacan I, Koyuncu H, Pekel O, Sümbüloğlu G, Kirnap M, Dursun H, et al. Traumatic spinal cord injuries in Turkey: a nation-wide epidemiological study. *Spinal Cord* 2000;38:697-701.
14. Öneş K, Yılmaz E, Beydoğan A, Gültekin Ö, Çağlar N. Comparison of functional results in non-traumatic and traumatic spinal cord injury. *Disabil Rehabil* 2007;29:1185-91.
15. Chen Y, Tang Y, Vogel LC, DeVivo MJ. Causes of spinal cord injury. *Top Spinal Cord Inj Rehabil* 2013;19:1-8.
16. Altıoklar K, Orkun S. Travmatik parapleji ve quadriplejik olguların etiyolojik değerlendirimi. *Romatizma* 1990;12:43-7.
17. Alvarez SE, Peterson M, Lunsford BR. Respiratory treatment of the adult patient with spinal cord injury. *Phys Ther* 1981;61:1737-45.
18. Hamamcı N, Özturan İ, Orkun S. Travmatik spinal kord yaralanmalı hastaların nörolojik ve fonksiyonel değerlendirilmesi ve prognostik faktörler. *Acta Orthop Traumatol Turc* 1994;28:28-31.



T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik
Kurulu

Sayı :60116787-020/5431
Konu :Başvurunuz hk.

27/01/2016

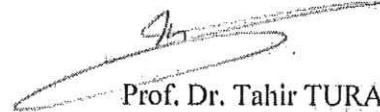
Sayın Doç. Dr. Filiz ALTUĞ

İlgi :21.01.2016 tarihli dilekçeniz.

İlgi dilekçe ile başvurmuş olduğunuz "**Hemiparetik Bireylerde Denge Düzeyinin Belirlenmesi: Yapay Sinir Ağruları Uygulaması**" konulu çalışmanız 26.01.2016 tarih ve 02 sayılı kurul toplantımızda görüşülmüş olup,

Yapılan görüşmelerden sonra, söz konusu çalışmanın yapılmasında **ETİK AÇIDAN SAKINCA OLMADIĞINA**, altı ayda bir çalışma hakkında Kurulumuza bilgi verilmesine oy birliği ile karar verilmiştir.

Bilgilerinizi rica ederim.


Prof. Dr. Tahir TURAN
Başkan

EK-7



T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik
Kurulu

Sayı :60116787-020/16527
Konu :Başvurunuz hk.

09/03/2017

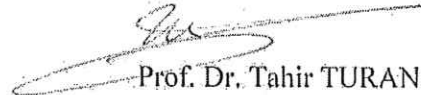
Sayın Doç. Dr. Filiz ALTUĞ

İlgi :16.02.2017 tarihli dilekçeniz.

İlgi dilekçe ile başvurmuş olduğunuz "**Hemiparetik Bireylerde Denge Düzeyinin Belirlenmesi: Yapay Sinir Ağları Uygulaması**" konulu çalışmanızda istenilen değişikliğiniz **07.03.2017 tarih ve 04 sayılı kurul toplantımızda görüşülmüş olup,**

Yapılan görüşmelerden sonra, adı geçen çalışmada istenilen değişikliklerin yapılmasında **ETİK AÇIDAN SAKINCA OLMADIĞINA**, altı ayda bir çalışma hakkında Kurulumuza bilgi verilmesine oy birliği ile karar verilmiştir.

Bilgilerinizi rica ederim.


Prof. Dr. Tahir TURAN
Başkan

EK-8 DEMOGRAFİK VE TIBBİ VERİ DEĞERLENDİRME FORMU

Demografik Veri Formu:

Ad-Soyad:

Değerlendirme Tarihi:

Yaş:

Boy/Kilo: VKI:

Cinsiyet:

Eğitim Durumu: Okuma-yazma bilmiyor. Ortaokul

Okur-Yazar Lise

İlkokul Üniversite

Medeni Durum: Evli Bekar Boşanmış Dul

Mesleki Durum: Çalışıyor Çalışmıyor/Emekli

Yaşam Düzeni: Yalnız Eşi ile beraber Yakınları ile beraber

Tıbbi Veri Formu:

Serebral Lezyon Nedeni: SVO-İskemi SVO-Hemoraji İKK Diğer:.....

Hastalık süresi:.....ay

Etkilenen Hemisfer: Sağ Sol

Dominant El: Sağ Sol

Kullandığı İlaç Sayısı:

EK-9 BESTEST DENGE DEĞERLENDİRME SİSTEMLERİ TESTİ

Bireyler topuksuz ayakkabıyla veya ayakkabı ve çoraplar çıkarılarak test edilmelidir. Eğer bireylerin bir madde için bir yardımcı cihaz kullanması gerekirse o madde bir kategori daha düşük puanlanır. Bireyin bir maddeyi gerçekleştirebilmesi için fiziksel yardım gerekiyorsa bu madde için en düşük puan (0) verilir.

I. BİYOMEKANİK KISITLAMALAR BÖLÜM I : _____ / 15 PUAN

1. DESTEK YÜZEYİ

- (3) Normal: Her iki ayak destek yüzeyi normal, hiçbir deformite ya da ağrı yok
- (2) Bir ayakta deformite ve/veya ağrı var
- (1) Her iki ayakta deformite VEYA ağrı var
- (0) Her iki ayakta deformite VE ağrı var

2. AĞIRLIK MERKEZİ EKSENİ - COM (Center of Body Mass) ALIGNMENT

- (3) Normal AP ve ML CoM dizilimi ve normal segmental postural dizilim
- (2) Anormal AP VEYA ML CoM dizilimi VEYA anormal segmental postural dizilim
- (1) Anormal AP VEYA ML CoM dizilimi VE anormal segmental postural dizilim
- (0) Anormal AP VE ML CoM dizilimi

3. AYAK BİLEĞİ KUVVETİ VE HAREKET AÇIKLIĞI

- (3) Normal: Ayak parmakları üzerinde maksimum yükselebilir ve ön ayağını kaldırarak topuklar üzerinde durabilir
- (2) Ya ayakta ya da ayak bileği fleksör veya ekstansörlerinde bozukluk (örn: maksimum yükseklikten daha az)
- (1) Her iki ayak bileği grubunda bozukluk (örn: bilateral fleksör veya 1 ayağın hem fleksör hem ekstansörlerinde)
- (0) Her iki ayak bileğinin hem fleksör hem ekstansörlerinde bozukluk (örn: maksimum yükseklikten daha az)

4. KALÇA / GÖVDE LATERAL KUVVETİ

- (3) Normal: Gövdesini dik tutarken ayağını yerden kaldırarak her iki kalçayı 10 sn abduksiyona getirir.
- (2) Hafif: Ayağını yerden kaldırarak her iki kalçayı 10 sn abduksiyona getirir, fakat gövdesini dik tutamaz.
- (1) Orta: Gövdesini dik tutarken sadece bir kalçasını 10 sn abduksiyona getirebilir.
- (0) Şiddetli: Gövdesi dik veya değil hiçbir taraf kalçayı 10 sn abduksiyona getiremez.

5. ZEMİNE OTURMA VE KALKMA Süre _____ sn

(3) Normal: Bağımsız olarak yere oturur ve ayağa kalkar

(2) Hafif: Yere oturmak VEYA ayağa kalkmak için bir sandalye kullanır

(1) Orta: Yere oturmak VE ayağa kalkmak için bir sandalye kullanır

(0) Şiddetli: Bir sandalye ile bile yere oturamaz veya ayağa kalkamaz, ya da reddeder.

II. STABİLİTE SINIRLARI

BÖLÜM II: _____/21 PUAN

6. DİK OTURMA VE YANA EĞİLME

		Eğilme			Vertikallik
Sol	Sağ		Sol	Sağ	
(3)	(3)	Maksimum eğilme, birey omuzlar vücut orta hattını geçecek şekilde hareket eder, çok stabil	(3)	(3)	Hiç sapma olmadan veya çok az bir sapma ile tekrar dik konuma gelebilir
(2)	(2)	Orta eğilme, kişinin üst omuzu vücut orta hattına yaklaşır veya biraz instabilite	(2)	(2)	Önemli ölçüde aşar veya ulaşamaz fakat sonunda dik konuma gelebilir.
(1)	(1)	Çok az eğilme veya ciddi instabilite	(1)	(1)	Dikey konuma yeniden geçmede başarısız
(0)	(0)	Eğilemez veya düşer (limitleri aşar)	(0)	(0)	Gözler kapalıyken düşer

*7. FONKSİYONEL ÖNE UZANMA *Ulaşılan Mesafe: _____ cm VEYA _____ inç

(3) Maksimum sınırlar:> 32 cm (12.5 inç)

(2) Orta: 16,5 cm - 32 cm (6.5-12.5 inç)

(1) Kötü: <16.5 cm (6.5 inç)

(0) Uzanma ölçülemez - veya yakalanması gerekir.

8. FONKSİYONEL YANA UZANMA

Ulaşılan Mesafe:Sol _____ cm (_____ inç)

Sağ _____ cm(_____ inç)

SolSağ

(3) (3) Maksimum sınır:>25.5 cm (10 inç)

(2) (2) Orta: 10-25,5 cm (4-10 inç)

(1) (1) Kötü: <10 cm (4 inç)

(0) (0) Ölçülemez veya yakalanmış olması gerekir.

III. GEÇİŞLER - POSTURAL DÜZENLEMEDE BEKLENTİLER

BÖLÜM III _____ / 18 PUAN

9. OTURMADAN AYAĞA KALKMA

(3) Normal: eller kullanılmadan ayağa kalkar ve bağımsız stabil

(2) Ellerin kullanımı ile ilk denemede ayağa kalkar.

(1) Birkaç denemeden sonra ayağa kalkar veya ayağa kalkmak veya stabilize etmek için minimal yardıma ihtiyaç duyar veya bacağın arkasının sandalyeye dokunuşunu gerektirir

(0) Ayakta durmak için orta veya maksimum yardımcı gerekir.

10. AYAK PARMAKLARINDA YÜKSELME

(3) Normal: İyi bir yükseklikte 3 saniye stabil durur

(2) Topuklar yukarda, fakat tam aralıkta değil (Eller tutuluykenden küçüktür, denge gereksinimi yoktur) -VEYA- hafif instabilite ve 3 saniye tutar.

(1) 3 saniyeden kısa tutar.

(0) Yapılamıyor.

*11. TEK AYAK ÜZERİNDE DURMA

*Sol Süre (sn): _____	*Sağ Süre (sn) : _____
(3) Normal:> 20 snstabil	(3) Normal:> 20s stabil
(2) Gövde hareketi, VEYA 10-20 s	(2) Gövde hareketi, VEYA 10-20 s
(1) 2-10 s durabilir	(1) 2-10 s durabilir.
(0) Yapılamıyor	(0) Yapılamıyor

12. ALTERNATİF MERDİVENE ADIM ALMA

Başarılı adımlar: _____ Süre (sn): _____

(3) Normal: Bağımsız ve güvenli durur ve 10 saniyenin altında 8 adımı tamamlar.

(2) 8 adımı tamamlar (10-20 sn) VE/VEYA tutarsız ayak yerleştirme, aşırılaşmış gövde hareketi, tereddüt veya aritmik instabilite görülür.

(1) Minimal yardım olmadan < 8 adım tamamlar (yardımcı cihaz vb.) VEYA 8 adımı 20 sn'den uzun sürede atar.

(0) Yardımcı cihazla bile <8 adım tamamlar.

13. AYAKTA DURUŞTA KOL KALDIRMA

(3) Normal: Stabil kalır

(2) Salınım görülür

(1) Dengeyi yeniden kazanmak için adım alır/ w/o hızlı hareket edemiyor, dengesini kaybeder

(0) Yapılamıyor, veya stabilite için yardıma ihtiyaç duyar.

IV. REAKTİF POSTÜRAL CEVAP

BÖLÜM IV: _____/18 PUAN

14. ZEMİNDE CEVAP- ÖNE DOĞRU

(3) Ayak bilekleri ile stabiliteyi sağlar, ek olarak kol ya da kalçaların hareketi yok.

(2) Stabiliteyi kol ya da kalça hareketi ile sağlar.

(1) Stabiliteyi sağlamak için bir adım alır.

(0) Desteği yakalayamazsa YA DA almazsa YA DA almayı denemezse, düşer.

15. ZEMİNDE CEVAP - ARKAYA DOĞRU

(3) Ayak bileklerinde stabiliteyi sağlar, ek olarak kol ya da kalçaların hareketi yok.

(2) Stabiliteyi biraz kol ya da kalça hareketi ile sağlar.

(1) Stabiliteyi sağlamak için bir adım alır.

(0) Desteği yakalayamazsa YA DA almazsa YA DA almayı denemezse, düşer.

16. KOMPANSATUAR ADIM ALMAYI DÜZELTME- ÖNE

(3) Tek, büyük bir adımı bağımsızca sağlar (İkinci yeniden dizilim adımına izin verir.).

(2) Dengeyi sağlamak için bir adımdan daha fazlası gerçekleştirilir; fakat dengeyi bağımsızca sağlar YA DA denge bozularak 1 adım atar.

(1) Dengeyi sağlamak için birçok adım atılır ya da düşmeyi önlemek için minimum destek gerekir.

(0) Adım alma yok YA DA yakalayamazsa düşer YA DA kendiliğinden düşer.

17. KOMPANSATUAR ADIM ALMAYI DÜZELTME- GERİYE

(3) Tek, büyük bir adımı bağımsızca sağlar.

(2) Dengeyi sağlamak için bir adımdan daha fazlası gerçekleştirilir; fakat stabildir ve dengeyi bağımsızca sağlar YA DA denge bozularak 1 adım atar.

(1) Dengeyi sağlamak için birçok adım atılır ya da minimum destek gerekir.

(0) Adım alma yok YA DA yakalayamazsa düşer YA DA kendiliğinden düşer.

18. KOMPANSATUAR ADIM ALMAYI DÜZELTME- YANA

SOL

(3) Normal bir adım uzunluğu/genişliği ile bağımsız bir şekilde adım almayı sağlar (çapraz ya da yana).

(2) Birçok adım atılır; fakat bağımsız bir şekilde sağlanır.

(1) Adım atılır; fakat düşmeyi önlemek için desteğe ihtiyaç vardır.

(0) Düşer ya da adım atamaz.

SAĞ

(3) Normal bir adım uzunluğu/genişliği ile bağımsız bir şekilde adım almayı sağlar (çapraz ya da yana).

(2) Birçok adım atılır; fakat bağımsız bir şekilde sağlanır.

(1) Adım atılır; fakat düşmeyi önlemek için desteğe ihtiyaç vardır.

(0) Düşer ya da adım atamaz.

V. DUYUSAL YÖNELİM BÖLÜM V: _____/15 PUAN

19. DENGELİ İÇİN DUYUSAL BÜTÜNLEŞME

(Modifiye Duyusal Etkileşim ve Dengenin Klinik Testi-Modifiye DEDKT)

A- GA,	B-GK,	C-GA,	D-GK,
SERT YÜZEY	SERT YÜZEY	KÖPÜK YÜZEY	KÖPÜK YÜZEY
Deneme 1_____	Deneme 1_____	Deneme 1_____	Deneme 1_____
Deneme 2_____	Deneme 2_____	Deneme 2_____	Deneme 2_____
(3) 30 sn. sabit	(3) 30 sn. sabit	(3) 30 sn. sabit	(3) 30 sn. sabit
(2) 30 sn. sabit değil.	(2) 30 sn. sabit değil.	(2) 30 sn. sabit değil.	(2) 30 sn. sabit değil.
(1) < 30 sn.	(1) < 30 sn.	(1) < 30 sn.	(1) < 30 sn.
(0) Yapamaz.	(0) Yapamaz.	(0) Yapamaz.	(0) Yapamaz.

Not:GA: Gözler Açık, **GK:** Gözler Kapalı

20. EĞİMLİ-GÖZLER KAPALI

BAŞ PARMAKLAR YUKARIDA

(3) Bağımsız bir şekilde durabilir, aşırı salınım olmadan sabit kalır, 30 sn. tutabilir ve yer çekimiyle dizilimi sağlar.

(2) 19B maddesindekinden daha geniş bir salınımla 30 sn. bağımsız bir şekilde durabilir YA DA zeminle birlikte dizilimi sağlar.

(1) Dokunma desteği gerekir YA DA 10-20 sn. desteksiz durabilir.

(0) 10 sn.den daha uzun süre duramaz YA DA bağımsız sabit duruşu deneyemez.

VI. YÜRÜMEDE STABİLİTE

BÖLÜM VI: _____/21 PUAN

*21.

YÜRÜME-DÜZ

ZEMİN

*Süre: _____ sn.

- (3) Normal: İyi bir hızla ($\leq 5,5$ sn.) 6 m. yürür, denge kaybı ile ilgili bir bulgu yoktur.
- (2) Hafif: Daha düşük hızla ($> 5,5$ sn.) 6 m. yürür, denge kaybı ile ilgili bir bulgu yoktur.
- (1) Orta: 6 m. yürür, denge kaybı vardır (geniş destek yüzeyi, lateral gövde hareketi, kararsız adım izi)- tercih edilen herhangi bir hızda.
- (0) Şiddetli: Destek olmaksızın 6 m. yürüyemez ya da yürümede ciddi sapmalar YA DA ciddi denge kaybı mevcuttur.

22. YÜRÜME HIZINDA DEĞİŞİKLİK

- (3) Normal: Dengesizlik olmaksızın yürüme hızını anlamlı bir şekilde değiştirir.
- (2) Hafif: Dengesizlik olmadan yürüme hızını değiştiremez.
- (1) Orta: Yürüme hızını değiştirir; ama denge kaybı bulguları vardır.
- (0) Şiddetli: Yürüme hızında anlamlı bir şekilde değişiklik yapmayı başaramaz VE denge kaybı bulguları vardır.

23. BAŞIN DÖNÜŞÜYLE YÜRÜME- HORIZONTAL

- (3) Normal: Yürüme hızında değişiklik olmadan ve iyi bir denge ile başını döndürmeyi gerçekleştirir.
- (2) Hafif: Yürüme hızında hafifçe azalmayla birlikte başını döndürmeyi gerçekleştirir.
- (1) Orta: Denge kaybı ile birlikte başını döndürmeyi gerçekleştirir.
- (0) Şiddetli: Azalmış hızla birlikte başını döndürmeyi gerçekleştirir VE denge kaybı VE/VEYA yürürken uygun aralıktaki baş hareketini gerçekleştirmez.

24. EKSEN ETRAFINDA DÖNÜŞ İLE YÜRÜME

- (3) Normal: Ayaklar birleşikken iyi bir denge ile HIZLI (≤ 3 adım) döner.
- (2) Hafif: Ayaklar birleşikken iyi bir denge ile YAVAS (≥ 4 adım) döner.
- (1) Orta: Ayaklar birleşikken hafif denge bozukluğu bulguları ile herhangi bir hızda döner.
- (0) Şiddetli: Ayaklar birleşikken belirgin denge bozukluğu bulguları olur ve herhangi bir hızda dönemez.

25. ENGEL ÜZERİNE ADIM ALMA

Süre: _____ sn.

- (3) Normal: Hızını değiştirmeden ve iyi bir denge ile üst üste koyulmuş 2 ayakkabı kutusunun üstüne adım atabilir.
- (2) Hafif: 2 ayakkabı kutusunun üstüne adım alabilir; fakat iyi bir denge ile olsa da yavaşlar.

(1) Orta: Denge kaybı ile birlikte ayakkabı kutularının üstüne adım alabilir ya da kutuya dokunur.

(0) Şiddetli: Ayakkabı kutularının üstüne adım alamaz VE denge bozukluğu ile birlikte yavaşlar ya da desteksiz bu aktiviteyi gerçekleştiremez.

*26. ZAMANLI" KALK-YÜRÜ" *Kalk-Yürü-Süre: _____ sn.

(3) Normal: İyi bir denge ile hızlı (<11 sn).

(2) Hafif: İyi bir denge ile yavaş (>11 sn.)

(1) Orta: Denge kaybı ile hızlı (<11 sn).

(0) Şiddetli: İyi bir denge ile VE yavaş (>11 sn.)

27. İKİLİ GÖREVLE BİRLİKTE ZAMANLI" KALK-YÜRÜ"

İkili Görev-Süre: _____ sn.

(3) Normal: Geriye doğru saymada kesinlikte ya da oturma ile kalkma arasındaki oranında fark edilebilir bir değişiklik yoktur.

(2) Hafif: Fark edilebilir yavaşlama, geriye doğru saymada duraklama YA DA hatalar ya da ikili görevde yürümede yavaşlama (%10).

(1) Orta: İkili görevde HEM kognitif görev HEM DE yürümede yavaşlama (>%10) etkilenmiş.

(0) Şiddetli: Yürürken geriye doğru sayamaz ya da konuşurken yürümeyi durdurur.

NOT: BESTest içerisindeki Fonksiyonel Uzanma Testi, tek ayak üzerinde durma testi, Zamanlı kalk-yürü testi, 6. m. Yürüme hızı ayrıca değerlendirilecektir.

EK-10 HODKINSON MENTAL TEST

- 1-Yaş ()
- 2-Zaman ()
- 3-Adres ()
- 4-Bulunduğu yer ()
- 5-Yaşadığımız yıl ()
- 6-Doğum tarihi ()
- 7-Şu anki ay ()
- 8-1.Dünya Savaşının tarihi ()
- 9-Başbakanın adı ()
- 10-20'den geriye doğru say ()

Total Skor:

Yönerge:

Doğru cevaplandırılan her soru 1 puan olarak hesaplanmaktadır.

8-10 puan doğru cevap kognitif fonksiyon bozukluğu olmadığını,

6-7 puan doğru cevap hafif düzeyde fonksiyon bozukluğu olduğunu,

5 puan ve altı doğru cevap ise ileri düzey kognitif bozukluğu gösterir.

Ek-11

Resim Çekimi ve Kullanımı Yayın Hakkı Devir Sözleşmesi Formu

Çalışma sırasında çekilmiş fotoğraflarımın gereği halinde, kimlik bilgilerim verilmeyecek şekilde GÖZLERİ AÇIK/KAPALI olarak bilimsel çalışmalar, tezler; eğitim faaliyetleri ve bilimsel yayınlar için kullanılmasına İZİN VERDİĞİMİ beyan ederim.

Akademik çalışmalarda yayınlanacak resimlerimin yazım ve yayın kurallarına uygun olarak hazırlanıp sunulmasından Proje yürütücüsü sorumludur (25.12.2017).

Hasta/Gönüllü Adı Soyadı: Mehmet GÜZEL

İzni veren kişi (Gönüllü / Hasta yada velisi / vasisi)* Adı Soyadı İMZA:

Mehmet GÜZEL

PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ Adı Soyadı İMZA:

Doç. Dr. Filiz ALTUĞ

*NOT: Reşit olmayan bireyler adına aileleri tarafından imzalanacaktır.

