

T.C  
HARRAN ÜNİVERSİTESİ  
TIP FAKÜLTESİ  
FİZİKSEL TIP VE REHABİLİTASYON ANABİLİM DALI

**HEMİPLEJİK HASTALARDA İNTERAKTİF VİDEO  
OYUNLARININ MOTOR VE FONKSİYONEL  
PERFORMANS ÜZERİNE ETKİNLİĞİ VE  
RADYOLOJİK PROGRESYONUN DİFÜZYON TENSÖR  
GÖRÜNTÜLEME (DTI) İLE ARAŞTIRILMASI**

UZMANLIK TEZİ

Dr. Abdulhalık CİNAKLI

DANIŞMAN

Doç. Dr. Ahmet BOYACI

Yrd. Doç. Alparslan YETİŞGİN

ŞANLIURFA

2016

T.C  
HARRAN ÜNİVERSİTESİ  
TIP FAKÜLTESİ  
FİZİKSEL TIP VE REHABİLİTASYON ANABİLİM DALI

**HEMİPLEJİK HASTALARDA İNTERAKTİF VİDEO  
OYUNLARININ MOTOR VE FONKSİYONEL  
PERFORMANS ÜZERİNE ETKİNLİĞİ VE  
RADYOLOJİK PROGRESYONUN DİFÜZYON TENSÖR  
GÖRÜNTÜLEME (DTI) İLE ARAŞTIRILMASI**

UZMANLIK TEZİ

Dr. Abdulhalık CİNAKLI

DANIŞMAN

Doç. Dr. Ahmet BOYACI

Yrd. Doç. Alparslan YETİŞGİN

Bu tez, Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Koordinatörlüğü (HÜBAK) tarafından  
24.02.2015 tarih ve 15016 numaralı proje ile desteklenmiştir.

ŞANLIURFA

2016

## TEŞEKKÜR

Tezimin planlanması, yürütülmesi ve yazımı esnasında desteğini her zaman gördüğüm ve araştırma görevlisi olarak çalıştığım süre içerisinde bilgi ve tecrübelerinden her zaman yararlandığım değerli hocalarım Doç. Dr. Ahmet BOYACI'ya, Yrd. Doç. Dr. Alparslan YETİŞGİN'e,

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgi ve deneyimlerinden her zaman faydalandığım, değerli hocalarım Doç. Dr. Ahmet TUTOĞLU, Doç.Dr. Pelin YAZGAN'a

Rotasyonlarım sırasında bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım değerli hocalarıma, birlikte görev almaktan memnuniyet duyduğum değerli asistan arkadaşlarıma, kliniğimiz fizyoterapistlerine, hemşire ve personeline,

Bu günlere gelmemde büyük emeği olan, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen değerli aileme, en içten teşekkürlerimi sunuyorum.

Dr. Abdulhalık CİNAKLI

## İÇİNDEKİLER

## SAYFA NO

TEŞEKKÜR	I
İÇİNDEKİLER	II
TABLolar DİZİNİ	IV
RESİMLER DİZİNİ	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VI
KISALTMALAR	VII
ÖZET	IX
ABSTRACT	XI
1. GİRİŞ ve AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Serebrovasküler Olay	3
2.1.1. Tanım	3
2.1.2. Epidemiyoloji	3
2.1.3. Risk Faktörleri	4
2.1.4. Etyoloji	5
2.1.5. Patogenez	6
2.1.6. İnmenin Sınıflandırılması	6
2.1.6.1. Patofizyolojik Sınıflama	6
2.1.6.2. Süreye Göre Sınıflama	7
2.1.7. Klinik	8
2.1.7.1. İnternal Karotis Kommunis Lezyonu	8
2.1.7.2. Orta Serebral Arter Sendromları	9
2.1.7.3. Anterior Serebral Arter Sendromları	9
2.1.7.4. Posterior Serebral Arter Sendromları	9
2.1.7.5. Vertebro baziler Sistem Sendromları	10
2.2. Rehabilitasyon Potansiyeli ve Prognostik Faktörler	10
2.3. İyileşme	11
2.3.1. Nörolojik İyileşme	12
2.3.2. Fonksiyonel İyileşme	12
2.4. Komorbid Hastalıklar ve Sekonder Komplikasyonlar	14
2.5. Tanı	15

2.6. Difüzyon Tensör Görüntüleme	16
2.7. Tedavi	18
2.8. Nöronal Plastisite	22
2.9. İnme Rehabilitasyonunda Sanal Gerçeklik	24
3- GEREÇ VE YÖNTEM	27
3.1. Olgular	27
3.2. Olguların Değerlendirilmesi	28
3.2.1. Eklem Hareket Açıklığı Ölçümleri	28
3.2.2. Spastisitenin Değerlendirilmesi	28
3.2.3. Motor Fonksiyonun Değerlendirilmesi	29
3.2.4. Fonksiyonel Yetersizliğin Değerlendirilmesi	31
3.2.5. Difüzyon Tensör Görüntüleme Protokolü	34
3.3. Çalışma Protokolü	35
3.4. Tedavi Protokolü	36
3.5. İstatistiksel Analiz	39
4. BULGULAR	40
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	51
KAYNAKLAR	59

<b>Tablo-1:</b> İnme Risk Faktörleri	4
<b>Tablo-2:</b> Hemiplejide Görülen Sinerji Paternleri	13
<b>Tablo-3:</b> İnmeli Hastalarda Komplikasyonlar ve Komorbiditeler	14
<b>Tablo-4:</b> Modifiye Ashworth Skalası	28
<b>Tablo-5:</b> Fugl Meyer Motor Fonksiyon Skalası	29
<b>Tablo-6:</b> Brunnstrom Evrelemesi	31
<b>Tablo-7:</b> Motor Activity Log	33
<b>Tablo-8:</b> Motor Activity Log (MAL) Miktar ve Nitelik Skalaları	34
<b>Tablo-9:</b> Xbox Kinect Oyunları ile Sanal Gerçeklik Eğitimi	38
<b>Tablo-10:</b> Çalışma Gruplarının Demografik Özellikleri.	41
<b>Tablo-11:</b> Spastisite Düzeylerinin Grup İçi ve Gruplar Arası Karşılaştırılması.	42
<b>Tablo-12:</b> Eklem Hareket Açıklığı (EHA) Düzeylerinin Grup İçi ve Gruplar Arası Karşılaştırılması	43
<b>Tablo-13:</b> Brunnstrom Evrelerinin Grup İçi ve Gruplar Arası Karşılaştırılması	44
<b>Tablo-14:</b> MAL Miktar Ve Nitelik Skorlarının Grup İçi ve Gruplar Arası Karşılaştırılması	44
<b>Tablo-15:</b> FBÖ Kendine Bakım Skorlarının Grup İçi ve Gruplar Arası Karşılaştırılması	45
<b>Tablo-16:</b> FM Skorlarının Grup İçi ve Gruplar Arası Karşılaştırılması	45
<b>Tablo-17:</b> Etkilenmiş Hemisfer FA Değerlerinin Grup İçi ve Gruplar Arası Karşılaştırılması	47
<b>Tablo-18:</b> Etkilenmemiş Hemisfer FA Değerlerinin Grup İçi ve Gruplar Arası Karşılaştırılması	48
<b>Tablo-19:</b> Etkilenmiş Hemisfer MD Değerlerinin Grup İçi ve Gruplar Arası Karşılaştırılması	49
<b>Tablo-20:</b> Etkilenmemiş Hemisfer MD Değerlerinin Grup İçi ve Gruplar Arası Karşılaştırılması	50

## RESİMLER DİZİNİ

## SAYFA NO

<b>Resim-1:</b> Microsoft Xbox 360 Oyun Konsolu	26
<b>Resim-2:</b> Kinect Hareket Algılayıcı Sensör	26
<b>Resim-3:</b> Çalışmada Uygulanan Kinect Oyunlar	37
<b>Resim-4:</b> Kinect Hasta Eğitim Seansı	39



**Şekil-1:** alıŐma Akış Şeması

35





## KISALTMALAR

<b>SVO</b>	: Serebro Vasküler Olay
<b>WHO</b>	: Dünya Sağlık Örgütü
<b>FES</b>	: Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu
<b>MAS</b>	: Modifiye Ashworth Skalası
<b>FM</b>	: Fugl Mayer
<b>MAL</b>	: Motor Activity Log
<b>GYA</b>	: Günlük Yaşam Aktiviteleri
<b>EHA</b>	: Eklem Hareket Açıklığı
<b>FBÖ</b>	:Fonksiyonel Bağımsızlık Ölçeği
<b>ÜPPL</b>	:Üst pons posterolateral
<b>APAM</b>	:Alt pons anteromedial
<b>FA</b>	: Fraksiyone Anizotropi
<b>MD</b>	: Mean Difüzyon
<b>IREX</b>	: İnteraktif Rehabilitasyon ve Egzersiz Sistemi
<b>BBT</b>	: Box and Block Test
<b>CST</b>	: Kortikospinal Traktus
<b>DTI</b>	: Difüzyon Tensör Imaging
<b>SGOT</b>	:Sanal Gerçeklik Oyun Tedavisi
<b>TWREX</b>	: Therapy Wilmington Robotic Exoskeleton
<b>BT</b>	: Bilgisayarlı Tomografi
<b>MRG</b>	: Manyetik Rezonans Görüntüleme
<b>SPECT</b>	: Single Photon Emission Computed Tomography
<b>PET</b>	: Positron Emission Tomography
<b>PNF</b>	: Proprioseptif Nöromusküler Fasilitasyon
<b>ZKT</b>	: Zorunlu Kullanım Tedavisi
<b>CIMT</b>	: Constraint-İnduced Movement Therapy
<b>SG</b>	: Sanal Gerçeklik
<b>SÇ</b>	: Sanal Çevre
<b>SGR</b>	: Sanal Gerçeklik Rehabilitasyonu
<b>DTG</b>	: Difüzyon Tensör Görüntüleme

**KST** :Kortikospinal traktus  
**KR** :Korona radiata  
**ADC** :Apparent Diffusion Coefficient



## ÖZET

### **Hemiplejik Hastalarda İnteraktif Video Oyunlarının Motor Ve Fonksiyonel Performans Üzerine Etkinliği Ve Radyolojik Progresyonun Difüzyon Tensor Görüntüleme (DTI) İle Araştırılması**

**Dr. Abdulhak CİNAKLI**

**Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı Uzmanlık Tezi**

**Amaç:** İnme sonrası hemipleji gelişen hastalarda hareket güçlüğü ve fonksiyonel kısıtlılık önemli bir sorun teşkil etmekle birlikte bu hastalardaki motor sonuçların prognozu kortikospinal traktus (KST)'un hasarı ile yakından ilişkilidir. Difüzyon Tensör Görüntüleme (DTG), KST'nin durumunu ve beyaz cevherdeki hasarı değerlendirmede son zamanlarda kullanılan üstün bir görüntüleme yöntemidir. Konvansiyonel tedavilerin aksine düşük maliyetli sanal gerçeklik oyunları tedavisi (SGOT), tekrarlayıcı,yoğun eğitim,hedef ve görev odaklı,yüksek motivasyon ve aktif katılım sağlayan eğlenceli bir tedavi yöntemidir. Bu çalışmanın amacı hemiplejik hastalarda interaktif video oyunlarının motor ve fonksiyonel performans üzerine etkinliği ve radyolojik progresyonun DTG ile araştırılmasıdır

**Gereç-Yöntem:** Çalışmaya 18-80 yaş aralığında inmeye bağlı hemipleji gelişmiş 18 hasta alındı.. Hastalar randomize olarak iki gruba ayrıldı.Birinci grup (rehabilitasyon grubu), 9 hasta 4 hafta geleneksel fizyoterapi programına, ikinci grup (oyun grubu) 9 hasta ise bu programa ilave olarak Xbox 360 Kinect ile sanal gerçeklik tedavisine alındı. Tüm hastaların tedavi öncesi demografik verileri , tedavi öncesi ve sonrası üst ekstremitte eklem hareket açıklığı (EHA) ve spastisite dereceleri, Fugl Mayer motor fonksiyon skalası (FM), Brunnstrom evreleri, Fonksiyonel Bağımsızlık Ölçütü (FBÖ) ve Motor Activity Log (MAL) skorları kaydedildi. Radyolojik progresyonu araştırmak için tüm hastalara tedavi öncesi ve sonrası DTG çekildi. DTG parametrelerinden Fraksiyone Anizotropi (FA) ve Mean Difüzivite (MD) değerlendirildi.

**Bulgular:** Tedavi sonrasında her iki grupta EHA artmakla birlikte spastisite azalması oyun grubunda daha anlamlıydı. Rehabilitasyon grubunda Brunnstrom üst ekstremite artışı anlamlı bulundu. Her 2 grupta tedavi sonrası FBÖ’de ve FM total skorlarında anlamlı artış bulundu. Her iki grubun tedavi sonrası MAL miktar ve nitelik sonuçları anlamlı bulunmadı. DTI verileri değerlendirildiğinde etkilenmiş hemisferde rehabilitasyon grubunda tedavi sonrası Korona radiata (KR) da ve oyun grubunda Posterior Limb of İnternal Kapsül (PLIC) de FA değerinde anlamlı azalma saptandı ,etkilenmiş hemisferde rehabilitasyon grubunda üst pons posterolateral (ÜPPL)’de MD değerinde anlamlı azalma saptandı.

**Sonuç:** Geleneksel fizyoterapiye eklenen Kinect oyun teknolojisinin, spastisiteyi azaltmak ve EHA’nı arttırmak suretiyle inmeye bağlı hemipleji geçirmiş hastalarda motor ve fonksiyonel performansı arttırdığı gözlenmiştir. Bu teknolojinin KST’de etkilenmiş hemisferde FA’yı arttırmak suretiyle kortikal reorganizasyon gelişiminde etkili olabileceği bulunmuştur. Sanal gerçeklik oyun tedavisi, hemiplejili hastaların rehabilitasyonunda ulaşımı kolay ve hastanın kendi evinde kullanabileceği alternatif bir tedavi yöntemi olarak kullanılabilir.

**Anahtar kelimeler:** İnme, hemipleji, sanal gerçeklik oyun tedavisi, difüzyon tensör görüntüleme, nöronal plastisite,

## ABSTRACT

### **Evaluation of Motor and Functional Effectiveness of Interactive Video Games and Radiological Progression Using Diffusion Tensor Imaging (DTI) in Hemiplegic Patients**

**Abdulhak CİNAKLI, MD**

**Specialty Thesis, Department of Physical Medicine and Rehabilitation**

**Objective:** As well as movement disabilities and functional limitations are an important problem in poststroke patient with hemiplegia and prognosis of motor outcomes is closely related with corticospinal tractus status(CST).Diffusion tensor imaging (DTI) method is a superior imaging method to evaluate the CST's situation and White matter damage.Lowcost virtual reality gaming therapy unlike traditional therapy is repeatitive,funny, target and task-oriented method also provides motivation and active participation.This study aimed to determine motor and functional effectiveness of active video games on hemiplegic patients and to investigate radiological progression using DTI.

**Design:** : Eighteen patients with hemiplegia due to stroke (18-80 years) were included in this study. Patients were randomly divided into two group.The first group(rehabilitation group) including 9 patients who received traditional rehabilitation programme and the second group (game group) also including 9 patients who received virtual reality therapy with Xbox 360 kinect in addition to traditional rehabilitation for 4 weeks..All patients upper extremity range of motion(ROM) and degree of spasticity,Fugl Mayer Assesment Scores(FM), Brunnstorm Hemiplegia Classification, Functional Independence Measure(FIM) and Motor Activity Log Score were recorded at beginning and after treatment and demographic data were recorded at begining. All patients underwent DTI at beginning and after treatment to investigate radiological progression.Fractional Anisotropy(FA) and mean diffusivity (MD) were analysed in DTI meter.

**Results:** Upper extremity range of motion was increased in both two groups , spasticity reduction was significantly greater in game group.Brunnstorm Hemiplegia

Classification was increased in rehabilitation group. FIM and FM total scores were significantly increased in both two groups. MAL quantity and quality results were not significant in both two groups. In affected hemisphere FA values also were decreased in posterior limb of internal capsule (PLIC) in game group and corona radiata in rehabilitation group. MD values were decreased in posterolateral of upper pons (UPPL) in game group.

**Conclusion:** It has been observed that Kinect game technology increased the motor and functional performance in patients with hemiplegia due to stroke by reducing spasticity and increasing upper ROM. This technology could be effective in cortical reorganization development by increasing FA in unaffected hemisphere CST. Virtual reality gaming therapy can be used as an alternative treatment method in rehabilitation of hemiplegic patients, because of its accessible and domestic treatment.

**Key Words:** Stroke, hemiplegia, virtual reality therapy, diffusion tensor imaging, neuronal plasticity

## 1. GİRİŞ ve AMAÇ

İnme, gelişmiş ülkelerde Dünya Sağlık Örgütü'ne göre mortalitenin en sık üçüncü nedenidir. Her yıl yaklaşık 15 milyon insan inme geçirmektedir (1). Yetişkinlerde sakatlığın en sık nedeni haline gelmiştir. İnme sonrası bakım gider maliyeti gittikçe artmaktadır (2).

İnmeli hastaların üst ekstremitte rehabilitasyonunda asıl hedef; mevcut motor kısıtlılığa rağmen kişiye günlük yaşam aktivitelerinde (GYA) en yüksek bağımsızlık düzeyinin sağlanmasıdır. Ancak çoğu hastada üst ekstremitte işlevsel prognozu alt ekstremitteye göre daha kötüdür. Dolayısıyla üst ekstremitte rehabilitasyonu daha çok zaman ve uğraş gerektirmektedir (3-5).

Gelişen teknoloji ile birlikte son yıllarda oyun ve eğlenceyi içeren yeni rehabilitasyon teknikleri geliştirilmiştir (6,7). Bilgisayar teknolojisi yardımıyla işitsel, görsel ve duyuşsal alanlarda geribildirim sağlayarak gerçek hayatı taklit eden sanal gerçeklik bu teknolojilerden biridir (8). Düşük maliyet içeren video konsol oyunları ile sanal gerçeklik, tedavi amacıyla rehabilitasyon süreçlerine katılarak üst ekstremitte, alt ekstremitte ve denge fonksiyonlarının gelişimine yönelik olarak tedavide yerini bulmuştur (9,10). Sanal gerçeklik rehabilitasyonu (SGR) nöromotor iyileşmede önemli bir alternatif rehabilitasyon tekniğidir. Bu eğitimde amaç, tekrarlayan uygulamalarla, biofeedback ve uygulamada hasta katılımını maksimum tutarak, motivasyon artırıcı etkisiyle nöromotor becerilerin kazanımını sağlamaktır (11).

Difüzyon tensör görüntüleme (DTG), canlı nöral dokuda su moleküllerinin noninvaziv olarak difüzyonunu ölçen, beyin beyaz cevher yolları hakkında niceliksel bilgi ve yönelim tahminini sağlaması nedeniyle kullanılan önemli bir görüntüleme tekniğidir (12). Kortikospinaltrakt (KST) insanlarda özellikle ince el becerileri olmak üzere, motor kontrol için en önemli nöral yolaktır (13,14). Bu nedenle inmeli hastalarda KST durumunun aydınlatılması için hastaların klinik bulgular (15), radyolojik ölçümler (16,17), elektrofizyolojik metodlar (18-21) ve fonksiyonel nörogörüntüleme ile ilgili çalışmalar incelenmiştir (22,23). Ancak bu çalışmalar ile doğrudan KST durumunu görüp ,tahmin edemiyoruz.Buna karşılık DTG KST durumunu görüntülemeye ve tahmin etmede eşsiz bir

avantaja sahiptir (24-26).Yaklaşık bir düzine yeni çalışmaların bulguları inmeli hastalarda motor sonuç için DTG ile ilgili prediktif değer gösterilmiştir. (27-38).Yapılan bir çalışmada KST boyunca Fraksiyone Anizotropi (FA) değerleri ölçülmüştür.FA oranının 3 ay sonraki değerlere bakıldığında iyi motor sonuçları olan kişilerde,kötü motor sonuçları olanlara göre yüksek olduğu istatiksel olarak anlamlı bulunmuştur (38). Yine başka bir çalışmada FA değerinin düşük olduğu inme sonrası hastalardaki 3 ay sonraki motor gelişimin daha düşük olduğu,FA değerinin yüksek olduğu hastalarda ise daha iyi motor gelişim görüldüğü gözlenmiştir (35).

Yaptığımız literatür taramasında gördüğümüz kadarıyla hemiplejili hastalarda sanal gerçeklik tabanlı aktif video oyunlarının hastalarda motor ve fonksiyonel performans üzerine etkinliği ile ilgili ve tedavi sonrası beyin reorganizasyonuna yönelik değişiklikleri difüzyon tensör görüntüleme ile araştıran bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle bu çalışmada hemiplejik hastalarda aktif video oyunlarının motor ve fonksiyonel performans üzerine etkinliği ve DTG ile radyolojik progresyonun araştırılması amaçlanmıştır.



## **2. GENEL BİLGİLER**

### **2.1. Serebrovasküler Olay**

#### **2.1.1. Tanım**

Serebrovasküler olay (SVO), iskemi veya kanama nedeniyle beynin bir bölgesinin geçici veya kalıcı olarak etkilenmesi ve/veya beyinle ilgili kan damar veya damarlarının primer patolojik hasarıdır (39). İnme çoğu zaman SVO ile eş anlamlı kullanılmakla beraber, asıl tanımı; 24 saatten uzun süren , ölümlü de sonuçlanabilen , vasküler nedenlere bağlı serebral fonksiyonlarda bozulma nedeniyle hızlı gelişen fokal veya jeneralize nörolojik defisite yol açan klinik durumdur (40).

İnme benzeri klinik gösterebilen epilepsi, senkop, kafa travması, beyin tümörü, abse, kist gibi yer kaplayan oluşumlar; toksik etmenler (alkol, karbonmonoksit, kurşun, civa zehirlenmesi v.b.) ve enfeksiyonlar (menenjit, ensefalit v.b.) gibi vasküler olmayan nedenler, serebrovasküler olay tanımına girmemektedir (41,42).

#### **2.1.2. Epidemiyoloji**

İnme, erişkinlerde nörolojik hastalıklar arasında sıklık ve önem açısından ilk sırada yer alır. Dünyada en yaygın, ciddi nörolojik hadisedir. ABD ve diğer batı ülkelerinde kalp hastalıkları ve kanserden sonra en sık görülen üçüncü ölüm nedenidir. ABD’de her yıl yaklaşık 500000 yeni SVO vakasının ortaya çıktığı ve SVO’nun nörolojik kaynaklı özürlülükte travmatik beyin hasarından sonra ikinci sıraya yerleştiği görülmüştür (43).

İnme, çoğunlukla 65 yaşından sonra görülmekte ve insidansı 55 yaşından sonra giderek artmaktadır. 80 yaş üzerinde insidans 2500/100000’e çıkar. İnme epidemiyolojisinde yaş, cinsiyet ve ırk önemlidir. Erkeklerde kadınlardan, siyahlarda beyazlardan daha sık inmeye rastlanmaktadır. Irklar arasındaki farklar dikkate alındığında Afrika kökenli

Amerikalılarda inme görülme sıklığı beyazlara oranla 2,7 kat daha fazla olduğu görülmüştür (44).

Son yıllarda yapılan epidemiyolojik çalışmalarda, inmeye bağlı ölüm oranının azaldığı ve inme sonrası yaşam süresinin arttığı gösterilse de; inme halen en fazla sakatlığa ve bağımlılığa yol açan hastalıklar arasına girmektedir (42, 45).

### 2.1.3. Risk Faktörleri

İnme sonrası oluşan nörolojik sekelleri geri döndüren medikal tedavi henüz yoktur. Bu nedenle risk faktörlerinin bilinmesi ve inmenin önlenmesinde kullanılmaları çok önemlidir (46). İnmede risk faktörleri genel olarak değiştirilebilir ve değiştirilemeyen risk faktörleri olarak iki gruba ayrılmaktadır (47) (Tablo-1).

**Tablo-1:** İnme Risk Faktörleri (47)

<b>I. Değiştirilemeyen risk faktörleri</b>
Yaş
Cinsiyet
İrk
Aile öyküsü
Genetik
<b>II. Değiştirilebilir risk faktörler</b>
Hipertansiyon
Diabetes mellitus
Kalp hastalıkları
Dislipidemi
Sigara
Asemptomatik karotis stenozu
Geçirilmiş inme veya geçici iskemik atak
Aortik ark ateromatozisi
Ağır alkol kullanımı
Obezite
Artmış fibrinojen seviyesi
Artmış kardiyolipin antikoru
Artmış homosistein seviyesi
Düşük folat seviyesi
Oral kontraseptif kullanımı
Orak hücreli anemi

#### **2.1.4. Etyoloji**

İnme Etyolojisindeki Faktörler (48);

##### **1. Oklüzyon**

- a. Büyük damar oklüzyonu
- b. Büyük damar dallarının oklüzyonu
- c. Küçük penetran arterlerin oklüziv hastalığı (laküner infarkt)

##### **2. Embolizasyon**

- a. İnternal karotid arter veya arkus aortadaki aterom plağı kaynaklı
- b. Kalp hastalıkları kaynaklı (romatizmal ve iskemik kalp hastalığı, bakteriyel endokardit, atrial miksoma, prostetik kapak, mitral valv prolapsusu)
- c. Diğer (yağ embolisi, tümör embolisi)

##### **3. Damar Duvarı Hastalıkları**

- a. Arteritler (Romatoid Vaskülit, Sistemik Lupus Eritematozus, Poliarteritis Nodosa, Temporal Arterit, Takayasu Hastalığı, Wegener Granülomatozu)
- b. Diğer (Sifilitik vaskülit, Fibromusküler Hiperplazi, Sarkoidoz)

##### **4. Kan hastalıkları**

Koagülopatiler, hemoglobinopatiler, hiperviskosite sendromları, polisitemi, trombositopenik purpura, trombositemi

##### **5. Venöz tromboz**

Santral sinir sisteminde meydana gelen venöz tromboz, enfeksiyona veya dehidratasyona bağlı gelişebileceği gibi, arteriyel tıkanıkla beraber oral kontraseptif kullananlarda veya gebelerde östrojen fazlalığına bağlı olarak da görülebilmektedir.

##### **6. Kanama**

a.İntraserebral kanama (hipertansiyon, anevrizma, neoplazm, travma, arteriovenöz malformasyon, antikoagülan tedavi, sepsisemi, dissemine intravasküler koagülopati, koagülasyon bozuklukları)

b.Subaraknoid kanama (anevrizma, travma, arteriovenöz malformasyon, tümör, antikoagülan tedavi, koagülasyon bozuklukları)

### 2.1.5. Patogenez

Serebral kan akımının farklı koşullarda yeterli olarak düzenlenmesi, merkezi sinir sistemi fonksiyonlarının devamı için gereklidir (42). Kalbin pompaladığı kan miktarının beşte biri beyne gelir (1000 ml/dk). Beyin bu kanla metabolik ihtiyaçlarını karşılar (49). Erişkin bir beynin normal işlevini devam ettirebilmesi için dakikada 500-600 ml oksijen ve 75 mg glukoza ihtiyacı vardır. Beyin dokusunun oksijen ve glikoz depolama özelliği yoktur. Beynin metabolik ihtiyacı çok yüksektir. Bu nedenle beyin dolaşımındaki 6-10 saniyelik bir duraklama, reversibl nöronal metabolik bozukluk ve bilinç yitimine neden olur. 2 dakika içinde beynin tüm fonksiyonları kesilir ve 5 dakika sonra irreversibl beyin dokusu yıkımı başlar (50). Beyne gelen kan akımı, belirli sınırlar içindeki kan basıncı değişikliklerine rağmen sabit tutulur, kan basıncı düşünce serebral arterler genişler, kan basıncı yükselince daralır ve böylece içinden geçen kan miktarı sabit tutulmaya çalışılır. Bu mekanizmaya serebral otonöregülasyon denir. Serebral otonöregülasyon ortalama arteriyel basıncın 70-160 mm Hg arasındaki değişikliklerinde işler, bu limitleri aşan hipotansiyon ve hipertansiyon durumunda ise yetersiz kalır (49). Serebrovasküler olaylarda değişik parametreler kullanılarak birçok sınıflama yapılmıştır. Dünya Sağlık Örgütü'nce kabul edilen sınıflamaya göre SVO'lar, iskemik ve hemorajik olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır (42).

### 2.1.6. İnmenin Sınıflandırılması

#### 2.1.6.1. Patofizyolojik Sınıflama

İskemik İnme (%90);

**1. Trombotik İnme (%40):** Serebrovasküler hastalıkların en yaygın tipi olup genellikle karotis veya orta serebral arter gibi büyük kan damarlarının aterosklerotik stenoz ya da tıkanıklığına bağlıdır. Trombotik inmede nörolojik defisit yavaş gelişmekte olup, semptomların ilerleyişi saatler ve günler alır. Trombotik inme genellikle geceleri ortaya çıkar ve hastalar sabah yeni bir defisitle uyanırlar. Genellikle öyküde geçici iskemik atak vardır. Ateroskleroz genel olarak büyük damarları etkiler, bu nedenle trombotik inmeden

kaynaklanan iskemi yayılmaya eğilimlidir ve hastaların kliniği ciddi olarak bozulmaktadır (51,52).

**2. Embolik İnme (%30):** Antihipertansif ilaçların kullanımı ve aterosklerotik riskfaktörlerinin daha iyi kontrol edilebilmesiyle embolik inme insidansı azalmaya başlamıştır. Embolik inme trombosit, kolesterol, fibrin, kalpten veya bir arter duvarından kopan hematojen materyalin parçalarından kaynaklanır. Miyokard infarktüsü sırasında ortaya çıkan strokların çoğu kardiyak emboliye bağlı gelişir. Embolik materyal, hızlı hareket ederek küçük çaplı damarları ani olarak tıkadığı için embolik inme birdenbire ortaya çıkar (50). Klinik tablo birkaç saniye ya da dakika içinde gelişir, emboli gündüz veya gece herhangi bir zamanda oluşabilir (51). Kortikal defisitler, nöbetler, ihmal ve afazi embolik inmenin ayırt edici özelliğidir (52).

**3. Laküner İnme (%20):** İnfarktlar çok küçük olup, büyük damarlardan çıkan küçük perforan arteriollerin dallandığı yerlerde görülür. Bu farklı vasküler yapılar; bazal ganglion, kapsüla interna, beyin sapı ve talamusta bulunur. Hipertansif kişilerde bu damarlar, sürekli yüksek basınca maruz kalarak kalınlaşır, hyalinize olur ve tıkanır. Laküner sendromların özgül kliniği; sadece motor hemipleji, sadece duyuusal veya ataksik hemiparezidir. Prognoz genellikle iyi olup hastaların %85'i iyi derecede iyileşir (52).

**Hemorajik İnme (%10):** İntraserebral kanama ve subaraknoid kanama olarak iki kısma ayrılır (41). Serebrovasküler hastalıkların en ciddi tipidir. Genellikle kilolu ve hipertansif erkeklerde görülür. Başlangıç ani olup yırtılan arterin boyutuna ve yerine göre kanama dakikalar, saatler, bazen günlerce sürer. Çoğu zaman hastanın aktif olduğu bir zamanda ortaya çıkar. Olguların %70-80'inde kan basıncı yükselir ve kafa içi basıncı artar. Baş ağrısı, bulantı, kusma ve bilinç bozukluğu ortaya çıkar. Kanama daha çok bazal ganglion, kapsüla interna ve beyin sapında ortaya çıkmaya eğilimlidir. Subkortikal defektler, hemipleji, hemisensoryel kayıp, görsel alan defektleri, mental değişiklikler sık görülür. Prognoz kötü olup, hastaların %30-35'i 1-30 gün içinde kaybedilir (51,52).

#### **2.1.6.2. Süreye Göre Sınıflama**

**1-Geçici İskemik Atak:** Ani başlayan, genellikle 5-15 dakika süren, 24 saat içinde tamamen düzelen geçici fokal nörolojik defisit olup, sıklıkla aterosklerotik karotid arter hastalığı sonucu görülür (41, 53).

**2-Reversibl İskemik Nörolojik Defisit:** Nörolojik semptomlar geçicidir, fakat semptomlar 24 saatten daha uzun sürer. Subkortikal gri ve beyaz cevherdeki küçük infarktlardan kaynaklanabilir (41,53).

**3-Progresif İnme:** Nörolojik defisit hızlı başlar, saatler veya birkaç günü alacak şekilde ilerler ve belirli bir çizgide devamlı kalır. Çoğunlukla ana serebral arterlerin aktif oklüziv trombozu sonucu oluşur (41,53).

**4-Tamamlanmış İnme:** 6 saatten daha kısa bir zamanda nörolojik defisitinin maksimal olarak oturduğu klinik tablodur (41,53).

#### **2.1.7. Klinik**

SVO'lu bir hastanın değerlendirilmesinde, klinik tablo ön arteriyel dolaşımın (karotis ve ana dalları, ön ve orta serebral arterler) veya arka arteriyel dolaşımın (vertebral, baziller ve arka serebral arterler ) etkilenmesine bağlı olarak değişir. Bu iki anatomik dağılım; patogenezi, tanı, tedavi ve prognoz açısından önemli değişiklikler göstermektedir (52). Hastaların %80'inde karotis dağılımında tutulum gerçekleşmektedir. Hastaların %65 ile %15 arasında görülme sıklığı azalan bir şekilde sırayla hemipleji, hemisensorial kayıp, monooküler körlük, fasial paralizi ve uyuşukluk, afazi, baş ağrısı, dizartri ve görme alanı kaybı ortaya çıkmaktadır (50).

#### **2.1.7.1. İnternal Karotis Kommunis Lezyonu**

Ekstrakraniyal internal karotis arteri etkileyen en sıksebeb aterosklerozdur. Stenoz veya oklüzyon retinal ve serebral iskemiye neden olur. Sıklıkla orta serebral arter tutulumuna benzer tablo gösterir fakat Willis poligonu iyi çalışıyorsa asemptomatik olabilir. Hastaların bir bölümünde ise geçici iskemik ataklar; geçici monooküler körlük (Amaurosis Fugax) ve hemisferik geçici iskemik ataklar şeklinde tablolar görülür. İnme görülen hastada; lezyon tarafına konjuge bakış deviasyonu, kontralateral motor ve duyuşal defisit, hemianopsi ve

yüksek kortikal fonksiyon bozukluğu (dominant hemisferde afazi, nondominant hemisferde anosognozi ve ihmal) görülebilir (54,55).

### **2.1.7.2. Orta Serebral Arter Sendromları**

Orta serebral arter hem kardiyembolik hem de trombotik hastalıklara yatkındır (56). Orta serebral arter enfarktı serebrovasküler hastalıklar arasında en sık görülen tipdir (47). Klinik özellikleri tıkalı olan bölgeye göre değişiklik gösterir.

**Ana Gövde (Kök) Tıkanıldığında:** Kontralateral üst- alt ekstremitte ve yüzün alt yarısının eşit etkilendiği hemipleji, hemihipoestezi, enfarkt tarafında konjuge göz deviasyonu, homonim hemianopsi, aşırı aktif mesane, disfaji, dominant hemisfer tutulumunda global afazi ve nondominant hemisfer tutulumunda ihmal fenomeni görülür (47,56).

**Üst Dal Tıkanıldığında:** Kök enfarktına benzer şekilde semptomlar oluşur, farklı olarak yüz ve üst ekstremitenin daha fazla etkilendiği kontralateral hemipleji ve Broca tipi afazi görülür (47,56).

**Alt Dal Tıkanıldığında:** Motor ve duyu kaybı genellikle olmaz. Dominant hemisfer etkilendiği durumlarda Wernicke tipi afazi, non-dominant hemisfer etkilendiği durumlarda kişilik değişiklikleri ortaya çıkabilir (47,56).

**Lentikülostriat Dal Tıkanıklığında:** Saf motor hemiparezi görülebilir (47,56).

### **2.1.7.3. Anterior Serebral Arter Sendromları**

Özellikle alt ekstremitteyi etkileyen kontralateral güç kaybı tipiktir. Diğer özellikleri akinetik mutizm, bozulmuş hafıza veya emosyonel labilite, transkortikal motor afazi (dominant hemisfer tutulumunda), lezyona doğru baş ve gözlerin deviasyonu, proprioseptif duyu kaybı, sfinkter inkontinansıdır (47,56).

### **2.1.7.4. Posterior Serebral Arter Sendromları**

Klinik tablolar oklüzyon bölgesine göre farklılık gösterir (56). Talamusta enfarkt olması halinde hemisensorial defisite neden olabilir. Lateral genikulatta, temporal ve oksipital lobun kalkarin sulkusunda olan hasarlarda çeşitli görsel bozukluklar meydana gelir. Temporal lob ve hippokampal girus enfarktında hafıza bozukluğu oluşabilir (47).

#### **2.1.7.5. Vertebrobaziler Sistem Sendromları**

Beyin sapı ve serebellumu besleyen arteriyel dalların tıkanıklığı sonucu oluşan klinik tablolardır. Serebellar inmeler sık görülmekte olup, posterior inferior serebellar arter, anterior inferior serebellar arter veya süperior serebellar arter oklüzyonları ile oluşur. Posterior inferior serebellar arter ve anterior inferior serebellar arter inmeleri genellikle arterial trombüslerle meydana gelirken, süperior serebellar arter inmeleri kardiyemboliktir. Serebellar inmeler genel olarak ipsilateral ataksi ve vertigo ile seyreder. Tek taraflı beyin sapı inmeleri genellikle kranial sinir fonksiyonunu ipsilateral, sensorimotor fonksiyonu ise kontralateral olarak bozarlar (56).

Sağ ve sol hemiplejik hastalar arasında kognitif fonksiyonlar bakımından anlamlı farklar vardır. Sol hemiplejik hastada sıklıkla görsel motor algı bozukluğu, görsel hafıza kaybı ve sol taraflı ihmal sıklıkla görülür. Ancak hastada sözel akıcılık korunabildiğinden bu bozukluklar gözden kaçabilir. Hastada günlük yaşam aktivitelerinde organizasyon bozukluğu olabilir. Buna ek olarak dokunma, proprioepsiyon, işitme ve görme ile ilişkili kayıplar daha fazladır.

Sağ hemiplejik hastalarda ise daha çok iletişim kurma bozukluğu görülür. Kelime dağarcığı ve işitsel kapasite azalır ancak bu hastalarda görsel, motor algı ve hafızanın korunmasından dolayı öğrenme süreci devam edebilir. Kelimeleri azaltarak bunun yerine vücut dili, ses tonu ve yüz ifadeleri ile öğretmek daha yararlı olur (57).

## **2.2. Rehabilitasyon Potansiyeli ve Prognostik Faktörler**

Rehabilitasyon potansiyelinin saptanması, hastanın tedaviye uygun olup olmadığına karar vermede, prognoz tayininde, rehabilitasyon programının planlanması ve takibinde



gereklidir. Rehabilitasyon potansiyelini saptarken rehabilitasyonu olumlu ve olumsuz yönde etkileyen faktörleri değerlendirmek gerekir (41).

Başlangıçta genel durumun kötü olması, iki haftadan fazla süren inkontinans, düşük kognitif fonksiyon, şiddetli hemiparezi veya hemipleji, bir ay içinde motor fonksiyonun geriye dönmemesi, daha önce geçirilmiş SVO öyküsü, algısal ve uzaysal kayıplar, ihmal ya da reddetme sendromu, ciddi kardiyovasküler hastalık, bilgisayarlı beyin tomografisinde derin ya da geniş lezyon varlığı, multipl nörolojik defisit, flask evrenin uzun sürmesi , ağır rijidite ile seyreden ekstrapiramidal sendrom, spastisite ve deformitelerin birlikte gelişmesi, hastada kontrol altına alınamayan hipertansiyon ve diabetes mellitusun bulunması fonksiyonel düzeyi olumsuz yönde etkileyen kötü prognoz göstergeleridir (58).

Hemisensorial defisit, sol hemiparezi, homonim hemianopsi, ileri yaş, konuşma bozukluğu, düşük zeka düzeyi, rehabilitasyona destek olacak eş ya da yakın aile bireylerinin olmaması, düşük sosyoekonomik düzey, rehabilitasyona başlama süresinin 30 günden fazla gecikmesi olası kötü prognoz göstergeleridir. Bunların dışında; hastanın motivasyonu, aile durumu, sosyal destek, özgül nörolojik defisitlerin tümü rehabilitasyon sonucunu etkiler (59-61).

Hastanın genç olması (55 yaş altı olması), duyu kusurunun olmaması, motor fonksiyonlarda erken gelişme, üst ekstremitelerde özellikle elde hareketlerin erken belirmesi, mental bozukluğun azlığı ya da olmaması, progresif bir sistemik hastalığın bulunmaması olumlu prognoz göstergeleridir (62).

### **2.3. İyileşme**

İnme sonrasında nörolojik ve fonksiyonel iyileşmenin büyük çoğunluğu ilk 3-6 ay içinde olur. Bazı hastalarda bu süre daha da uzayabilir ve sonuçta hastada beklenenden daha üstün iyileşme seviyesi gözlenebilir (58,63).

İnmeli hastalarda iyileşme, birbiri ile ilişkili iki farklı yolla oluşur.

- 1- Nörolojik iyileşme
- 2- Fonksiyonel iyileşme

### 2.3.1. Nörolojik İyileşme

İyileşmenin bu formu klinik olarak motor kontrolde, konuşma yeteneğinde ve diğer primer nörolojik fonksiyonlarda düzelme şeklinde karşımıza çıkmaktadır (63). Nörolojik fonksiyonlarda spontan iyileşmede erken dönemde iskemi, ödem, metabolik hasar, kanama ve bası gibi patolojilerin ortadan kalkması etkili olur. Devam eden düzelmede nöroplastisite rol oynamaktadır. Nöroplastisite beyindeki yapısal ve fonksiyonel reorganizasyon yeteneği olarak tanımlanabilir (51,64). Bu reorganizasyon aylarca sürebilir. Nöroplastisitenin rehabilitasyon açısından önemi nöral yapıların kullanımına bağımlı olmasıdır (43). Hastanın aktif fiziksel terapötik programlara katılımının beyinde fonksiyonel reorganizasyonu olumlu etkilediği ve nörolojik iyileşmeyi artırdığı kabul edilmektedir (64).

### 2.3.2. Fonksiyonel İyileşme

Fonksiyonel iyileşme, fiziksel yetersizliklerin sınırları içinde, günlük yaşam aktivitelerini yürütme yeteneğindeki iyileşmedir. Motor iyileşme en hızlı ilk bir ay içinde olur ve bir yıla kadar devam edebilir (51). Akut inmeli hastaların yaklaşık 1/3'ünde afazi vardır. Yaklaşık bir yıla kadar dil fonksiyonlarında düzelmeler olabilir. Motor iyileşme ile karşılaştırıldığında afazinin iyileşmesi daha yavaş ve uzun sürede olur (43). Algılama fonksiyonlarının iyileşmesi ilk 3-6 ayda gerçekleşir. İnmeli hastaların yaklaşık %20'sinde görme alanı defekti mevcut olup, bu bozukluğun düzelme dereceleri motor ve duyuşal fonksiyonlardaki düzelme kadar belirgin olmaz. Birkaç haftada iyileşme gözlenmezse geç dönemde düzelme çoğu zaman görülmez (43,64).

Motor fonksiyon kontrolü spinal, supraspinal ve serebral düzeylerde olur. SVO geçiren kişide serebral kontrol ortadan kalkar ve spinal düzeydeki inhibisyon azalır. Bunun sonucunda bazı ilkel hareket ve refleksler ortaya çıkar. Kaba, iyi kontrol edilemeyen ve stereotipik karakter gösteren bu hareketler *sinerji paternleri* olarak bilinir. Hemiplejide görülen sinerji paternleri Tablo-2 (64)'de gösterilmiştir. Hemiplejik hastalarda genellikle üst ekstremitede fleksör sinerji, alt ekstremitede ekstansör sinerji paternleri gelişme eğilimindedir (64).

**Tablo-2:** Hemiplejide Görülen Sinerji Paternleri (64)

	<b>Üst ekstremitte</b>	<b>Alt ekstremitte</b>
Fleksör sinerji	Omuz retraksiyonu Omuz abduksiyonu Omuz eksternal rotasyonu Dirsek fleksiyonu Ön kol supinasyonu Bilek fleksiyonu Parmak fleksiyonu	Kalça fleksiyonu Kalça abduksiyonu Kalça eksternal rotasyonu Diz fleksiyonu Ayak bileği eversiyonu Dorsal fleksiyon Parmak ekstansiyonu
Ekstansör sinerji	Omuz protraksiyonu Omuz abduksiyonu Dirsek ekstansiyonu Önkol pronasyonu Bilek ekstansiyonu Parmak fleksiyon	Kalça ekstansiyonu Kalça adduksiyonu Diz ekstansiyonu Ayak bileği inversiyonu Plantar fleksiyon Parmak fleksiyon

Twichell tarafından tanımlanan inmenin motor iyileşme modelinde, hastada hareketler sinerji paternleri içerisinde gelişir. Sinerjiler kuvvetlendikçe spastisite artmaya eğilim gösterirken, izole hareketler ortaya çıkmaya başladıkça spastisite azalır (64).

Brunnstrom ise Twitchell'in bu çalışmasını esas alarak motor fonksiyonun iyileşme dönemini 6 evre halinde açıklamıştır (42).

**1.Evre:** Felçli taraf flask olup, aktif hareket yoktur.

**2.Evre:**Zayıf bileşik reaksiyonlarla ortaya çıkan sinerjilerle birlikte minimal spastisite mevcuttur.

**3.Evre:**Temel ekstremitte sinerjileri yapılmaya başlanır. Spastisite maksimaldir.

**4.Evre:**Sinerjilerin dışında bazı hareketler ortaya çıkar, spastisite azalır

**5.Evre:**İzole eklem hareketleri başlar, spastisite iyice azalır.

**6.Evre:**Spastisite kaybolur. Hızlı resiprokal hareketler dışında istemli hareketler yapılır.

## 2.4. Komorbid Hastalıklar ve Sekonder Komplikeasyonlar

İnme geçiren hastaların çoğunda müdahale etmeyi gerektirecek ve rehabilitasyon sürecini olumsuz etkileyebilecek birçok tıbbi komorbidite ve komplikeasyon tabloya eşlik eder. İnme sonrası rehabilitasyon için hastaneye yatırılan hastaların %75'inde en az bir tıbbi komplikeasyon olduğu belirtilmiştir (65). Komplikeasyonlar mortaliteyi arttırmakla birlikte rehabilitasyon sürecinin gecikmesine de neden olurlar. Komorbid tıbbi durumların ve komplikeasyonların bilinerek erken dönemde önlenmesi ve tedavi edilmesi rehabilitasyon sürecinin temel komponentlerinden birisidir. İnme sonrası görülebilecek komorbid hastalıklar ve sekonder komplikeasyonlar (Tablo-3)' de belirtilmiştir.

**Tablo-3:**İnmeli Hastalarda Komplikeasyonlar ve Komorbiditeler

Tromboembolik hastalık ( venöz tromboemboli, pulmoner emboli)
Pnömoni
Solunum yetmezliği
Hipertansiyon
Ortostatik hipertansiyon
Angina pektoris
Konjestif kalp yetmezliği
Kardiyak ritim bozuklukları
Diabetes mellitus
Rekürren inme
Üriner enfeksiyonlar
Mesane ve barsak disfonksiyonları
Dekübitis ülserler
Dehidratasyon-malnutrisyon
Disfaji
Omuz ağrıları
Kompleks bölgesel ağrı sendromu (Omuz-el sendromu)
Depresyon
Seksüel disfonksiyon
Epileptik nöbet
Spastisite-kontraktürler
Talamik ağrı sendromu, nöropatik ağrı
Düşme ve sakatlanmalar, akut ayak bileği burkulmaları
Yorgunluk-uykusuzluk

## 2.5. Tanı

Tanı için ayrıntılı bir anamnez alıp nörolojik muayene yapmak gereklidir. Anamnez ve nörolojik muayeneden sonra en önemli aşama, klinik ön tanıyı doğrulamak ve hemorajik inme ile iskemik inme arasında ayırıcı tanıyı yapmaktır. Kranial bilgisayarlı tomografi (BT) infarkt ile kanamayı birbirinden ayırmadan en güvenilir tetkiktir (66). BT aynı zamanda inmeye bağlı gelişebilecek nörolojik komplikasyonlara ait radyolojik değişikliklerin tanınmasını ve inme ile karışabilecek diğer hastalık tablolarının dışlanmasını da sağlar. Hasta acil olarak değerlendirildikten ve hastaneye yatırıldıktan sonra yapılacak incelemeler inmenin nedenini ortaya koymaya, vasküler risk faktörlerini saptamaya, inmeden ikincil koruyucu tedavilerin belirlenmesine yöneliktir. Kranial magnetik rezonans görüntüleme (MRG) incelemesi iskemik lezyonları görüntülemeye BT'den daha duyarlı bir görüntüleme yöntemidir. Bu amaçla bazı olgularda beyni daha ayrıntılı olarak görüntüleyebilme özelliği olan kranial MRG ve genel olarak tüm hastalarda da inme etyolojisi araştırmak amacıyla beyin damar ve kardiyak görüntülemeler yapılır. Yine seçilmiş olgularda koagülopati taraması bu dönemde yapılacak incelemeler arasındadır (66).

Difüzyon MRG akut SVO tablosunun ilk birkaç saatinde bile var olan değişiklikleri gösterebilmektedir. Difüzyon ve perfüzyon MRG tekniklerinin kullanılması ile serebral infarkt tanısı daha erken konulabilmektedir. Bu tekniklerle infarktın gelişeceği alana ek olarak iskemik risk altındaki tüm dokuları belirlemek mümkün olmaktadır (67). MRG spektroskopi, beyindeki normal ve anormal metabolitlerin in vivo ölçümünü sağlaması nedeniyle, akut SVO fizyopatolojisinin anlaşılmasında kullanılabilir potansiyel bir inceleme yöntemidir. Serebral kan akımı, serebral kan volumü, glukoz ve O<sub>2</sub>'nin serebral metabolik hızlarının değerlendirilmesine imkan veren single photon emission computed tomography (SPECT) ve pozitron emission tomography (PET) gibi yöntemleri içeren yeni teknik gelişmeler giderek yaygınlaşmaktadır (67). Boyun renkli dopler ultrasonografi, transkranial dopler, transkranial renkli dopler, magnetik rezonans anjiyografi, bilgisayarlı tomografi anjiyografi ve dijital substraksiyon anjiyografi incelemeleri inmede ileri tetkik yöntemleridir. Kalp hastalıkları ve kalp kaynaklı emboli iskemik inmenin önemli bir nedeni olduğundan birçok hastada kardiyak görüntüleme incelemeleri yapılır. Transtorasik veya transösefagial ekokardiyografi bu amaçla en sık başvuru yöntemleridir (67).

## 2.6. Difüzyon Tensör Görüntüleme

1973 yılında, Lauterbur MR görüntülemenin temel ilkelerini ve görüntü elde etme yöntemlerini açıkladı. Bu buluşun sonrasında 1985'te Bushel ve Taylor, difüzyon MR ile MR görüntüleme tekniğini birleştirip difüzyon ağırlıklı görüntüleme tekniğini geliştirdiler. 1994'te, Bassler ve arkadaşları, difüzyon verisini birden fazla yönde ölçen, difüzyon tensör görüntüleme (Diffusion Tensor Imaging=DTI) adı verilen bir görüntüleme yöntemi ortaya koydular. 1996'da da Pierpaoli ve ark. tarafından bu yöntemin klinik uygulaması ilk kez yapıldı (68,69).

DTI tekniğinin temeli su moleküllerinin in vivo difüzyon hızını ve yönünü ölçerek incelenen dokunun patolojik yapısının saptanmasına dayanır. Difüzyon görüntülemenin önemi, mikroskopik ölçekte, su moleküllerinin difüzyon bağımlı yer değiştirmesini ölçebilmesinde yatmaktadır. Difüzyon ağırlıklı MR, moleküllerin tek bir yöndeki difüzyon hızının bilgisini gösteren bir yöntemdir. Moleküllerin difüzyon sonucu devinimi, MR sinyalinde kayba neden olur. Bu kaybın oranı difüzyon hızını göstermektedir. Difüzyon tensör MR tekniğinde ise moleküllerin hızı yanında devinim yönü de saptanmaktadır. Difüzyon ağırlıklı görüntüleme ile ölçülen bu hareket hücre zarı düzeyindeki difüzyona göre daha makroskopik düzeyde olduğundan “görünür difüzyon” olarak da tanımlanır ve birbirine dik üç yöndeki difüzyon gradyent uygulamasından hesaplanan görünür difüzyon katsayısı (Apparent Diffusion Coefficient=ADC) ile ölçülür (70,71).

Difüzyon tensör görüntüleme ise difüzyon ağırlıklı görüntüleme ile aynı prensibe dayanmakla birlikte difüzyon gradyentinin en az altı ve daha çok yönde uygulanması ile her bir voksel içindeki difüzyon hareketinin boyut ve yönünü ölçen bir görüntüleme tekniğidir. Uygulanan farklı yönlerdeki difüzyon gradyentleri boyunca su moleküllerinin her bir yön boyunca yaptıkları difüzyon miktarı (aldıkları yol) ölçülür ve sonuçta tüm yönlerdeki ölçümlere bir matematiksel modelleme olan matris uygulanarak buradan üç temel eigen vektör hesaplanır (72). Ölçülen 3 eigen vektör ile ortamdaki difüzyonun hem yönü hem de miktarı ölçülür. Difüzyon ölçümleri için ADC dışında birçok değişik matematiksel difüzyon ölççekleri tanımlanmış olmakla birlikte bunlar içinde en çok kullanılanlar arasında aksiyal ve radyal difüzyon ile ortalama difüzyon ve fraksiyonel anizotropi (FA) sayılabilir (73). Her bir ölççek için farklı haritalar yaratılır. Bu haritalarda renk ile difüzyonun yönü (kırmızı ile sağdan

sola, yeşil ile önden arkaya ve mavi ile yukardan aşağı olan anizotropi) kodlanırken, difüzyon miktarı ise parlaklık olarak ifade edilir (73).

Su moleküllerinin difüzyon özelliklerinin görüntülenme kapasitesi sayesinde ,DTI beyaz cevher yolaklarındaki yönelim ve bütünlüğün tespitini sağlar (26,74). Normal beyaz cevherde su molekülleri sinir liflerine paralel bir yönde göreceli hareket özgürlüğüne sahiptir;ancak onların hareketleri beyaz cevherde difüzyon anizotropisine neden olan yolaklar arasında sınırlıdır (26,74). Difüzyon anizotropi beyaz cevher hastalıklarında kortikospinal trakt gibi lif hasarını belirli ölçüde değerlendirmek için kullanılmaktadır (75-77). FA , mikrotübül,akson,miyelin gibi mikroyapıların yönelim derecesini tespit etmede en çok kullanılan parametrelerden biridir (26,74,78,79).Sıfır (tamamen izotropik) ve bir (tamamen anizotropik) aralığındaki yüksek FA değeri büyük bir yönelimi gösterir.Düşük FA değeri liflerin parçalanmasıyla ilişkili olabilir (26,74,78,79).

FA tercihen ana aksonal yollarının eksenini boyunca yönlendirilen su moleküllerinin difüzyon özelliklerini gösteren bir indekstir.FA erken inme döneminde etkilenen tüm yolaklarda, klinik motor defisit ve sonuçları belirlemede akut ve kronik dönemdeki piramidal traktüsteki hasarı yansıtmaktadır.Dokudaki FA değeri 0' eşit olduğunda izotropik, 1,13 eşit olduğu zaman tamamen anizotropik olduğu düşünülmektedir (80). 20 yılı aşkın süredir, kesitsel çalışmalar yaş ile beyaz cevher yolaklarındaki FA anizotropi derecesinin ilişkisini incelemektedir (81). Kesitsel çalışmalar, yaş korelasyonu nispeten yetişkinlik süresince zayıf ve yaşlılıkta daha kuvvetli olmakla birlikte (82,83), genç erişkinlerle karşılaştırıldığında ileri yaş yetişkinlerde daha düşük FA ve daha yüksek MD ve RD değerleri ortaya koymuştur (84,85). Şu anda, anizotropinin en yaygın olarak kullanılan değişmeyen ölçüsü olan FA Basser ve Pierpaoli tarafından tanımlanmıştır. (86). DTI parametrelerinden yararlanılarak FA beyaz cevher ve beyaz cevher olmayan dokuları ayırt etmek için kullanılır (87). Yapılan bazı çalışmalarda küçük homojenöz örnekli subkortikal inmeli hastalarda büyük asimetric FA değerlerinin kötü motor iyileşmeyle ilgili olduğu gözlenmiştir (88,89). Yapılan son çalışmalarda inme sonrası motor sonuçlar için DTI prediktif değerlerini gösteren bulgular elde edilmekle birlikte henüz prognoz için rutinde kullanımı yoktur, bazı ilginç gelişmeler bu alanda olmaktadır (90,91).

Difüzyon Tensör görüntüleme beyaz cevher yollarını gösteren ilk yöntem olup yolların yönelimini ve varlığını ortaya koyar. Hemen tüm beyaz cevher yollarını bu yöntem ile değerlendirmek mümkündür. Yeni doğan ve çocuklarda beyin maturasyonunu değerlendirmek, doğumsal beyin anomalilerinde beyaz cevher tutulumunu değerlendirmek, epilepsi, metabolik beyin hastalıkları, multiple skleroz, beyin tümörleri, nörodejeneratif hastalıklar, travmatik aksonal zedelenmeler ve inme patofizyolojisinde kullanım alanı bulmuştur. Difüzyon Tensör görüntülemenin ham verilerinin 3 boyutlu olarak özel yazılımlarla işlenmesi ise Fiber Traktografi olarak adlandırılmış olup özellikle beyin tümörlerinin kortikospinal trakt gibi önemli beyaz cevher yolakları ile ilişkisini ameliyat öncesi değerlendirmede başarı ile kullanılmaktadır (92-97).

## **2.7. Tedavi**

Akut dönem sonrasında hasta bakımına önem verilmelidir.. Hasta komada ise veya stabil değilse vital fonksiyonların destek tedavisi yapılmalıdır. Medikal olarak stabil olan hastaları erken mobilize etmek gereklidir. Aksi halde derin ven trombozu (DVT) ve pulmoner emboli riski mevcuttur (52). Ventilasyon desteği yapılmalıdır. Serebral perfüzyon basıncını korumak için hipertansiyon hedef organlarda hasar yapar nitelikte olmadıkça kan basıncını düşürmekten kaçınılmalıdır. Kan glukoz düzeylerinin izlenmesi ve regülasyonu nöral dokunun korunmasına katkıda bulunur (64).

**Rehabilitasyon Tedavisi:** Rehabilitasyonun amacı kişiyi fiziksel, psikolojik, sosyal ve mesleki yönden erişebileceği maksimum bağımsızlık düzeyine ulaştırmak ve kişinin yaşam kalitesini arttırmaya yöneliktir (98). Bir diğer deyişle rehabilitasyon programlarının ana hedefi maksimum fiziksel fonksiyonu sağlanmasına yöneliktir (99).

### **Hemipleji Rehabilitasyonunda Temel İlkeler:**

- 1- Komorbid hastalıklara yönelik tedavilerin planlanması ve yürütülmesi.
- 2- Sekonder komplikasyonları önlemek veya en aza indirmek.
- 3- Kaybedilen motor fonksiyonu yerine koyma.
- 4- Duyusal ve algısal kayıpları kompanse etmek.
- 5- Çevresel uyumu sağlama.



- 6- Toplumsallaşmayı özendirme.
- 7- Yüksek düzeyde motivasyon oluşturma.
- 8- Fonksiyonel ve ev yaşamında bağımsızlığı sağlama.
- 9- İletişim becerilerini düzeltme.
- 10- Mesleki rehabilitasyon (100,101).

### **Üst Ekstremitte Rehabilitasyon Programının Hedefleri:**

- 1- Eklem kontraktürlerinin önlenmesi
- 2- Eğer Oluşmuş ise deformitelerin tedavi edilmesi
- 3- Hastanın etkilenmeyen kolunu ve elini kullanarak günlük yaşam ve mesleki aktivitelerini yerine getirmesi
- 4- Duysal kaybın kompanzasyonu (50,102).

İnme sonrası üst ekstremitte rehabilitasyonunda güçlükler vardır. Rehabilitasyon tekniklerinin çoğu üst ekstremitte rehabilitasyonundan daha çok, alt ekstremitte rehabilitasyonunda başarılıdır. Üst ekstremitte hissetme, tutma ve manipülasyon gibi kompleks fonksiyonları yerine getirir. Bacağın hastanın hareketine yardımcı olabilmesi için, minimal istemli bir fonksiyonu yeterlidir. Fakat kolun yararlı olabilmesi için motor ve duyu fonksiyonlarının tama yakın bir dönüşü gerekmektedir (50).

### **İnme Rehabilitasyon Teknikleri:**

- 1- Klasik rehabilitasyon yöntemleri
- 2- Nörofizyolojik tedavi yöntemleri
- 3- Fonksiyonel elektrik stimülasyonu (FES) , Nöromusküler elektrik stimülasyonu (NMES)
- 4- Biofeedback ve EMG biofeedback
- 5- Ortez tedavisi (50).

**1- Klasik Rehabilitasyon Yöntemleri (Konvansiyonel):** Bu tedavi yaklaşımları içinde eklem hareket açıklığı egzersizleri, pasif germe egzersizleri, güçlendirme egzersizleri ve mobilizasyon teknikleri yer almaktadır (100).

**2- Nörofizyolojik Tedavi Yöntemleri:** Amaç kaybedilmiş motor yeteneklerin yeniden kazandırılmasıdır. Nöromusküler reedükasyon teknikleri ve terapötik egzersizler bu amaçla kullanılır. Bu grup içerisinde Proprioseptif Nöromusküler Fasilitasyon (PNF), Brunnstrom, Bobath, Rood yöntemleri gibi teknikler bulunmaktadır (103).

**a) Proprioseptif Nöromusküler Fasilitasyon (PNF) Yöntemi:** Bu yöntem eklem hareket açıklığı boyunca uygulanan maksimal direncin, postür, germe refleksleri ve primitif hareket kalıplarıyla kombinasyonu esasına dayanır (100).

**b) Brunnstrom Yöntemi:** Bu yöntemde inmeli hasta, geliştirilen özel değerlendirme sistemine göre, birbirini takip eden altı iyileşme evresinden birine yerleştirilmektedir. Bu evreler tam flask durumdan spastisiteye; büyük sinerjik hareketlerinden normal izole veya kordine harekete doğru bir seyir izler (104). Tedavi uygulamalarında ise çeşitli motor, sensoriyel, proprioseptif uyarılar vasıtasıyla hareketlerin ortaya çıkartılması amaçlanmaktadır. Öncelikle fleksör ve ekstansör sinerjiler üzerinde çalışılır ve sinerji kontrolünün sağlanmasından sonra, sinerji paternleri kırılarak kombine hareket paternleri ve izole hareketler amaçlanır (101). Tedavide amaçlardan biri de erken mobilizasyondur. Brunnstrom yönteminde kombine hareket kalıplarını içeren pasif hareketlerle birlikte izotonik ve izometrik egzersizler kullanılmaktadır. Bunun dışında bazı reaksiyonlardan da yararlanılmaktadır (105).

Bunlar:

- **Resiprokal inhibisyon:** Sağlam tarafta bir harekete karşı direnç uygulandığında paretik tarafta bu hareketin tersi ortaya çıkar.
- **Strümpel işareti:** Uyluk fleksiyonuna uygulanan dirençle ayakta dorsifleksiyon hareketi oluşması.
- **Hemilateral Ekstremitte Sinkinezisi:** Üst ekstremitede fleksiyon sinerjisine direnç uygulandığında, ipsilateral alt ekstremitede fleksiyon sinerjisi meydana gelir. Bu durum ekstansiyon sinerjisinde de ortaya çıkar.
- **Reimste Fenomeni:** Sağlam taraf alt ekstremitelerin abduksiyonuna uygulanan direnç, paretik tarafta abduksiyona neden olmaktadır. Bu durum adduksiyonda da ortaya çıkar.
- **Von Bechterev Manevrası:** Ayak başparmağı pasif olarak zorlu fleksiyona getirilirse paretik tarafta fleksiyon sinerjisi ortaya çıkar.

- **Soques Fenomeni:** Bazı inmelilerde paretik taraf kolun elevasyonu ile parmaklarda ekstansiyon ortaya çıkar.

Bunların dışında Babinski refleksi, derin tendon refleksleri ve tonik boyun refleksleri de Brunnstrom yönteminde tedavi amacıyla kullanılmaktadır (105).

c) **Bobath Yöntemi:** Bobath tekniği, refleks inhibisyon paterni ile anormal refleksler inhibe edilip tonus azaltılmaya, normal postür ve refleksler fasilite edilmeye çalışılır (101).

d) **Rood Yöntemi:** Dermal uyarılarla kortekste duyu-motor bağlantıların uyarılması esasına dayanır (101).

**3- Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu :** Üst ve alt ekstremitelerde kas kuvvetini arttırmak, erken dönemde aktif eklem hareketini açığa çıkarmak amacıyla kullanılan FES'in periferik ödemi azaltıcı, proprioseptif duyunun geri dönmesini hızlandırıcı etkileri de bulunmaktadır. FES, tam paralizisi olmayan kaslarda hareketin daha kuvvetli ve dengeli açığa çıkartılmasını sağlamakta, dolayısıyla sıklıkla kullanıldığı yürümeye yardımcı olmaktadır. El bileği ve parmak kaslarının daha güçlü kasılmasını sağlayarak üst ekstremitenin fonksiyonelliğini artırma yönünde de yararlı olmaktadır (3,106).

**4- Biofeedback:** Görsel, duyuşal, işitsel ipuçları yoluyla otonomik fonksiyonlar, ağrı ve motor bozuklukların istemli olarak kontrol edilmesidir (46). Hemiplejik üst ekstremitede omuz subluksasyonu ve yetersiz el fonksiyonlarında kullanılır (51).

**5- Ortez Tedavisi:** Ortez; nöromuskuloskeletal sistemin yapısal ve fonksiyonel özelliklerini modifiye etmek amacıyla, vücudun herhangi bir bölümüne, eksternal olarak uygulanan cihazdır (107). Hemiplejide ortez tedavisi; belirli bir pozisyonda segmentleri desteklemek, immobilize etmek, deformateleri önlemek, ağrıyı gidermek, eklemleri mobilize etmek, güçsüz ve paralitik bölümleri desteklemek amacıyla uygulanır. Hemiplejik üst ekstremitede el bilek-el ortezleri anormal postüre bağlı eklem kontraktürlerini önlemek ve spastik fleksör eldeki artmış tonusu azaltmak için sık kullanılır (50).

## 2.8. Nöronal Plastisite

Nöronal plastisite, santral sinir sisteminin yapı ve fonksiyonunu değiştirerek kendini yeniden şekillendirmesi olarak tanımlanmaktadır (108). Aksonal veya dendritik filizlenme (rejenerasyon) veya kortikal reorganizasyon (etkilenmiş alanın ipsilateral veya kontralateral fonksiyonel alanlarının yeniden haritalanması) aracılığıyla gerçekleşir. Nöronal plastisite ile ilişkili motor iyileşme, yeni nöronal ara bağlantıların gelişmesini, yeni fonksiyonların kazanılmasını ve yetersizliğin kompanse edilmesini sağlar (108,109)

İnme rehabilitasyonunda nöronal plastisite ile ilişkili kanıtlarla desteklenen yeni tedavi yaklaşımları arasında zorunlu kullanım tedavisi (constraint-induced movement therapy, CIMT) (110) , vücut ağırlığı destekli treadmill eğitimi (111), robotik eğitim (112), transkutanöz nöromusküler elektriksel stimülasyon (113), noninvaziv beyin stimülasyonu (114), hareketi gözleme (action observation) (115), sanal gerçeklik eğitimi (116) ve beyin bilgisayar arayüzü (117) bulunmaktadır (108).

Nöroplastisitenin dört ana mekanizması bulunmaktadır (118):

**1- Maskelenmeme (Unmasking):** Kendi fonksiyonel etkisinden çok daha fazla etkiye sebep olabilecek anatomik bağlantılara sahip ve normalde inhibe edilen nöronlar ve nöronal yolların inhibisyonunun ortadan kalkması, etkinin artırılabilmesi veya maskelenmemiş olabilmesidir (119). Maskelenmeme, kısa dönem değişikliklerin mekanizması olarak kabul edilmektedir. Birçok değişik faktöre bağlı olabilir. Eksituar nörotransmitterlerin salınımının artması, polisinyaptik reseptörlerin dansitesinde artış, zayıf veya uzak uyarıların etkisini artıracak membran iletkenliğinde değişiklikler, inhibitör inputların azalması veya eksituar uyarıların inhibisyonunun ortadan kalkmasına bağlı gelişebilir (120).

**2- Mevcut Sinapsların Güçlenmesi:** Bir aktiviteyi öğrenmek sinaps spesifiktir ve sinaptik transmisyonun azaltılması veya artırılmasıyla modifiye edilebilir. Motor öğrenme için bu hücrel ve moleküler modifikasyonların uyarılması gerekmektedir (121). Mevcut sinapsların güçlenmesi uzun dönem potensiyelizasyon mekanizmasıyla gerçekleşmektedir (122,123). Bu mekanizma uzun dönem değişikliklerden sorumludur. Uzun dönem

potensiyelizasyon , N-Metil D-aspartat (NMDA) reseptör aktivasyonu ve intraselüler kalsiyum konsantrasyonunun artmasıyla oluşmaktadır (120).

### **3- Nöronal membran uyarılabilirliğinin değişmesi (124)**

**4-Anatomik Değişiklikler:** Yeni akson terminallerinin filizlenmesi, yeni sinapsların oluşması, akson şekil ve büyüklüğündeki değişikliklerdir. Bu mekanizmalar değişik zamanlarda oluşmakta ve birinin ardından diğeri gelebilmektedir (125). Nöroplastisite merkezi sinir sisteminde gerçekleştiği bölgeye göre ikiye ayrılmaktadır (126):

a) Belirli ücut bölgelerinin duyuşsal veya motor kortikal temsil değişiklikleri (kortikal haritalar,vücut temsil düzeyi)

b) Nöronal seviye (nöronal veya sinaptik plastisite)

Nöroplastisite, oluş hızına göre ikiye ayrılmaktadır (127):

- Hızlı nöroplastisite: Dakikalar içinde oluşmaya baslar, korteksteki eksitasyon ve inhibisyon arasındaki dengede olan değişikler sonucu oluşmaktadır. GABA inhibisyonunun azalmasından kaynaklanır ve rölatif olarak geçicidir.
- Yavaş nöroplastisite: Günler, haftalar içerisinde oluşur, kortikal organizasyondaki değişiklerden kaynaklanır, uzun dönem potansiyelizasyon ile gerçekleşmektedir. Kalıcıdır ve aylarca devam edebilmektedir.

Subakut dönemde motor korteks uyarılabilirliği ve paretik kasların kortikal temsil bölgelerinde bir azalma olmaktadır (128,129). Bunun nöronal yapıların zedelenmesine ve etkilenmiş ekstremitenin kullanılmamasına bağlı olabileceği düşünölmektedir (130, 131). Buna hasar (injury) bağımlı plastisite denilmektedir. Kullanıma bağımlı plastisitede ise vücut bölgelerinin artmış hareketleriyle bu hareketlerin serebral korteksteki temsil alanları artmaktadır (130,132). Plastisitenin prensiplerinden faydalanarak spontan iyileşmeyi geliştirmek mümkün olabilmektedir (Kullanıma bağlı plastisite) (133). Deneysel hayvan çalışmaları ve insanlarda yapılan klinik çalışmalar, yoğun kullanım ve tekrarlayıcı eğitimin fonksiyonların düzelmesine katkıda bulunduğunu göstermiştir (134). Motor korteksteki reprezentasyonel harita duyuşsal uyarı, tekrarlayıcı kortikal stimülasyon, farmakolojik manipülasyon, deneyim, öğrenme ve beyindeki lezyonlara ikincil modifiye edilebilmektedir (135,136).

## 2.9. İnce Rehabilitasyonunda Sanal Gerçeklik

Sanal gerçeklik (SG) görsel ve işitsel uyarı sağlayan cihazlara eklenen sanal ortam ile kullanıcı arasında iletişim sağlayan ara yüzden oluşan, sayısal veriler kullanılarak gerçeğine mümkün olduğunca benzetilmeye çalışılmış ortamların oluşturulması ve kişiye gerçekliği yaşıyormuş hissini vermeyi amaçlayan interaktif bilgisayar simülasyonları olarak tanımlanabilir (137-139). Sanal gerçeklik sistemi temel olarak donanım ve yazılımdan oluşur. Hareketler ve diğer veriler donanım girdileri ile yazılım tarafından canlandırılan “sanal çevre” (SÇ) içerisine aktarılır (137,138). Rehabilitasyon alanında kullanılan SG sistemlerinde amaca uygun tasarlanmış SÇ, algıda gerçekliği ve doğal etkileşimi sağlayacak anahtar unsurlardan bir tanesidir (137,138).

Sanal gerçeklik rehabilitasyonu (SGR) nöromotor iyileşmede önemli bir alternatif rehabilitasyon tekniğidir. Bu eğitimde amaç, tekrarlayan uygulamalarla, biofeedback ve uygulamada hasta katılımını maksimum tutarak, motivasyon artırıcı etkisiyle nöromotor becerilerinin kazanımını sağlamaktır (11).

Sanal gerçeklik tedavisi, klasik egzersizlerden farklı olarak, sanal ortam dahilinde gerçekleşen farklı bir rehabilitasyon yöntemidir. Bu yöntem günümüzde üst ekstremité kullanımı rehabilitasyonu, alt ekstremité eğitimi ve yürüme eğitimi alanlarında kullanılmaktadır. Sanal gerçeklik, uyarıcı ve eğlenceli ortamlar oluşturarak, kişilerin ilgi ve motivasyonlarını kullanarak, görev bazlı tekniklerle çalışma imkanı sunan bir yöntemdir (140). Sanal rehabilitasyonun tüm formlarında gözlenen en önemli avantajı interaktivite ve hasta motivasyonudur. Geleneksel tedavilere göre, sanal rehabilitasyonun tekrar, performansa dair geri bildirim ve motivasyon sağlamanın avantajlı olduğu belirtilmiştir (141).

Ayrıca aktif katılım gerektiren bir çalışma olması nedeniyle geleneksel tedavilere tamamlayıcı yönde hasta ve terapist potansiyel yararlar sunar (142).

Sanal gerçeklik uygulamalarından biri olan, video bazlı oyun tedavi yaklaşımlarında hasta bilgisayara karşı verilen görevi yaparken, fizyoterapist oyun sırasında verdiği işitsel ya

da görsel mesajlarla hastaları egzersize motive eder (143). Bu ortamda yapılan rehabilitasyon uygulamaları, gerçek ortamda yapılan uygulamalara oranla daha başarılı bir motivasyon sağlayabileceği bildirilmiştir. (140, 144)

Sanal gerçeklik çalışma prensibinin ilk çıkış noktası son derece basittir. Aslında görüş alanınızın sadece sanal cisimlerle kaplı olması bile basit bir sanal gerçekliktir; ancak gelişim süreci içerisinde sadece görüntü algılama teknolojisi olmaktan çıkarak müdahale edilebilir ve yapılan etkilerin sonuçlarının da aynı anda alınabildiği bir teknoloji haline gelmiştir. Kullanılan ivmeölçerler, insan vücudunun verdiği hareket, ısı ve tepkileri algılayan sensörler, eldiven joystickler, kameralar, gelişmiş görüntüleme sistemleri, titreşim ve darbe sağlayıcılar, üç boyutlu ses sistemleri gibi birçok donanım sanal gerçekliği bugün olduğu konuma getirmiştir (145,146).

SG rehabilitasyonunda günümüzde kullanılan birçok yöntem mevcuttur. Başa geçirilen görüntü verici araçlar, haptik eldivenler, vücut kitleleri, kabin simulatörleri, özelleştirilmiş odalar, robotik sistemler ve oyun teknolojileri bunlardan bazılarını oluşturur. Oyun teknolojileri bunlardan en yeni en popüler olanıdır. Sanal gerçeklik rehabilitasyonunda kullanılan oyun teknolojilerinden en meşhurları Nintendo Wii (Nintendo Co. Ltd. Kyoto, Japonya) oyun sistemi, Sony EyeToy (Logitech International S.A), Dance Dance Revolution (Konami Digital Entertainment, Japonya) ve Xbox 360 Kinect'dir (Microsoft, ABD) (146). Bunlardan Kinect Xbox'ın diğerlerine göre avantajı kullanıcının elleri ve ekstremiteleri ile sensör tutmasına ya da vücuduna sensör giymesine gerek olmamasıdır (147) (Resim-1).

Microsoft Kinect derinlik sensörü, renkli kamera ve 4 mikro sensör ile kişinin vücudunu algılayıp 3 boyutlu hareket yakalama sistemi sunmaktadır (Resim-2). 3 boyutlu hareket yakalama sistemi ile bireyler vücut hareketleri ile Kinect'e özel uygulanmış oyunları kontrol edebilmektedirler (148-150). Kinect teknolojisinin en büyük yeteneklerinden biri de iskelet algılama ve izleme sistemidir. Kinect üzerinde bulunan kızılötesi kamera sayesinde insanın hareketli eklemleri algılanabilmekte ve izlenebilmektedir. İnsan anatomisine bakıldığında 20 farklı hareket noktası görülmektedir. Kinect, insanda bulunan bu 20 farklı noktayı algılayabilme özelliğine sahiptir. Kinect kameraları aynı anda 2 farklı kişinin de 20 farklı bölgesini aktif olarak algılayıp izleyebilmektedir. Kinect'in algıladığı 20 farklı bölge; baş, boyun, sağ omuz, sol omuz, sağ dirsek, sol dirsek, sağ bilek, sol bilek, sağ el, sol el,

göğüs, sağ kalça, sol kalça, orta kalça, sağ diz, sol diz, sağ ayak bileği, sol ayak bileği, sağ ayak ve sol ayaktan oluşur (151).



**Resim-1:** Microsoft Xbox 360 Oyun Konsolu.



**Resim-2:** Kinect Hareket Algılayıcı Sensör.



### 3- GEREÇ VE YÖNTEM

#### 3.1. Olgular

Bu çalışmaya Mart 2015 – Ağustos 2016 tarihleri arasında Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi Uygulama ve Araştırma Hastanesi Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Kliniği'ne başvuran ve nörolojik rehabilitasyon tedavisine alınan serebrovasküler olaya bağlı hemipleji gelişmiş 20 hasta alındı. Çalışma öncesi Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu'nun 13.02.2015 tarih, 02 nolu oturum ve 12 sayılı kararı ile etik kurul onayı alındı (Ek-1). Hastalar çalışmanın amacı, süresi, uygulanacak tedaviler ve olası yan etkiler konusunda bilgilendirilmiş olur formu ile bilgilendirildi ve yazılı onamları alındı (Ek-2).

#### **Çalışmaya Alınma Kriterleri:**

- 1-Hastaların, iyi iletişim kurabilen, yeterince motive ve çalışmaya katılmaya istekli olmaları
- 2-Hastaların tıbbi durumlarının stabil olması
- 3-SVO sonrası en az 6 ay geçmiş olması
- 4-Omuz, dirsek, el bileği, parmakların aktif romlarının 10 dereceden fazla olması.
- 5- Bağımsız olarak 10 metreden fazla yürüyebilmesi.

#### **Çalışmadan Dışlanma Kriterleri:**

- 1-Birden fazla geçirilmiş serebrovasküler hastalık (Geçici iskemik atak dışında) varlığı
- 2-Nöbet öyküsü
- 3-Flask hemipleji varlığı
- 4-Etkilenen ekstremitede geçirilmiş fraktür, enflamatuar artropati vb. bağlı deformite varlığı
- 5-Video oyunlarını kullanmayı reddetme
- 6- Hastanın görsel, işitsel problemi olması
- 7-Denge ve yürüyüşü etkileyecek ilaç kullanan hastalar.
- 8-Şiddetli bilişsel bozukluğun olması (Mini mental durum skoru <24 / 30)

Tüm hastaların yaş, cinsiyet, meslek, boy, kilo, SVO sonrası geçen süre, SVO tipi (iskemik, hemorajik), etkilenmiş taraf (sağ, sol), önceden tedavi alıp almadığı, rehabilitasyona kadar geçen süre ve komorbid durum (diabetes mellitus, hipertansiyon) kaydedildi. Ayrıca Mini Mental Durum ölçeği ile hastaların bilişsel değerlendirilmesi yapıldı. Çalışmaya dahil edilen hastaların tedavi öncesi ve sonrası üst ekstremitede aktif eklem hareket açıklığı (EHA), spastisite derecesi, Fugl Mayer (FM) motor fonksiyon skalası , Brunnstrom evresi, Fonksiyonel Bağımsızlık Ölçütü (FBÖ) ve Motor Activity Log (MAL) skorları kaydedildi (Ek-3: Hasta değerlendirme formu).

### 3.2. Olguların Değerlendirilmesi

Değerlendirme tedaviden önce ve 4 haftalık tedavi bitiminden hemen sonra olmak üzere 2 kez, tedavi türüne kör olan bir hekim tarafından aşağıdaki parametreler değerlendirilerek yapıldı.

#### 3.2.1. Eklem Hareket Açıklığı Ölçümleri

Omuz fleksiyon, ekstansiyon, abduksiyonu, dirsek fleksiyon ve ekstansiyonu ve elbileği fleksiyon ve ekstansiyonu aktif eklem hareket açıklığı gonyometre ile ölçüldü.

#### 3.2.2. Spastisitenin Değerlendirilmesi

Spastisite Modifiye Ashworth Skalası (MAS) ile değerlendirildi (152). MAS (Tablo-4)'de gösterilmiştir.

**Tablo-4:** Modifiye Ashworth Skalası

---

<b>0:</b> Normal kas tonusu
<b>1:</b> Kas tonusunda hafifi artış. Eklem hareket açıklığının sonunda minimal direncin olması
<b>2:</b> Eklem hareket açıklığının yarısından daha az kısmında minimal direncin olması
<b>3:</b> Eklem hareket açıklığının çoğunda daha belirgin kas tonusu artışı, ancak etkilenen kısımlar kolaylıkla hareket ettirilebilir.
<b>4:</b> Kas tonusunda önemli oranda artış, pasif hareket güçlkle yerine getiriliyor.
<b>5:</b> Etkilenen kısımlar fleksiyon ve ekstansiyonda rijittir, kıpırdatılamaz.

---

### 3.2.3. Motor Fonksiyonun Değerlendirilmesi

Fugl Mayer motor fonksiyon skalası (153) ve Brunnstrom evrelemesi kullanıldı. Fugl Mayer motor fonksiyon skalasında her maddeye, performansa göre 0'dan 2'ye kadar puan verilir: 2 puan; detayların tam olarak yapılabilmesi, 1 puan; detayların kısmi olarak yapılması, 0 puan; detayların başari lamaması durumunda verilmektedir. Üst ekstremit e için maksimum motor performans skoru 66 puandır (Tablo 5). Brunnstrom Evrelemesi ile fleksör ve ekstansör sinerjilerin varlığı ve izole kas aktivasyonunun derecesi değerlendirilir(154). Evre 1'de etkilenen ekstremit e herhangi bir hareket yok iken, evre 6'da izole hareketler fazik ve koordine olarak gerçekleştirilir (Tablo-6) (155).

**Tablo-5:** Fugl Meyer Motor Fonksiyon Skalası

#### **A. Kolun değerlendirilmesi (Maksimum 36 puan)**

a-Normal refleks aktivite

- Biceps, triceps, brakioradial refleksler hiperaktifse (0)puan
- 1 refleks belirgin hiperaktif veya en az 2'si refleks canlı ise (1)puan
- 1 hiperaktif veya canlı refleks varsa (2) puan

b-Refleks aktivite

- Refleks aktivite çıkarılıyorsa (2) puan
- Refleks aktivite yoksa (0) puan

Fleksör :Biceps, parmak fleksörleri

Ekstansör: Triceps

(Maksimum 4 puan)

c-Sinerji hareketlerinin ortaya çıkması (Maksimum 18 puan)

- Omuz retraksiyon, elevasyon, abduksiyon, dış rotasyonu

-Dirsek fleksiyonu

-Ön kol supinasyonu

-Omuz adduksiyon/iç rotasyonu

-Dirsek ekstansiyonu

-Ön kol pronasyonu

d- Dinamik karışık fleksör ve ekstansör sinerji

-Elini beline değdirme

-Dirsek ekstansiyonu ile 0-90 derece arasında omuz fleksiyonu

-Dirsek fleksiyonu ile ardışık önkol supinasyon-pronasyonu

e-Az miktarda sinerji ile veya sinerjisiz hareketler

-Dirsek ekstansiyonu ile 0-90 derece arasında omuz abduksiyonu

-Dirsek ekstansiyonu ile 90-180 derece arasında omuz fleksiyonu

-Dirsek ekstansiyonu ile ardışık ön kol pronasyon-supinasyonu

#### **B.El bileğinin değerlendirilmesi (maksimum 10 puan)**

a- Omuz 0 derecede, dirsek 90 derece fleksiyonda ve ön kol pronasyonda iken;

El bileği yaklaşık 15 derece ekstansiyon yapamıyor (0)

El bileği 15 derece ekstansiyon yapabiliyor, ancak direnç almıyor (1)

Hafif direnç karşısında pozisyon korunabiliyor (2)  
b-Omuz, dirsek ve ön kol aynı pozisyonda, parmaklar hafif fleksiyonda iken el bileğine fleksiyon ve ekstansiyon yaptırması istenir;  
İstemli hareket yok (0)  
Total EHA'nı aktif tamamlayamıyor (1)  
Total EHA'nı aktif tamamlayabiliyor (2)  
c-Omuz hafif fleksiyon ve/veya abduksiyon, dirsek tam ekstansiyon ve ön kol pronasyonda iken;  
El bileği yaklaşık 15 derece ekstansiyon yapamıyor (0)  
El bileği 15 derece ekstansiyon yapabiliyor, ancak direnç almıyor (1)  
Hafif direnç karşısında pozisyon korunabiliyor (2)  
d- Omuz hafif fleksiyon ve/veya abduksiyon, dirsek tam ekstansiyon ve ön kol pronasyonda iken; el bileğine fleksiyon ve ekstansiyon yaptırması istenir  
İstemli hareket yok (0)  
Total ROM'u aktif tamamlayamıyor (1)  
Total ROM'u aktif tamamlayabiliyor (2)  
e- El bileğine sirkümdiksiyon yaptırıyor (0)  
Sıçrayıcı hareket veya inkomplet sirkümdiksiyon (1)  
Düzensiz olarak sirkümdiksiyon yaptırıyor (2)

**C.Elin değerlendirilmesi (maksimum 14 puan)**

a- Kaba fleksiyon  
Hiç yapamıyor (0)  
Biraz yapabiliyor (1)  
Tam aktif fleksiyon yapabiliyor (2)  
b-Kaba ekstansiyon (Parmaklar pasif veya aktif fleksiyona getirilip aktif ekstansiyon yapması istenir)  
Hiç yapamıyor (0)  
Biraz yapabiliyor (parmaklarını gevşetebiliyor) (1)  
Tam aktif ekstansiyon yapabiliyor (2)  
c-Çengel kavrama (2. ve 5. parmakların MKF eklemlerine ekstansiyon ,PİF ve DİF eklemlerine fleksiyon yaptırması istenir)  
Hiç yapamıyor (0)  
Biraz yapabiliyor, kavrama zayıf (1)  
Dirence karşı pozisyon korunabiliyor (2)  
d-Radial kavrama: Başparmak ve işaret parmağının radial yüzü arasında bir kağıt parçası tutması istenir.  
Hiç yapamıyor (0)  
Biraz yapabiliyor (hafif dirence karşı bırakıyor) (1)  
Dirence rağmen tutuyor (2)  
e-Opozisyon: Başparmağın pulpasını,işaret parmağının pulpasına yaklaştırarak kalem tutması istenir.  
Hiç yapamıyor (0)  
Biraz yapabiliyor (hafif dirence karşı bırakıyor) (1)  
Dirence rağmen tutuyor (2)  
f-Silindir kavrama: Küçük kavanoz gibi bir objeyi kavraması istenir  
Hiç yapamıyor (0)  
Biraz yapabiliyor (hafif dirence karşı bırakıyor) (1)  
Dirence rağmen tutuyor (2)  
g- Sferik kavrama: Küçük bir topu tutması istenir

Hiç yapamıyor (0) Biraz yapabiliyor (hafif dirence karşı bırakıyor) (1) Dirence rağmen tutuyor (2)
<b>D. Koordinasyon ve Hız (maksimum 6 puan)</b> Gözler kapalı iken parmak-burun testi yaptırılır. <b>Tremor:</b> Belirgin tremor varsa 0 puan, hafif tremor varsa 1 puan, tremor yoksa 2 puan verilir. <b>Dismetri:</b> Belirgin olarak varsa 0 puan, hafifse 1 puan, dismetri yoksa 2 puan verilir. <b>Hız:</b> Test hemiplejik ve sağlam tarafta olmak üzere 5 kez tekrarlanır. Etkilenmemiş tarafa göre 6 sn gecikirse 0 puan, 2-5 sn gecikirse 1 puan, 2 sn'den az gecikme varsa 2 puan verilir.

#### **Tablo-6: Brunnstrom Evrelemesi**

<b>Evre 1.</b> Hasta tarafta flask bir paralizi vardır. Hiçbir aktif hareket yoktur. <b>Evre 2.</b> İstemli harekete başlama çabasıyla veya assosiyeye reaksiyonlarla beraber sinerji paternleri oluşur spastisite gelişmeye başlar. <b>Evre 3.</b> Spastisite maksimuma ulaşmıştır. İstemli hareket başlatılabilir, sinerji paternindeki tüm hareketler yapılabilir. <b>Evre 4.</b> Sinerjiler dışında özgün hareketlerin başlangıç evresidir. Spastisite azalmaya başlar. <b>Evre 5.</b> Spastisite oldukça azalmıştır. Sinerji paternlerinde hemen hemen bağımsız hareketler yapılabilir. <b>Evre 6.</b> Spastisite kaybolur sadece hızlı yapılan hareketlerde ortaya çıkar. Hasta izole eklem hareketlerini kolaylıkla yapabilir.
--

#### **3.2.4. Fonksiyonel Yetersizliğin Değerlendirilmesi**

Fonksiyonel yetersizlik FBÖ kendine bakım bölümü ve Motor Activity Log ile değerlendirildi. FBÖ indeksinin kendine bakım bölümünü yemek yeme, kendine özen, banyo, üst taraf giyimi, alt taraf giyimi, tuvalet aktiviteleri oluşturur (119). Bu ölçeğe göre puanlama şu şekilde yapılır.

##### **Bağımsız (İnsan yardımına ihtiyaç yok)**

**7 Tam bağımsızlık:** Aktivite tipik olarak, güvenli bir şekilde, herhangi bir değişiklik yapılmadan, yardımcı cihaz veya yardım olmaksızın makul bir zaman içinde tamamlanır.

**6 Modifiye bağımsızlık:** Aktivite yardımcı bir cihaz ve/veya daha fazla bir zaman gerektirir ve/veya güvenli bir şekilde yapılamaz.

##### **Bağımlı (İnsan kontrolü veya fiziksel yardımı gereklidir)**

**5** Kontrol veya sesle yönlendirilme: Fiziksel yardım gerekmez ancak sözlerle yönlendirme, tarif etme, güven verme söz konusudur.

**4** Minimal temasla yardım: Hastanın dokunma dışında yardıma gereksinimi yoktur. (%25)

**3** Orta derecede yardım. Dokunmadan daha fazla yardım (%50)

**2** Maksimal yardım (%75)

**1** Tam yardım (%75-100)

Günlük yaşam aktivitelerinin değerlendirilmesinde ayrıca MAL skorları da kullanıldı (156). Güvenilirliği Miltner ve arkadaşları (157) tarafından gösterilen MAL, hastaların etkilenmiş ekstremitelerini günlük yaşam aktivitelerinde, hangi sıklıkta ve kalitede kullandıklarını araştırmak için hazırlanmış bir ankettir. Bu ankette kapıyı açmak için anahtar kullanmak, telefonu kaldırmak, yemek için çatal ya da kaşık kullanmak gibi 30 değişik günlük yaşam aktivitesi değerlendirilmektedir (Tablo 7). Hastalardan bir önceki hafta boyunca yaptıkları aktiviteleri düşünerek sorulara evet ya da hayır şeklinde cevap vermeleri istenir. Cevap hayırsa anketin B bölümüne geçilir. Cevap evet ise 0-5 puanlık iki farklı kategoriden oluşan How well (nitelik) ve amount (miktar) skalaları kullanılarak hemiplejik elin yeteneğinin değerlendirilmesi istenir. Puanlamada hastalara yarım puan verebilecekleri de anlatılır. Bu skalalarda sıfır puan, etkilenmiş elin kullanılmadığını, beş puan ise etkilenmiş elin inmeden önceki kadar iyi ya da inmeden önceki sıklıkta kullanıldığını gösterir (Tablo 8). Miktar ve nitelik MAL skorları, toplam puanın hastanın yaptığı aktivite sayısına bölünmesiyle hesaplanır. Hastanın bir aktiviteyi yapması imkansız ise (örneğin; hasta takma diş kullandığı için dişlerini fırçalamıyorsa) bu madde çıkarılır ve toplam puan 30 yerine 29'a bölünür.

**Tablo-7:** Motor Activity Log

**Üst ekstremite –Bölüm 1**

**1A.Lambayı açmak**

Evet:

Miktar:

Nitelik:

Hayır: (Bölüm B'ye geç)

**1B.Geçen görüşmeden beri niçin aktiviteyi yapmadın ya da sağlam kolunla yaptın.**

a-Tamamen sağlam kolumla yaptım.

b-Benim için başka birisi yaptı.

c-Başkasının yardımı ile ya da yardım olmadan bu aktiviteyi asla yapamam.

d-Bazen bu aktiviteyi yaparım, fakat bu sorulara cevap verdiğim en son zamandan beri bu aktiviteyi yapmaya şansım olmadı.

e-Diğer

**2A.Çekmeceyi açmak**

**3A.Çekmeceден bir bez parçasını almak**

**4A.Telefonu kaldırmak**

**5A.Mutfak tezgahını ya da diğer yüzeyleri temizlemek**

**6A.Arabadan inmek**

**7A.Buzdolabını açmak**

**8A.Kapıyı açmak**

**9A.TV kumandasının tuşlarını kullanmak**

**10A.Elleri yıkamak**

**11A.Elleri kurulamak**

**12A.Çorapları giymek**

**13A.Çorapları çıkarmak**

**14A.Ayakkabıları giymek**

**15A.Ayakkabıları çıkarmak**

**Üst ekstremite –Bölüm 2**

**16A.Koltuk değnekleri ile sandalyeden kalkmak**

**17A.Oturmadan önce sandalyeyi masadan çekmek**

**18A.Oturduktan sonra sandalyeyi masaya doğru çekmek**

**19A.Bardak tutmak**

**20A.Diş fırçalamak**

**21A.Makyaj yapmak/traş olmak**

**22A.Kapıyı açmak için anahtar kullanmak**

**23A.Kağıda yazı yazmak.(Eğer yazı yazdığın kol etkilenmişse, bu kolunu yazmak için Kullanabilir misin?, Eğer diğer kol etkilenmişse ,yazarken kağıdı dengelemek ,stabilize etmek için etkilenmiş kolunu kullanabilir misin?)**

**24A.Ayakta dururken kendini sabit, düzgün tutmak**

**25A.Bir yerden bir yere obje taşımak**

**26A.Yemek için kaşık ya da çatal kullanmak**

**27A.Saçları taramak**

**28A.Fincanı kulpundan tutmak**

**29A.Gömleğin düğmesini iliklemek**

**30A.Yarım sandvich ya da elle yenen yiyecekleri yemek**

**Tablo-8:** Motor Activity Log (MAL) Miktar ve Nitelik Skalaları

**Amount scale (Miktar)**

0.Güçsüz kolumu kullanmadım

1.Zaman zaman güçsüz kolumu kullanmaya çalıştım (çok nadiren)

2.Bazen güçsüz kolumu kullandım fakat aktivitenin çoğunu sağlam kolumla yaptım (nadiren)

3.İNme öncesinin yarısı kadar güçsüz kolumu kullandım.

4.Hemen hemen stroke öncesi kadar güçsüz kolumu kullandım (İNme öncesinin ¾'ü)

5.İNme öncesi kullandığım kadar güçsüz kolumu kullandım.

**How Well scale (Nitelik)**

0.Bu aktivite için güçsüz kolumu hiç kullanmadım.

1.Aktivite boyunca güçsüz kolumu hareket ettirdim fakat faydalı değildi.

2.Bu aktivite boyunca güçsüz kolumu bir dereceye kadar kullandım fakat sağlam kolumdan yardım aldım, çok yavaş ve güçlkle hareket ettirdim. (Zayıf, güçsüz)

3.Bu aktivite için güçsüz kolumu kullandım fakat hareketler yavaştı ve biraz çaba harcayarak yaptım.

4.Bu aktivite için güçsüz kolumla yaptığım hareketler hemen hemen normaldi ama inmeden önceki kadar hızlı ve düzgün değildi. (Hemen hemen normal)

5.Bu aktivite için güçsüz kolumu kullanma yeteneğim inmeden önceki kadar iyiydi. (normal)

### 3.2.5. Difüzyon Tensör Görüntüleme Protokolü

Radyolojik progresyonu araştırmak amacıyla tüm hastalara tedavi öncesi ve sonrası Difüzyon Tensör Görüntüleme MR çekildi. DTI incelemesi için 1,5 Tesla MR cihazı (Magnetom, Symphony-Quantum, Siemens, Erlangen, Germany) kullanıldı. Kesit kalınlığı 1mm, matrix 256×256, average=4, FOV 250 mm, number of partitions 172, 0 mm gap parametreleri ile 3 boyutlu T1 ağırlıklı görüntüler elde edilerek çalışma gerçekleştirildi.

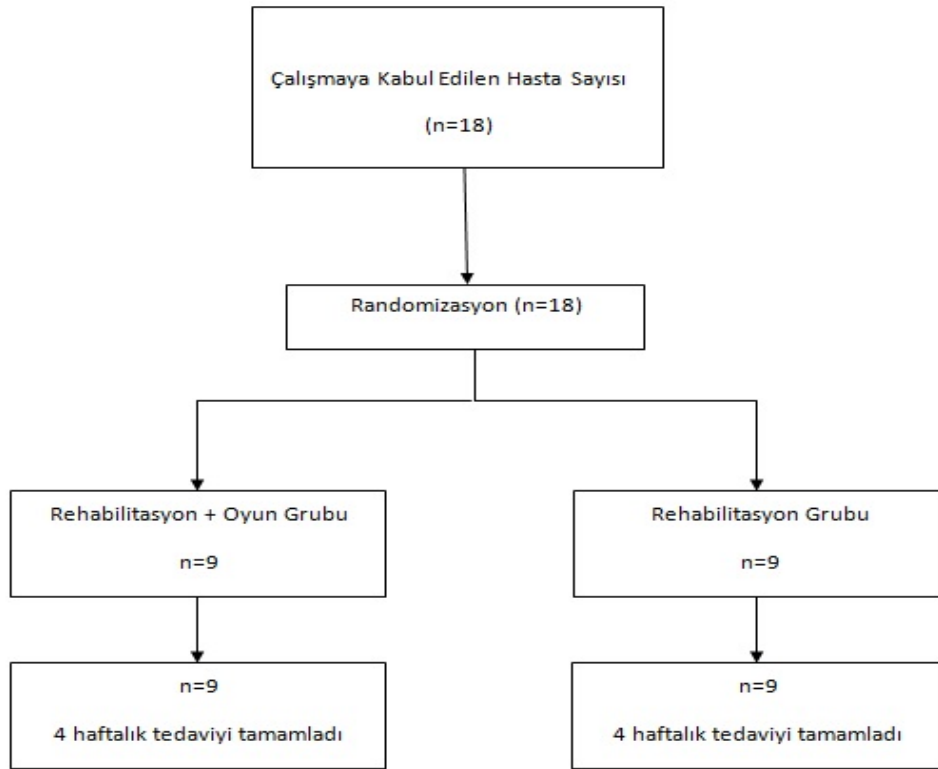
Elde edilen görüntüler iş istasyonuna (Leonardo, Siemens Medical Solutions, Forchheim, Germany) aktarıldı. Elde edilen görüntüler üzerinde kortikospinal trakt ve diğer beyaz cevher alanlarını değerlendirmek üzere beyinde 9 bölgeye;korona radiata (CR),anterior limb of internal kapsül (ALIC), posterior limb of internal kapsül (PLIC),mid brain, medulla, üst pons anteromedial (ÜPAM), üst pons posterolateral (ÜPPL), alt pons anteromedial (APAM), alt pons posterolateral (APPL), aynı boyuttaki ROI (region of interest) manuel ve bilateral olarak yerleştirildi. ROI boyutları CR'da 0,9 cm<sup>2</sup>,ALIC,PLIC,mid brain de 0,3 cm<sup>2</sup>, diğer alanlarda ise 0,2 cm<sup>2</sup> olarak standardize edildi. İş istasyonu tarafından otomatik olarak fraksiyonel anizotropi (FA) ve mean difüzivite (MD) değerleri hesaplandı ve tüm hastalar için



ayrı ayrı kaydedildi. Etkilenmiş hemisferin FA ve MD değerleri ile etkilenmemiş hemisferin FA ve MD değerleri ayrı ayrı hesaplandı ve analiz edildi.

### 3.3. Çalışma Protokolü

Çalışma prospektif, randomize, tek kör, klinik çalışma olarak planlandı. Hastalar kapalı zarf usulü ile randomize edilerek iki gruba ayrıldı. 1. Gruba (n=9) nörofizyolojik egzersiz programı verildi; 2.gruba (n=9) ise bu programa ilave olarak “X-BOX 360+Kinect Sensor ” hareketli oyun konsolu kullanılarak tedavi verildi. Çalışma akış tablosu şekil 1’de gösterilmektedir.



Şekil-1: Çalışma Akış Şeması.

### 3.4. Tedavi Protokolü

1.gruba günde 40 dakika, haftada 5 gün olmak üzere 4 hafta geleneksel fizyoterapi tedavisi uygulandı. Geleneksel rehabilitasyon tedavisi fizyoterapist eşliğinde güçlendirme egzersizleri, germe egzersizleri, nöro gelişimsel tedavi metodları ile egzersizler ve iş uğraşı terapisinden oluşmaktaydı. 2.gruba ise bu programa ilave olarak X-BOX 360 Kinect Sensor (Xbox 360, Microsoft, United States) hareketli oyun konsolu kullanılarak Boks ve Bowling (Kinect spor paketi) ve Rally Ball, 20000 Leaks ve Space Pop (Kinect Adventure paketi) oyunlarından hastanın kabiliyetine ve ilgisine göre 2 oyun seçildi (Resim 3). Seçilen oyunların her biri 15 dakika olmak üzere günde 30 dakika, haftada 5 gün olmak üzere 4 hafta oynatıldı (Tablo 9)(158). Oyun tedavisi de fizyoterapist eşliğinde uygulandı.

Xbox kinect özel bir denetleyiciye gerek kalmadan kullanıcının hareketlerini algılayan, bir kızıl ötesi kameraya(kinect sensör) sahiptir. Kullanıcı hareketi sanal gerçeklik ortamında gerçek zamanlı monitör aracılığıyla görülebilir. Bu hareket algılama sayesinde kullanıcıların oyuna etkin katılmak için özel düğmelere basmaları ihtiyacı kalmaz. Görev düzgün bir şekilde sanal gerçeklik ortamında yapılmadığı zaman görsel ve işitsel geribildirim sağlanır.Oyunlara başlamadan önce her bir hasta için sanal bir profil (avatar) oluşturuldu. Kinect oyun konsolu sistemi 47 inç LCD ekranına sahip televizyona dahil edildi. Eğitim için ekran ve projektör dış etkenlerden etkilenmeyen bağımsız bir ortamda kuruldu. Kızıl ötesi kamera sensörü katılımcıların otururken ya da ayaktayken yaklaşık 1.5-2 m uzağına yerleştirildi. Katılımcı televizyon önünde ayakta hareket ederken, Kinect sensörü tarafından hareketleri algılanarak ekrandaki avatar tarafından taklit edildi (Resim 4). Katılımcılara, bozuklukları en aza indirmek için özel bir alanda eğitimlerini üstlenmelerine izin verildi. Oyun öncesi katılımcılara pratik için izin verildi.Katılımcılar bir eğitmenden bir oyun gösterisi aldıktan sonra oyuna alındı (158).



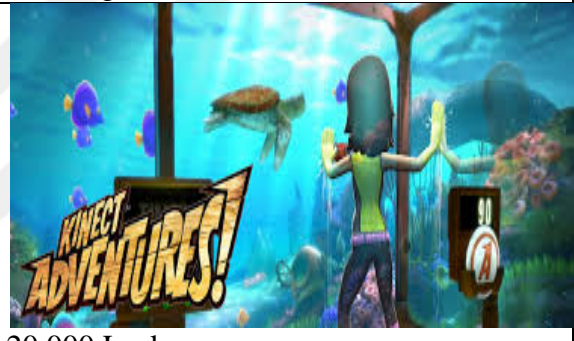
Boks



Bowling



Rally Ball



20.000 Leaks



Space Pop

**Resim-3:** Çalışmada Uygulanan Kinect Oyunlar

**Tablo-9:** Xbox Kinect Oyunları ile Sanal Gerçeklik Eğitimi

<b>Kinect Oyun</b>	<b>Oyun tanımı</b>	<b>Yapılan Hareket</b>	<b>Kullanılan taraf</b>
Bowling	Oyuncular kollarını ileriye doğru sallamadan önce topu almak için sağa veya sola ulaşmaları gerekir.Gerekirse kollarını döndürme hareketi de ekleyebilirler.	Omuzun aktif fleksiyon, ekstansiyon,eksternal rotasyon ve internal rotasyonu Dirseğin aktif fleksiyon ve ekstansiyonu	Etkilenmiş taraf
Boks	Oyuncular sağ ve sol kollarını kullanmak için yumruk atmaya teşvik edilirler ayrıca baş ve vücudun üst kısmını korumaya çalışırlar.	Omuzun aktif fleksiyon ve ekstansiyonu Önkolun aktif supinasyon ve pronasyonu El bileğinin aktif fleksiyon ve ekstansiyonu	Her iki taraf
Rally Ball	Oyuncular sanal koridorun sonunda olan bloklara ve hedeflere isabet için ekstremitelelerini kullanarak topa vururlar.	Omuzun aktif fleksiyon,ekstansiyon, abduksiyon ve adduksiyonu Dirseğin aktif fleksiyon ve ekstansiyonu El bileğinin aktif fleksiyon ve ekstansiyonu	Etkilenmiş taraf
20.000 Leaks	Oyuncular yengeçlerin,balıkların köpekbalıklarının ve kılıçbalıklarının küpte oluşturduğu çatlak ve delikleri tıkamak için ekstremitelelerini ve başlarını kullanırlar.	Omuzun aktif fleksiyon,ekstansiyon, abduksiyon ve adduksiyonu Dirseğin aktif fleksiyon ve ekstansiyonu El bileğinin aktif fleksiyon ve ekstansiyonu Parmakların aktif ekstansiyonu	Etkilenmiş taraf
Space pop	Bu oyunda şeffaf toplar(sabun kabarcıkları) sanal sıfır-yerçekimi odasındaki duvarlardaki,zeminlerdeki ve tavanlardaki, deliklerden servis edilirler.Oyuncular macera bonuslarını kazanmak için, kabarcıklara dokunup patlatmaya çalışırlar.Yukarı çıkmak için oyuncuları kollarını çırparlar,mevcut yükseklikte kalmak için kollarını dışarıda tutarlar.	Omuzun aktif fleksiyon,ekstansiyon, abduksiyon ve adduksiyonu Dirseğin aktif fleksiyon ve ekstansiyonu El bileğinin aktif fleksiyon ve ekstansiyonu	Her iki taraf



**Resim-4:** Kinect Hasta Eğitim Seansı.

### 3.5. İstatistiksel Analiz

Elde edilen tüm verilerin istatistiksel analizi SPSS versiyon 18 (PASW Statistics for Windows, SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) kullanılarak yapıldı. Numerik verilerin dağılımının uygunluğu Kolmogorov-Smirnov testi ile değerlendirildi. Normal dağılıma uygun olan veriler için gruplar arası karşılaştırmada Independent t-testi kullanıldı. Grup içi tedavi öncesi ve sonrasındaki verilerin karşılaştırılmasında Paired t-testi kullanıldı. Kategorik verilerin karşılaştırılmasında Ki-Kare veya Fisher Exact testi kullanıldı. Sonuçlar ortalama $\pm$ SD olarak ifade edildi. P değerinin  $< 0,05$  olması istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

#### 4. BULGULAR

Çalışmaya 18-80 yaş aralığında SVO'ya bağlı hemipleji gelişmiş hastalar arasından çalışmaya alınma kriterlerini sağlayan 18 hasta dahil edildi. Hastalar, kapalı zarf çekim usulü ile randomize edilerek, 9 kişilik “Rehabilitasyon” tedavisi ve 9 kişilik “Rehabilitasyon+oyun” tedavisi alacak şekilde iki gruba ayrıldı. Sonuçta her bir gruptan 9 kişi olmak üzere toplam 18 hasta 4 haftalık çalışmayı tamamladı. Çalışma akışı şekil 1’de gösterilmektedir. Katılımcıların 10’u kadın (% 55,6), 8’i erkek (%44,4) idi. Hastaların yaş ortalaması 57,11±10,88 idi.

Rehabilitasyon grubundaki hastaların 5’i (%55,6) kadın, 4’ü (%44,4) erkekti. Yaş ortalaması 60,11±10,15 yıl idi. Hastaların 1’i (%11,1) emekli, 3’ü (%33,3) işçi, 5’i (%55,6) çalışmıyordu. Hastalık süresi ortalama 7,55±1,87 aydı. Hastaların 5’i (%55,6) sağ hemiplejik, 4’ü (%44,4) sol hemiplejikti. Hastaların 8’inde (%88,9) etyolojik neden iskemik SVO’ ya, 1’inde (%11,1) hemorajik SVO’ya bağlıydı. Rehabilitasyona başlama zamanı ortalama 1,88±1,05 ay idi. Hastaların vücut kitle indeksi ortalama 28,24±3,56 kg/m<sup>2</sup> idi. 8 (%88,9) hastada HT, 4 (%44,4) hastada DM vardı.

Rehabilitasyon+oyun grubundaki hastaların 5’i (%55,6) kadın, 4’ü (%44,4) erkekti. Yaş ortalaması 54,11±11,32 yıl idi. Hastaların 1’i (%11,1) emekli, 1’i (%11,1) memur, 2’si (22,2) işçi, 5’i (55,6) çalışmıyordu. Hastalık süresi ortalama 9,88±2,93 aydı. Hastaların 6’sı (%66,7,6) sağ hemiplejik, 3’ü (33,3) sol hemiplejikti. Hastaların 8’inde (%88,9) etyolojik neden iskemik SVO’ya, 1’inde (%11,1) hemorajik SVO’ya bağlıydı. Rehabilitasyona başlama zamanı ortalama 1,88±0,78 ay idi. Hastaların vücut kitle indeksi ortalama 27,30±6,51 kg/m<sup>2</sup> idi.7 (%77,8) hastada HT, 2 (%22,2) hastada DM vardı.

Gruplar arasında yaş, cinsiyet, hastalık süresi, etkilenen taraf, etyoloji, rehabilitasyona başlama zamanı, vücut kitle indeksi ve risk faktörleri açısından istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu (p>0,05). Çalışmaya alınan hastaların demografik özellikleri Tablo 10’da gösterilmiştir.

**Tablo-10:** Çalışma Gruplarının Demografik Özellikleri.

	<b>Rehabilitasyon (n=9) Ort ± SD (min-max)</b>	<b>Rehabilitasyon+oyun (n=9) Ort ± SD (min-max)</b>	<b>p</b>
Yaş	60,11±10,15 (45-77)	54,11±11,32 (28-66)	0,254
SVO sonrası geçen süre (ay)	7,55±1,87 (6-11)	9,88±2,93 (6-12)	0,065
Rehabilitasyona başlama zamanı (ay)	1,88±1,05 (1-4)	1,88±0,78 (1-3)	1,000
VKI (kg/m <sup>2</sup> )	28,24±3,56 (22,86-33,59)	27,30±6,51 (19,15-41,02)	0,711
Cinsiyet (K/E)	5/4	5/4	1,000
SVO Tipi (iskemik/hemorajik)	8/1	8/1	1,000
Etkilenen taraf (sağ/sol)	5/4	6/3	1,000
HT, n(%)	8(88,9)	7(77,8)	1,000
DM, n(%)	4(44,4)	2(22,2)	0,620

VKI: Vücut kitle indeksi, SVO:Serebrovasküler olay, HT:Hipertansiyon , DM:Diabetes Mellitus

Tedavi öncesi değerlendirmede üst ekstremitte spastisitesi, Brunnstrom evrelemesi ve EHA düzeyleri, MAL miktar ve nitelik skorları, FBÖ kendine bakım kısmı, Fuğl Meyer skorları, FA ve MD değerlerinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ( $p>0,05$ ).

Grup içi tedavi etkinliğinin değerlendirilmesinde rehabilitasyon grubunda dirsek flexör, dirsek ekstensör, el bilek flexör, el bilek ekstensör ve parmak fleksör kaslarında tedavi sonrasında görülen spastisitedeki azalma istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı. ( $p>0,05$ ). Rehabilitasyon+oyun grubunda dirsek fleksör ve ekstensör kaslarında tedavi sonrasında görülen spastisitede azalma istatistiksel olarak anlamlı bulunmazken ( $p>0,05$ ), el bilek fleksör, el bilek ekstensör, parmak flexörlerinde istatistiksel olarak anlamlı azalma bulundu ( $p<0,05$ ). Gruplar arası karşılaştırıldığında dirsek flexör, dirsek ekstensör, el bilek flexör, el bilek ekstensör ve parmak fleksör kaslarında tedavi sonrasında istatistiksel olarak anlamlı fark

bulunmadı ( $p>0,05$ ). Spastisite düzeylerinin tedavi öncesi ve sonrası grup içi ve gruplar arasında karşılaştırmaları ve Tablo 11’de gösterilmiştir.

**Tablo-11:** Spastisite Düzeylerinin Grup İçi ve Gruplar Arası Karşılaştırılması.

Spastisite	Rehabilitasyon Ort $\pm$ SD	Rehabilitasyon+oyun Ort $\pm$ SD	$p^a$
Dirsek flexör (TÖ)	1,33 $\pm$ 1,32	1,44 $\pm$ 1,23	0,856
Dirsek flexör (TS)	1,11 $\pm$ 1,05	0,88 $\pm$ 0,92	0,641
$p^b$	0,169	0,051	
Dirsek extensör (TÖ)	1,11 $\pm$ 1,16	1,00 $\pm$ 1,22	0,846
Dirsek extensör (TS)	0,88 $\pm$ 1,05	0,66 $\pm$ 0,86	0,632
$p^b$	0,169	0,181	
El bilek flexör (TÖ)	1,33 $\pm$ 1,11	1,55 $\pm$ 1,13	0,681
El bilek flexör (TS)	1,00 $\pm$ 1,00	1,00 $\pm$ 0,86	1,000
$p^b$	0,081	<b>0,013</b>	
El bilek extensör (TÖ)	1,33 $\pm$ 1,11	1,88 $\pm$ 1,36	0,359
El bilek extensör (TS)	1,11 $\pm$ 0,92	1,33 $\pm$ 0,86	0,607
$p^b$	0,169	<b>0,013</b>	
Parmak flexör (TÖ)	1,55 $\pm$ 1,23	2,00 $\pm$ 1,32	0,472
Parmak flexör (TS)	1,22 $\pm$ 1,20	1,33 $\pm$ 0,86	0,825
$p^b$	0,081	<b>0,004</b>	

TÖ: Tedavi öncesi, TS: Tedavi Sonrası.  $p^a$  : Independent t-test,  $p^b$  : Paired t-test.

Grup içi tedavi etkinliğinin değerlendirilmesinde eklem hareket açıklığı (EHA) düzeyleri değerlendirildiğinde her iki grupta tedavi sonrası omuz fleksiyonu, omuz ekstansiyonu, omuz abduksiyonu ve dirsek fleksiyonundaki EHA artışı istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p<0,05$ ). Rehabilitasyon+oyun grubunda el bilek fleksiyonu ve ekstansiyonundaki EHA artışı istatistiksel olarak anlamlı bulunurken ( $p<0,05$ ), rehabilitasyon grubunda anlamlı bulunmadı ( $p>0,05$ ). Gruplar arası karşılaştırmada eklem hareket açıklığı (EHA) düzeylerinde tedavi sonrasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmadı ( $p>0,05$ ). EHA düzeylerinin tedavi öncesi ve sonrası grup içi ve gruplar arasında karşılaştırmaları (Tablo-12)’de gösterilmiştir.



**Tablo-12:** Eklem Hareket Açıklığı (EHA) Düzeylerinin Grup İçi ve Gruplar Arası Karşılaştırılması.

EHA	Rehabilitasyon Ort ± SD	Rehabilitasyon+oyun Ort ± SD	p <sup>a</sup>
Omuz fleksiyon (TÖ)	48,33±36,74	57,77±35,36	0,586
Omuz fleksiyon (TS)	64,44±47,46	68,33±37,66	0,850
p <sup>b</sup>	<b>0,021</b>	<b>0,001</b>	
Omuz ekstansiyon (TÖ)	22,22±8,33	31,11±14,74	0,135
Omuz ekstansiyon (TS)	27,77±11,65	36,11±16,72	0,239
p <sup>b</sup>	<b>0,007</b>	<b>0,009</b>	
Omuz abduksiyon (TÖ)	44,44±26,50	52,22±25,87	0,538
Omuz abduksiyon(TS)	62,77±41,76	62,77±27,85	1,000
p <sup>b</sup>	<b>0,043</b>	<b>0,031</b>	
Dirsek fleksiyon(TÖ)	60,00±48,47	82,22±45,76	0,332
Dirsek fleksiyon(TS)	66,11±52,36	90,55±45,169	0,335
p <sup>b</sup>	<b>0,010</b>	<b>&lt;0,001</b>	
El bilek fleksiyon(TÖ)	20,00±13,91	22,77±18,39	0,723
El bilek fleksiyon(TS)	26,11±21,32	29,44±18,27	0,727
p <sup>b</sup>	0,102	<b>0,011</b>	
El bilek ekstansiyon(TÖ)	25,55±21,13	23,33±21,06	0,826
El bilek ekstansiyon(TS)	28,88±24,72	29,44±20,68	0,959
p <sup>b</sup>	0,050	<b>0,001</b>	

TÖ: Tedavi öncesi, TS: Tedavi Sonrası. p<sup>a</sup>: Independent t-test, p<sup>b</sup>: Paired t-test.

Grup içi tedavi etkinliğinin değerlendirilmesinde rehabilitasyon grubunda üst ekstremitede Brunnstrom evresindeki artış istatistiksel olarak anlamlı bulundu (p<0,05). Rehabilitasyon+oyun grubunda ise üst ekstremitede Brunnstrom evresinde istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu (p>0,05). El Brunnstrom ve alt ekstremitede Brunnstrom evrelerinde tedavi sonunda her iki grupta da anlamlı farklılık yoktu (p>0,05). Gruplar arası karşılaştırmada Brunnstrom evrelerinde tedavi sonrası anlamlı farklılık yoktu (p>0,05). Brunnstrom evrelerinin tedavi öncesi ve sonrası grup içi ve gruplar arasında karşılaştırmaları (Tablo-13)'de gösterilmiştir.

**Tablo-13:** Brunnstrom Evrelerinin Grup İçi ve Gruplar Arası Karşılaştırılması.

	<b>Rehabilitasyon</b> <b>Ort ± SD</b>	<b>Rehabilitasyon+oyun</b> <b>Ort ± SD</b>	$p^a$
Brunnstrom üst(TÖ)	3,22±0,44	3,33±0,50	0,624
Brunnstrom üst(TS)	3,66±0,86	3,66±0,70	1,000
$p^b$	<b>0,035</b>	0,081	
Brunnstrom el(TÖ)	3,44±0,52	3,55±0,88	0,750
Brunnstrom el(TS)	3,77±0,97	3,55±0,88	0,618
$p^b$	0,081	1,000	
Brunnstrom alt(TÖ)	3,33±0,50	4,00±0,86	0,063
Brunnstrom alt(TS)	3,55±0,88	4,22±0,66	0,089
$p^b$	0,169	0,169	

TÖ: Tedavi öncesi, TS: Tedavi Sonrası.  $p^a$ : Independent t-test,  $p^b$ : Paired t-test.

Grup içi tedavi etkinliğinin değerlendirilmesinde MAL miktar ve nitelik skorlarında her iki grupta da istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ( $p>0,05$ ). Gruplar arası karşılaştırmada tedavi sonrası MAL miktar ve nitelik skorlarında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ( $p>0,05$ ). MAL miktar ve nitelik skorlarının tedavi öncesi ve sonrası grup içi ve gruplar arasında karşılaştırmaları (Tablo-14)'de gösterilmiştir.

**Tablo-14:** MAL Miktar Ve Nitelik Skorlarının Grup İçi ve Gruplar Arası Karşılaştırılması.

	<b>Rehabilitasyon</b> <b>Ort ± SD</b>	<b>Rehabilitasyon+oyun</b> <b>Ort ± SD</b>	$p^a$
MAL miktar(TÖ)	1,26±1,22	1,04±1,57	0,748
MAL miktar (TS)	1,40±1,39	1,54±1,41	0,842
$p^b$	0,147	0,085	
MAL nitelik (TÖ)	1,29±1,25	1,07±1,61	0,747
MAL nitelik (TS)	1,37±1,35	1,56±1,44	0,777
$p^b$	0,131	0,085	

MAL: Motor Activity Log, TÖ: Tedavi öncesi, TS: Tedavi Sonrası.  $p^a$ : Independent t-test,  $p^b$ : Paired t-test.

Grup içi tedavi etkinliğinin değerlendirilmesinde FBÖ kendine bakım kısmı skorlarında tedavi öncesi ve sonrası değerler her iki grupta istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p<0,05$ ). Gruplar arası karşılaştırmada FBÖ kendine bakım kısmı skorlarında tedavi sonrası istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ( $p>0,05$ ). FBÖ kendine bakım kısmı skorlarının tedavi öncesi ve sonrası grup içi ve gruplar arasında karşılaştırmaları (Tablo-15)'de gösterilmiştir.

**Tablo-15:** FBÖ Kendine Bakım Skorlarının Grup İçi ve Gruplar Arası Karşılaştırılması.

	<b>Rehabilitasyon Ort ± SD</b>	<b>Rehabilitasyon+oyun Ort ± SD</b>	<b>p<sup>a</sup></b>
FBÖ kendine bakım(TÖ)	12,44±3,43	14,44±3,67	0,250
FBÖ kendine bakım(TS)	15,00±4,60	16,44±3,28	0,456
<b>p<sup>b</sup></b>	<b>0,025</b>	<b>0,004</b>	

FBÖ: Fonksiyonel Bağımsızlık Ölçeği, TÖ: Tedavi öncesi, TS: Tedavi Sonrası.  $p^a$  : İndependent t-test,  $p^b$ : Paired t-test.

Grup içi tedavi etkinliğinin değerlendirilmesinde FM skorlarında rehabilitasyon grubunda FM kol ve FM total skorlarında tedavi öncesi ve sonrası değerler istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p<0,05$ ), FM el bileği, FM el ve FM koordinasyon skorları ise istatistiksel olarak anlamlı değildi ( $p>0,05$ ). Rehabilitasyon+oyun grubunda ise FM elbileği ve FM total skorlarındaki artış istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p<0,05$ ). FM kol, FM el, FM koordinasyon skorlarında ise istatistiksel olarak artış gözlenmedi ( $p>0,05$ ). Gruplar arası karşılaştırmada FM skorlarında tedavi sonrası istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ( $p>0,05$ ). FM skorlarının tedavi öncesi ve sonrası grup içi ve gruplar arasında karşılaştırmaları (Tablo-16)'da gösterilmiştir.

**Tablo-16:** FM Skorlarının Grup İçi ve Gruplar Arası Karşılaştırılması.

	<b>Rehabilitasyon Ort ± SD</b>	<b>Rehabilitasyon+oyun Ort ± SD</b>	<b>p<sup>a</sup></b>
FM kol (TÖ)	19,88±6,33	20,77±7,59	0,791
FM kol (TS)	23,44±9,36	23,11±8,23	0,937
<b>p<sup>b</sup></b>	<b>0,047</b>	<b>0,083</b>	
FM el bileği(TÖ)	3,66±1,93	3,66±1,93	1,000
FM el bileği(TS)	4,00±2,23	4,77±1,30	0,384
<b>p<sup>b</sup></b>	<b>0,195</b>	<b>0,007</b>	
FM el(TÖ)	4,44±4,06	3,77±4,57	0,748
FM el(TS)	5,33±5,31	4,44±5,65	0,736
<b>p<sup>b</sup></b>	<b>0,104</b>	<b>0,111</b>	
FM koordinasyon(TÖ)	1,77±1,30	1,88±1,36	0,862
FM koordinasyon(TS)	2,00±1,41	2,22±1,09	0,714
<b>p<sup>b</sup></b>	<b>0,169</b>	<b>0,195</b>	
FM total (TÖ)	29,77±12,94	30,11±14,40	0,959
FM total (TS)	34,77±17,69	34,22±14,62	0,943
<b>p<sup>b</sup></b>	<b>0,033</b>	<b>0,021</b>	

FM: Fugl Meyer, TÖ: Tedavi öncesi, TS: Tedavi Sonrası.  $p^a$  : İndependent t-test,  $p^b$  : Paired t-test.

Grup içi tedavi etkinliğinin değerlendirilmesinde Fraksiyone Anizotropi (FA) verileri incelendiğinde etkilenmiş hemisfer Korona Radiata'tadaki tedavi sonrası FA değerinde azalış Rehabilitasyon grubunda istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p<0,05$ ). Rehabilitasyon+oyun grubunda ise PLIC'deki FA değeri istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p<0,05$ ).Etkilenmiş hemisferdeki diğer anatomik bölgelerde tedavi sonrası FA değişiklikleri her bir grup içinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ( $p>0,05$ ).Etkilenmemiş hemisfer FA verileri incelendiğinde ise Rehabilitasyon+oyun grubunda APPL'deki artış istatistiksel olarak anlamlı bulundu. Etkilenmemiş hemisferdeki diğer anatomik bölgelerde tedavi sonrası FA değişiklikleri her bir grup içinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ( $p>0,05$ ). Gruplar arası karşılaştırmada etkilenmiş hemisfer ve etkilenmemiş hemisfer tedavi sonrası istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ( $p>0,05$ ). Etkilenmiş hemisfer ve etkilenmemiş hemisfer FA verilerininin tedavi öncesi ve sonrası grup içi ve gruplar arasında karşılaştırmaları Tablo 17 ve (Tablo-18)' de gösterilmiştir.

**Tablo-17:** Etkilenmiş Hemisfer FA Değerlerinin Grup İçi ve Gruplar Arası Karşılaştırılması.

Fraksiyone Anizotropi (FA)	Rehabilitasyon Ort $\pm$ SD	Rehabilitasyon+Oyun Ort $\pm$ SD	$p^a$
Korona Radiata (TÖ)	325,65 $\pm$ 79,38	312,11 $\pm$ 64,18	0,696
Korona Radiata (TS)	261,48 $\pm$ 48,65	291,15 $\pm$ 76,04	0,339
$p^b$	<b>0,019</b>	0,483	
ALIC (TÖ)	431,70 $\pm$ 69,68	335,84 $\pm$ 154,31	0,109
ALIC (TS)	394,22 $\pm$ 103,80	315,75 $\pm$ 124,10	0,165
$p^b$	0,253	0,627	
PLIC (TÖ)	470,04 $\pm$ 180,25	489,23 $\pm$ 138,23	0,803
PLIC (TS)	481,84 $\pm$ 190,65	426,18 $\pm$ 162,84	0,515
$p^b$	0,276	<b>0,049</b>	
Mid Brain (TÖ)	501,65 $\pm$ 140,52	468,73 $\pm$ 219,976	0,710
Mid Brain (TS)	466,28 $\pm$ 136,15	469,63 $\pm$ 191,31	0,966
$p^b$	0,358	0,970	
Medulla (TÖ)	266,45 $\pm$ 85,29	311,91 $\pm$ 79,51	0,259
Medulla (TS)	316,60 $\pm$ 134,69	303,81 $\pm$ 78,46	0,809
$p^b$	0,073	0,697	
ÜPAM (TÖ)	424,58 $\pm$ 113,95	448,73 $\pm$ 91,37	0,627
ÜPAM (TS)	378,75 $\pm$ 142,64	468,60 $\pm$ 92,35	0,132
$p^b$	0,176	0,304	
ÜPPL (TÖ)	598,41 $\pm$ 149,07	585,28 $\pm$ 89,09	0,824
ÜPPL (TS)	567,44 $\pm$ 172,55	590,58 $\pm$ 82,67	0,721
$p^b$	0,166	0,884	
APAM (TÖ)	308,35 $\pm$ 139,40	340,07 $\pm$ 86,04	0,569
APAM (TS)	355,30 $\pm$ 153,62	335,95 $\pm$ 96,79	0,753
$p^b$	0,072	0,724	
APPL (TÖ)	468,48 $\pm$ 199,69	516,26 $\pm$ 81,01	0,515
APPL (TS)	439,01 $\pm$ 153,72	529,42 $\pm$ 37,38	0,106
$p^b$	0,269	0,642	

FA:Fraksiyone Anizotropi,ALIC:Anterior Limb İnternal Kapsül,PLIC:Posterior Limb İnternal Kapsül, ÜPAM:Üst pons anteromedial,ÜPPL:Üst pons posterolateral, APAM:Alt pons anteromedial,APPL:Alt pons posterolateral , TÖ: Tedavi öncesi, TS: Tedavi Sonrası.  $p^a$  : İndependent t-test,  $p^b$  : Paired t-test.

**Tablo-18:** Etkilenmemiş Hemisfer FA Değerlerinin Grup İçi ve Gruplar Arası Karşılaştırılması

Fraksiyone Anizotropi (FA)	Rehabilitasyon Ort $\pm$ SD	Rehabilitasyon+Oyun Ort $\pm$ SD	$p^a$
Korona Radiata (TÖ)	338,21 $\pm$ 42,35	342,24 $\pm$ 64,36	0,877
Korona Radiata (TS)	330,78 $\pm$ 71,16	341,28 $\pm$ 62,56	0,744
$p^b$	0,785	0,969	
ALIC (TÖ)	464,23 $\pm$ 43,57	460,83 $\pm$ 111,36	0,933
ALIC (TS)	454,65 $\pm$ 85,36	467,06 $\pm$ 67,11	0,736
$p^b$	0,678	0,844	
PLIC (TÖ)	613,17 $\pm$ 41,65	652,97 $\pm$ 38,06	0,050
PLIC (TS)	623,16 $\pm$ 51,42	627,73 $\pm$ 38,27	0,833
$p^b$	0,595	0,186	
Mid Brain (TÖ)	678,52 $\pm$ 61,66	683,41 $\pm$ 76,56	0,883
Mid Brain (TS)	634,40 $\pm$ 96,82	683,85 $\pm$ 35,44	0,169
$p^b$	0,237	0,987	
Medulla (TÖ)	484,62 $\pm$ 118,00	484,62 $\pm$ 90,74	1,000
Medulla (TS)	473,04 $\pm$ 125,25	492,63 $\pm$ 111,52	0,731
$p^b$	0,666	0,792	
ÜPAM (TÖ)	573,42 $\pm$ 100,64	543,34 $\pm$ 77,15	0,487
ÜPAM (TS)	537,47 $\pm$ 125,86	557,58 $\pm$ 68,86	0,680
$p^b$	0,442	0,513	
ÜPPL (TÖ)	620,24 $\pm$ 121,35	581,61 $\pm$ 50,97	0,398
ÜPPL (TS)	572,85 $\pm$ 157,69	585,71 $\pm$ 46,47	0,820
$p^b$	0,064	0,870	
APAM (TÖ)	466,68 $\pm$ 106,12	488,77 $\pm$ 60,93	0,596
APAM (TS)	493,06 $\pm$ 66,52	504,00 $\pm$ 51,73	0,702
$p^b$	0,415	0,372	
APPL (TÖ)	443,02 $\pm$ 133,49	466,15 $\pm$ 71,59	0,653
APPL (TS)	473,70 $\pm$ 123,01	517,05 $\pm$ 56,95	0,352
$p^b$	0,125	<b>0,044</b>	

FA:Fraksiyone Anizotropi,ALIC:Anterior Limb İnternal Kapsül,PLIC:Posterior Limb İnternal Kapsül, ÜPAM:Üst pons anteromedial,ÜPPL:Üst pons posterolateral, APAM:Alt pons anteromedial,APPL:Alt pons posterolateral , TÖ: Tedavi öncesi, TS: Tedavi Sonrası.  $p^a$  : Independent t-test,  $p^b$  : Paired t-test.

Grup içi tedavi etkinliğinin değerlendirilmesinde Mean Difüzivite (MD) verileri incelendiğinde ÜPPL'deki MD değerinde azalış Rehabilitasyon grubunda istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p<0,05$ ). Rehabilitasyon+oyun grubunda ise anlamlı değildi ( $p>0,05$ ). Diğer anatomik bölgelerdeki tedavi sonrası etkilenmiş hemisfer MD değişiklikleri her bir grup içinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ( $p>0,05$ ). Etkilenmemiş hemisfer MD verileri incelendiğinde ise APAM' deki tedavi sonrası azalış rehabilitasyon grubunda istatistiksel

olarak anlamlı bulundu ( $p<0,05$ ). ALIC'deki tedavi sonrası MD değerinde azalış Rehabilitasyon+oyun grubunda istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p<0,05$ ). Diğer anatomik bölgelerdeki tedavi sonrası etkilenmemiş hemisfer MD değişiklikleri her bir grup içinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ( $p>0,05$ ). Gruplar arası karşılaştırmada etkilenmiş hemisfer ve etkilenmemiş hemisfer MD değerlerinde tedavi sonrası istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ( $p>0,05$ ). MD verilerinin tedavi öncesi ve sonrası grup içi ve gruplar arasında karşılaştırmaları Tablo 19-20'de gösterilmiştir.

**Tablo-19:** Etkilenmiş Hemisfer MD Değerlerinin Grup İçi ve Gruplar Arası Karşılaştırılması

Mean Difüzivite (MD)	Rehabilitasyon Ort $\pm$ SD	Rehabilitasyon+Oyun Ort $\pm$ SD	$p^a$
Korona Radiata (TÖ)	939,60 $\pm$ 159,98	937,12 $\pm$ 252,99	0,980
Korona Radiata (TS)	924,21 $\pm$ 127,29	990,17 $\pm$ 196,24	0,410
$p^b$	0,707	0,357	
ALIC (TÖ)	871,87 $\pm$ 131,56	1038,44 $\pm$ 225,15	0,073
ALIC (TS)	842,17 $\pm$ 111,26	1123,80 $\pm$ 516,33	0,145
$p^b$	0,211	0,594	
PLIC (TÖ)	883,38 $\pm$ 245,60	864,18 $\pm$ 236,72	0,868
PLIC (TS)	923,36 $\pm$ 236,93	833,36 $\pm$ 109,58	0,316
$p^b$	0,292	0,538	
Mid Brain (TÖ)	876,20 $\pm$ 146,18	931,94 $\pm$ 251,98	0,574
Mid Brain (TS)	884,61 $\pm$ 95,32	992,36 $\pm$ 157,12	0,098
$p^b$	0,795	0,264	
Medulla (TÖ)	919,32 $\pm$ 66,55	914,43 $\pm$ 134,70	0,923
Medulla (TS)	916,86 $\pm$ 106,11	876,96 $\pm$ 78,34	0,378
$p^b$	0,955	0,315	
ÜPAM (TÖ)	822,05 $\pm$ 141,13	791,65 $\pm$ 99,26	0,604
ÜPAM (TS)	787,15 $\pm$ 142,32	787,15 $\pm$ 119,29	1,000
$p^b$	0,061	0,671	
ÜPPL (TÖ)	768,25 $\pm$ 37,09	740,44 $\pm$ 27,39	0,089
ÜPPL (TS)	739,67 $\pm$ 33,57	732,01 $\pm$ 32,71	0,630
$p^b$	<b>0,003</b>	0,475	
APAM (TÖ)	1086,60 $\pm$ 524,87	819,91 $\pm$ 71,68	0,168
APAM (TS)	882,41 $\pm$ 203,23	820,75 $\pm$ 88,71	0,416
$p^b$	0,121	0,945	
APPL (TÖ)	991,35469,927	752,88 $\pm$ 65,29	0,169
APPL (TS)	850,61 $\pm$ 265,37	753,05 $\pm$ 27,09	0,289
$p^b$	0,091	0,991	

MD:Mean Difüzivite,ALIC:Anterior Limb İnternal Kapsül,PLIC:Posterior Limb İnternal Kapsül, ÜPAM:Üst pons anteromedial,ÜPPL:Üst pons posterolateral, APAM:Alt pons anteromedial,APPL:Alt pons posterolateral , TÖ: Tedavi öncesi, TS: Tedavi Sonrası.  $p^a$  : İndependent t-test,  $p^b$  : Paired t-test.

**Tablo-20:** Etkilenmemiş Hemisfer MD Değerlerinin Grup İçi ve Gruplar Arası Karşılaştırılması.

Mean Difüzivite (MD)	Rehabilitasyon Ort ± SD	Rehabilitasyon+Oyun Ort ± SD	p <sup>a</sup>
Korona Radiata (TÖ)	909,18±150,70	819,46±37,18	0,117
Korona Radiata (TS)	866,44±82,46	825,84±80,59	0,307
p <sup>b</sup>	0,239	0,741	
ALIC (TÖ)	805,87±77,21	812,57±46,55	0,826
ALIC (TS)	802,65±63,29	780,51±38,07	0,382
p <sup>b</sup>	0,784	<b>0,047</b>	
PLIC (TÖ)	756,66±44,48	740,87±35,54	0,418
PLIC (TS)	747,50±41,10	746,31±78,95	0,969
p <sup>b</sup>	0,609	0,840	
Mid Brain (TÖ)	830,14±154,25	764,61±33,48	0,245
Mid Brain (TS)	816,28±125,34	819,81±117,52	0,952
p <sup>b</sup>	0,581	0,276	
Medulla (TÖ)	848,13±48,41	807,77±39,18	0,070
Medulla (TS)	863,61±76,18	821,97±55,58	0,204
p <sup>b</sup>	0,622	0,571	
ÜPAM (TÖ)	714,75±37,38	730,43±71,39	0,568
ÜPAM (TS)	708,46±73,65	707,23±65,12	0,970
p <sup>b</sup>	0,784	0,224	
ÜPPL (TÖ)	747,37±45,12	713,40±24,32	0,064
ÜPPL (TS)	728,11±42,35	715,75±39,85	0,533
p <sup>b</sup>	0,282	0,878	
APAM (TÖ)	785,52±79,48	744,38±46,68	0,199
APAM (TS)	757,75±80,75	733,83±44,19	0,447
p <sup>b</sup>	<b>0,031</b>	0,547	
APPL (TÖ)	815,43±148,38	761,36±94,13	0,370
APPL (TS)	775,56±116,79	726,82±32,88	0,258
p <sup>b</sup>	0,058	0,245	

MD:Mean Difüzivite,ALIC:Anterior Limb İnternal Kapsül,PLIC:Posterior Limb İnternal Kapsül, ÜPAM:Üst pons anteromedial,ÜPPL:Üst pons posterolateral, APAM:Alt pons anteromedial,APPL:Alt pons posterolateral , TÖ: Tedavi öncesi, TS: Tedavi Sonrası. p<sup>a</sup> : İndependent t-test, p<sup>b</sup> : Paired t-test.



## 5. TARTIŞMA ve SONUÇ

İnme, beyin damarların tıkanması ya da rüptürü sonucu motor kontrol kaybı, duyu kusuru, denge problemi, konuşma ve kognitif fonksiyon bozukluklarından komaya kadar gidebilen klinik tablolarla karakterize bir tablodur (41,54). Yapılan bazı çalışmalarda, inme sonrası rehabilitasyon programına alınan hastalarda kazanılan fonksiyonel bağımsızlık düzeyinin üst ekstremite ve el motor fonksiyonları ile büyük oranda ilişkili olduğu gösterilmiştir (159). Üst ekstremite ve el motor fonksiyonlarını arttırmak için gerekli olan beyin plastisitesinin sağlanmasında çok tekrarlı, yoğun, hedefe yönelik, duysal ve görsel uyaranların kullanıldığı, motor becerileri arttırmaya yönelik çalışmaların önemi bilinmektedir (160).

Klasik rehabilitasyon yöntemlerine bakıldığı zaman gereken sık tekrarlar hastanın motivasyonunu düşürmekte ve egzersize uyumu olumsuz yönde etkilemektedir (161). Sanal gerçeklik (SG) üç boyutlu, interaktif ve eğlenceli bir tedavi yöntemi olup, görsel bir geri bildirim performansı sağlayan SG, kişilerin aktif katılımını destekleyen güçlü bir yöntemdir. (140,144). Sanal gerçeklik oyun tedavisi (SGOT) ile yapılan uygulamaların tekrarının, yoğunluğunun ve süresinin arttırılmasına olanak sağladığı görülmüştür (162,163). SGOT motivasyondan uzak klasik geleneksel tedavilerinin aksine, beyinde nöroplastisite gelişimini sağlamak için hastayı gereken sayıda tekrar yapmaya teşvik eden bir tedavi yöntemidir (164).

Bu çalışmanın amacı geleneksel rehabilitasyon tedavisine ilave olarak inmeli hastalarda SGOT' un motor ve fonksiyonel performans üzerine etkinliği araştırılması ve nöronal plastisite zemininde gelişebilecek radyolojik progresyonun DTI ile gösterilmesi idi. Çalışmamızda SGOT'un spastisiteyi azaltmak ve EHA nı arttırmak suretiyle motor ve fonksiyonel performans üzerine etkili olduğunu tespit ettik. Her 2 tedavi yöntemiyle de fonksiyonel performansın arttığı gözlemlendi. Her 2 tedavi yönteminde de FBÖ kendine bakım kısımlarında ve FM total skorlarında artış gözlemlendi. Bununla birlikte radyolojik olarak etkilenmiş hemisferde kontrol grubunda kortikospinal traktus korona radiata seviyesinde, oyun grubunda PLIC seviyesinde FA değerinde anlamlı azalış, etkilenmemiş hemisfer oyun grubunda APPL seviyesinde FA değerinde anlamlı artış , etkilenmiş hemisfer kontrol grubunda ÜPPL seviyesinde MD değerinde azalış ve etkilenmemiş hemisferde kontrol

grubunda APAM seviyesinde,oyun grubunda ALIC seviyesinde MD değerlerinde anlamlı azalış saptandı.

Çalışmamızda Kinect oyun grubunda tedavi sonrası MAS ile spastisite değerlendirilmesinde elbileği flexör, extansör ve parmak fleksörler kas gruplarında anlamlı azalma saptandı. Aynı kas gruplarının spastisite durumlarının değerlendirildiği kontrol grubunda,rehabilitasyon programı öncesi ve sonrasında anlamlı fark yoktu.Tedavi sonrası gruplar arası karşılaştırmada ise anlamlı fark gözlenmedi. Mouawad ve arkadaşlarının Nintendo Wii ile 7 innmeli hastada yaptıkları çalışmada MAS skorunda azalma saptamış olmakla birlikte, bizim çalışmamıza benzer olarak kontrol grubuyla karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı azalma saptamamışlardır (165).

Yong ve arkadaşlarının Nintendo Wii ile 16 innmeli hastada yaptıkları çalışmada spastisite azalmasının anlamlı olmadığı görülmüştür (166). Spastisite azalmasının anlamlı olmamasının olası nedeni hasta sayılarının az olması olabilir. Lee'nin yaptığı bir çalışmada innmeli hastalarda Kinect sports ve adventure oyunları oynatılmış olup MAS skorundaki azalmada grup içi ve gruplar arası azalma anlamlı bulunmamıştır (167).Aynı çalışmada oynatılan oyunlar ve süreleri benzer olmasına rağmen haftada 3 seans oynatılmış olup,bu sebepten dolayı grup içi spastisite azalması anlamlı bulunmamış olabilir.Yine Piron ve arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada sanal tele-rehabilitasyon ve geleneksel tedavi karşılaştırılmıştır.Bir grup sanal tele-rehabilitasyona (fizyoterapistin hastanede olduğu,internet üzerinden video konferans sistemi ile hastanın ekranını gördüğü ve müdahale ettiği,hastanın evinde gerçekleşen sanal terapi) diğer grup geleneksel fizyoterapi programına alınmıştır.Tedavi sonrası MAS skorunda her 2 grupta anlamlı azalma olmasına rağmen gruplar arası karşılaştırıldığında anlamlı fark bulunmamıştır (168). Spastisitedeki anlamlı fark gözlenmemesinin nedenlerinden biri hastaların kronik dönem olup SVO sonrası ortalama 1 yıl geçmiş olması olabilir.

Çalışmamızda 4 haftalık tedavi sonrasında gruplar kendi içinde tedavi öncesi ve sonrası değerlendirildiğinde Kinect grubunda Brunnstrom evrelerinde anlamlı artış saptanmadı. Gruplar arası karşılaştırmada da anlamlı fark gözlenmedi. Yavuzer ve arkadaşlarının Playstation EyeToy oyun sistemi ile yaptıkları çalışmada da bizim çalışmamızla uyumlu olarak oyun grubu ve kontrol grubu arasında tedavi sonrası Brunnstrom

üst ve el evrelerinde anlamlı artış bulunmamıştır. (169). Bruunstrom evrelerinde anlamlı artış saptanmamasının nedenleri kronik dönem hastaların çalışmaya dahil edilmesi ve kısa süreli tedavi sonrası değerlendirme yapılmış olması olabilir.

Çalışmamızda tedavi öncesi sonrası her iki grupta tedavi öncesi sonrası karşılaştırmada omuz fleksiyon, abduksiyon, ekstansiyon ve dirsek fleksiyonu aktif EHA'da anlamlı artış gözlemlendi. Oyun grubunda el bilek fleksör ve ekstensör, parmak fleksörleri aktif EHA'da anlamlı artış bulundu. Gruplar arası karşılaştırmada ise anlamlı artış bulunmadı. Bizim çalışmamıza benzeyen Sin ve arkadaşlarının 40 hastayı kapsayan çalışmalarında iki grupta da tedavi önce sonrası artış anlamlı bulunmuştur. Gruplar arası karşılaştırmada ise el bileği hariç diğer EHA'larındaki artış iki grup arasında anlamlı bulunmuştur (158). Çalışmalarımız benzer olmasına rağmen farklı sonuçlar bulunmasının nedeni bizim olgu sayımızın onlara göre daha az olması olabilir. Kuttuva ve arkadaşlarının Rutgers Arm ile yaptıkları sanal gerçeklik rehabilitasyon sonrası omuz fleksiyon, ekstansiyon ve el bileğindeki EHA'daki gelişmede artış gözlenmiştir (170). Kuttuva ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada SG kol rehabilitasyon sisteminde bir kolçak ve cihaz içeriyordu. Eğitim için kullanılan sistem topun elde edilip taşınması odaklı idi. Oyun bir kolçak üzerinde desteklenirken el bileği için obje gereksinimi vardı. Bizim çalışmamızda grup içi SG oyun tedavisi alanlarda benzer şekilde anlamlı düzeyde artış sağlanmıştır. Mouwad ve arkadaşlarının Nintendo Wii ile yaptıkları bir çalışma sonrası inmeli hastalarda 10 seans sonra omuz fleksiyon, abduksiyon, dirsek ekstansiyonu aktif EHA'da anlamlı artış saptandı (165). Bizim çalışmamıza benzer şekilde oyun grubunda grup içi tedavi öncesi sonrasında EHA artışı anlamlı bulunmuştur.

Çalışmamızda FBÖ kendine bakım kısmında her iki grupta da tedavi öncesi ve sonrası anlamlı artış sağlanmakla beraber SGOT alanlarda gelişimin daha fazla olduğu görüldü. Bunun sebebi SGOT alanlarda toplam tedavi süresinin daha fazla olması olabilir. Yavuzer ve ark.'ın Playstation Eye Toy ile yaptıkları çalışmada kontrol grubuna göre FBÖ kendine bakım kısmı ve FBÖ total skorlarında anlamlı artış saptanmıştır (169). Turolla ve ark.'ın inmeli hastalarda SGOT ile yaptıkları çalışmada FBÖ skorunda kontrol grubuna göre daha anlamlı iyileşme saptanmıştır (171). Farklı oyun sistemlerinin kullanılması farklı çalışmalarda bu değişik sonuçları ortaya çıkarmış olabilir.

Çalışmamızda Fugl Meyer (FM) anketi ile üst ekstremitenin grup içinde tedavi öncesi ve sonrası değerlendirmesinde rehabilitasyon grubunda FM kol, rehabilitasyon+oyun grubunda ise FM el bileğinde, her iki grupta FM toplam skorlarında artış anlamlı bulundu. Gruplar arası karşılaştırmada ise iki grup arasında anlamlı fark tespit edilmedi. Sin ve ark.'ın yaptıkları çalışmada FM üst ekstremitenin değerlendirilmesinde her iki grupta tedavi öncesi ve sonrası ve gruplar arası karşılaştırmada anlamlı bulunmuştur (158). Kuttuva ve ark.'ın Rutgers Arm SG ile yaptıkları çalışmada FM toplam skorlarında anlamlı değişiklik gözlenmiştir (170).Yaptıkları çalışma sadece bir tane inmeli hasta üzerine olduğu için sonuçlar bizimkinde farklı olabilir. Housman ve ark.'ın oyun ve kontrol grubu olarak iki gruba ayırdıkları çalışmalarında, oyun grubuna Therapy Wilmington Robotic Exoskeleton (TWREX) kol hareketine yardım eden SGOT verilmiş. FM skorlarında kronik inmeli hastalarda SGOT Robotik kol ortezli alan grupta anlamlı artış sağlandığı ifade edilmiştir (172). Kontrol grubuna göre de daha fazla gelişim gözlenmiştir. 2 çalışmada farklı sistemler kullanılsada konvansiyonel terapi alanlarda sonuçların benzer olduğu görülmüştür. Mouawad ve ark.'ın Nintendo Wii ile yaptıkları çalışmada 10 seans tedavi sonrası FM skorlarında anlamlı artış gözlenmiştir (165). Yong ve ark.'ın Nintendo Wii ile yaptıkları çalışmada da tedavi sonrası FM skorlarında anlamlı artış olduğu belirtilmiştir (166). Jang ve ark.'ı kronik inmeli hastalarda 4 hafta boyunca interaktif rehabilitasyon ve egzersiz sistemi (IREX) ile sanal gerçeklik sistemi kullanmışlar (161). Bu sistem bir video kamera, siber eldiven, sanal obje ve sensörlerden oluşur. Sanal gerçeklik sistemi sıklıkla üst ekstremitte hareketini içerir. Aynı çalışmada SGOT ve kontrol gurubunda anlamlı değişiklik gözlenmiştir. Bizim çalışmamızda farklı bir sistem kullanılmasına rağmen benzer sonuçlar gözlemlendi. Piron ve ark.'ın tele-rehabilitasyon yöntemiyle yaptıkları çalışmada grup içi tedavi öncesi ve sonrası değerlendirmede FM skorlarında anlamlı değişiklik gözlenirken gruplar arası karşılaştırmada ise anlamlı fark bulunmamıştır.Bu da bizim çalışmamızı destekler niteliktedir (168).

Çalışmamızda inmeli hastalarda paretik üst ekstremitenin günlük yaşam aktivitelerindeki kullanım miktarı ve kalitesi Motor Activity Log (MAL) miktar ve nitelik sorgulaması yapılarak değerlendirildi. MAL miktar ve nitelik skorlarında grup içi ve gruplar arası karşılaştırmada anlamlı değişiklik gözlenmedi. Sin ve ark.'ın Kinect ile yaptıkları çalışmada üst ekstremitte gross el becerisi Box and Block Test (BBT) ile değerlendirilmiş olup grup içi ve gruplar arası anlamlı değişiklik gözlenmiştir (158). Bu çalışma bizim çalışmamıza benzer yöntemle yapılmasına rağmen olgu sayımızın az olması sonuçlardaki farklılığın temel

sebebi olabilir. Mouawad ve ark.'ın yaptıkları çalışmada ise Nintendo Wii ile 10 seans sonra değerlendirilen BBT skorunda anlamlı değişiklik gözlenmediğini vurgulamışlardır (165). Bu da bizim çalışmamızı desteklemektedir. Saposnik ve ark.'ın Nintendo Wii ile yaptıkları SGOT çalışmasında BBT skorlarında bizim çalışmamızı destekler biçimde anlamlı farklılık gözlenmemiştir (173).

Difüzyon tensör görüntüleme (DTG), canlı nöral dokuda su moleküllerinin noninvaziv olarak difüzyonunu ölçen, beyin beyaz cevher yolları hakkında niceliksel bilgi ve yönelim tahminini sağlaması nedeniyle kullanılan önemli bir görüntüleme tekniğidir (12).Kortikospinaltrakt insanlarda özellikle ince el becerileri olmak üzere,motor kontrol için en önemli nöral yolaktır (13,14). DTG kortikospinaltraktusun durumunu görüntülemeye ve tahmin etmeye eşsiz bir avantaja sahiptir (24-26). DTG parametreleri içerisinde ortalama difüzyon (mean diffusivity=MD) ve fraksiyonel anizotropi (FA) dokudaki mikrostrüktürel yapıyı gösteren ve en çok kullanılan parametrelerden ikisini oluşturur. MD, suyun difüzyonunun ortalama uzaysal büyüklüğünü ifade eder. Aynı zamanda dokunun su içeriğine daha duyarlı bir ölçektir. FA, difüzyonun doğrultusuna göre ek bilgi sağlar. Bununla birlikte FA aksonal membran bütünlüğü, miyelinizasyon düzeyi, aksonal yoğunluk ve tutarlılık dahil olmak üzere birçok faktörle ilgili kombine bilgi sağladığından dokunun mikrostrüktürel yapısındaki değişikliklere daha spesifik bir parametredir (174). Biz bu çalışmada radyolojik progresyonu göstermek amacıyla FA ve MD ölçeklerini kullandık.

Yapılan bazı çalışmalarda beyin reorganizasyonunun spontan iyileşme ile oluşabileceği işaret edilmiştir. Bununla birlikte beyin reorganizasyonun gelişiminde fiziksel egzersizlerin önemli olduğunu vurgulanmıştır (175). Nöronal plastisiteyi geliştirmek için son zamanlarda yapılan çalışmalarda tedavilerin tanımlayıcı, tekrarlayıcı, hedef odaklı ve motivasyonu geliştirmeye yönelik olması gerektiği ifade edilmiştir (176). Tedaviye bağlı olarak motor korteks alanı içinde dendritik millerin geliştiği, sinaptogenez ve beyin reorganizasyonun arttığı, bunun da nöronal plastisiteye yol açtığını göstermektedir (177). Klasik rehabilitasyon tedavilerinin yanında son zamanlarda ortaya çıkan robotla eğitim, ayna tedavisi, SGOT nöronal plastisite gelişimi için inermeli ve serebral palsili hastalarda kullanılmaktadır.

Literatürde rehabilitasyon veya başka bir tıbbi müdahale sonucu beyinde DTG değişikliklerini araştıran çok az çalışmaya rastlanmaktadır. Kim ve ark.'ı tarafından hemiplejik serebral palsili hastalarda yapılan rehabilitasyon tedavisinin değerlendirildiği bir çalışmada FA değeri artmış olmakla birlikte bu çalışmada ROI bazlı analiz yerine bütün kortikospinal traktus analiz edilmiştir (178). Trivedi ve ark.'ı tarafından yapılan bir çalışmada kuadriplejik serebral palsili hastalarda botulinum toksin enjeksiyonu ve fizyoterapi sonrası DTG parametrelerinin değerlendirilmiştir. Bu çalışmada FA değerinde temporal lobda ve kortikospinal traktusun PLIC (posterior limb of internal capsule) düzeyinde artış bulunmuştur. MD değerinin motor yolaktaki değişiklikleri anlamlı bulunmamıştır. Aynı çalışmada temporal lobda ve PLIC seviyesindeki KST'de tedavi sonrası artmış olan FA değeri, tedavi sonrası düzelen klinik skorlarla birlikte değerlendirildiği zaman verilen tedavinin bu hastalarda motor yollardaki fonksiyonel konnektiviteyi arttırdığı öne sürülmüştür. Bununla birlikte MD değerinde değişiklik olmaması tedavi sonrasında KST'nin interstisyel su içeriğindeki önemsiz değişikliği şeklinde yorumlanmıştır. (177). Çalışmamızda etkilenmiş hemisferde rehabilitasyon grubunda CR seviyesindeki FA değeri ve oyun grubundaki PLIC seviyesindeki FA değeri azalmış olarak bulunmaktadır. Diğer çalışmalarda hasta grubunun serebral palsy olması nedeniyle farklılık gözlenmiş olabilir. Etkilenmiş hemisferdeki MD değerinin rehabilitasyon grubunda ÜPPL de anlamlı olarak azalması tedavi sonrası kortikal reorganizasyonun artmış olabileceğini gösterebilir. Wang ve ark.'ın yaptıkları bir çalışmada inme sonrası etkilenmemiş hemisferde 2 yıl sonra FA değerinin arttığını göstermişlerdir. DTG parametrelerinin mikroyapıyı göstermede hassas oldukları için inme sonrası prognozda belirteç olarak kullanabileceklerini ifade etmişlerdir (179). Baek ve ark.'ın pediatrik hemiplejik hastalarda yaptıkları bir çalışmada FA değerlerinin etkilenmiş ve etkilenmemiş hemisferde arttığını göstermişlerdir (180). Bizim çalışmamızda etkilenmemiş hemisferde APPL seviyesindeki FA değerinin olası nöroplastisite zemininde artmış olabileceği öngörülmüştür. Bu konuyla ilgili daha fazla sayıda çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Literatürde sanal gerçeklik oyun tedavisi (SGOT) sonrası inmeli ve serebral palsy hastalarında kortikal reorganizasyonu radyolojik progresyonu ile gösteren birkaç çalışma mevcuttur (161,180-182). Bizim çalışmamız inme geçiren hastalarda interaktif video oyunları ile sanal gerçeklik rehabilitasyonu sonrası motor ve fonksiyonel performans etkinliğini ve radyolojik progresyonu DTG ile araştıran ilk çalışmadır. Jang ve ark.'ın IREX ile inmeli yetişkin hastalarda 4 hafta boyunca haftada 5 gün, günde 60 dakika SGOT ile yaptıkları çalışmada ,tedavi öncesi ve sonrası radyolojik progresyonu fonksiyonel manyetik

rezonans görüntüleme (fMRG) değerlendirmişler.Yapılan fMRG değerlendirmesinde primer sensorimotor kortekste aktivasyon artışları saptanmakla birlikte bunun anormal kortikal aktivasyonunun inhibisyonuna bağlı olarak ortaya çıkabileceği, belki de bu iyileşmenin etkilenen ekstremitenin hızlı fonksiyonel iyileşmesine bağlı olabileceğini ifade edilmiştir (161).You ve ark.'ın inme geçirmiş hastalarda IREX ile yaptıkları bir çalışmada fMRG değerlendirmelerinde SGOT'un nöral organizasyondaki pozitif değişikliklere katkıda bulunmuş olabileceğini ve bunun fonksiyonel ambulasyonla ilişkili olabileceği ifade edilmiştir (180). Yine You ve ark.'ın bir serebral palsi hastasında SGOT sonrasında fMRG ile değerlendirmelerinde SGOT'un primer sensorimotor kortekste nöroplastisitede değişikliklere neden olduğu ve bunun etkilenmiş ekstremitenin yaşa uygun artan motor becerilerle ilişkili olabileceği ifade edilmiştir (181). Golomb ve ark.'ın 3 adölesan sağ hemiplejik serebral palsili hastada ev tabanlı SGOT uyguladığı bir çalışmada ise fMRG ile beynin motor becerilerle ilgili bölgelerinde ,primer motor korteks ve serebellumda dahil olmak üzere ilgili alanlarda anlamlı aktivasyon artışları görülmüştür (182). Bizim çalışmamızda farklı oyun teknolojisi ve görüntüleme yöntemi kullanılmasıyla beraber sonuçlarımız SGOT sonrası beyinde nöroplastisite gelişimi açısından diğer çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

Çalışmamızın kısıtlılıkları arasında olgu sayısının az olması,takip süresinin kısa olması ve fizyoterapistlerin tedavi uygulanan hastaların grubuna kör olmaması ve DTI verilerinin ROI bazlı analizle değerlendirilmesi sayılabilir. ROI bazlı analiz değerlendirme yapan kişiye bağlı olduğu için subjektiftir.Ayrıca ROI bazlı analiz yapılarak elde edilen kantitatif DTG parametreleri 2 boyuta sınırlı kalmaktadır. Ayrıca beyaz cevher fiber demetlerinin yoğunluğu ile ilgili bilgi vermemektedir. DTG'dan geliştirilmiş bir teknik olan Difüzyon Tensor Traktografi ise beyaz cevher yolaklarının yapısı ve yoğunluğu hakkında 3 boyutlu görüntüleme imkanı sağlamaktadır (183).

Bu tez çalışmasının sonucunda, konvansiyonel fizyoterapiye eklenen Kinect oyun teknolojisinin, üst ekstremitede spastisiteyi azaltmak ve EHA'yı arttırmak suretiyle üst ekstremitte fonksiyonlarını geliştirmede ve günlük yaşam aktivitelerini arttırmada etkili bulunmuştur.Bununla birlikte KST'da etkilenmemiş hemisferde FA'yı arttırmak ,etkilenmiş hemisfer ve etkilenmemiş hemisferde MD'yi azaltmak suretiyle kortikal reorganizasyon gelişiminde etkili olabileceği öngörülmüştür. Sanal gerçeklik oyun tedavisi, inmeli hastalarda

üst ekstremitte rehabilitasyonunda etkili , ulaşımı kolay ve hastanın kendi evinde kullanabileceği alternatif bir tedavi yöntemi olarak kullanılabilir. Hastayı motive etme kapasitesi yüksek olan ve eğlendirerek tedavi eden bu oyun sisteminin etkinliği ile ilgili geniş hasta grupları içeren randomize kontrollü çalışmalara ihtiyaç vardır.





## KAYNAKLAR

1. Mackay J, Mensah G. The atlas of heart disease and stroke. Part three: the burden. World Health Organization. Available at. [http://www.who.int/cardiovascular\\_diseases/resources/atlas/en/](http://www.who.int/cardiovascular_diseases/resources/atlas/en/). Accessed (6/ 30/ 2006).
2. Dobkin BH. Rehabilitation after stroke. *N Engl J Med.* 2005;352:1677-84.
3. Kraft GH, Fitts SS, Hammond MC. Techniques to improve function of the arm and hand in chronic hemiplegia. *Archives of physical medicine and rehabilitation.* 1992;73(3):220-7.
4. Nakayama H, Jorgensen HS, Raaschou HO, Olsen TS. Recovery of upper extremity function in stroke patients: the Copenhagen Stroke Study. *Archives of physical medicine and rehabilitation.* 1994;75(4):394-8.
5. Feys HM, De Weerd WJ, Selz BE, Cox Steck GA, Spichiger R, Vereeck LE, et al. Effect of a therapeutic intervention for the hemiplegic upper limb in the acute phase after stroke: a single-blind, randomized, controlled multicenter trial. *Stroke; a journal of cerebral circulation.* 1998;29(4):785-92.
6. Swaimann KF, Wu Y. Cerebral Palsy. In: Swaimann KF, Ashwal S, eds. *Pediatric Neurology: Principles and Practice.* 3th ED, St.Louis: Mosby. 1999; 491-501.
7. Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Motor control theory and practical applications.* Maryland: Lippincott Williams & Wilkins, 2001;
8. Saposnik G, Mamdani M, Bayley M, Thorpe KE, Hall J, Cohen LG. Effectiveness of virtual reality exercises in stroke rehabilitation (EVREST): rationale, design, and protocol of a pilot randomized clinical trial assessing the Wii gaming system. *Int J Stroke,* 2010; 5 (1): 47–51.
9. Galvin J, McDonald R, Catroppa C, Anderson V. Does intervention using virtual reality improve upper limb function in children with neurological impairment: A systematic review of the evidence. *Brain Injury,* 2011; 25 (5): 435-42.
10. Winkels DG, Kottink AI, Temmink RA, Nijlant JM, Buurke JH. Wii™-habilitation of upper extremity function in children with cerebral palsy. An explorative study. *Dev Neurorehabil,* 2013; 16 (1): 44–51.

11. Ma HI, Hwang WJ, Fang JJ, Kuo JK, Wang CY, Leong LF, et al. Effects of virtual reality training on functional reaching movements in people with Parkinson's disease: a randomized controlled pilot. *Clin Rehabil* 2011;25:892-902.
12. Basser PJ, LeBihan D, MR diffusion tensor spectroscopy and imaging. *Biophys J*, 1994. 66: 259-67.
13. R.A. Davidoff, The pyramidal tract, *Neurology* **40** (1990), 332–339.
14. D.H. York, Review of descending motor pathways involved with transcranial stimulation, *Neurosurgery* **20** (1987), 70–73.
15. R.J. Prescott, W.M. Garraway and A.J. Akhtar, Predicting functional outcome following acute stroke using a Standard clinical examination, *Stroke* **13** (1982), 641–647.
16. F. Binkofski, R.J. Seitz, S. Arnold, J. Classen, R. Benecke and H.J. Freund, Thalamic metabolism and corticospinal tract integrity determine motor recovery in stroke, *Ann Neurol* **39** (1996), 460–470.
17. F.N. Shelton and M.J. Reding, Effect of lesion location on upper limb motor recovery after stroke, *Stroke* **32** (2001), 107–112.
18. J.V. Escudero, J. Sancho, D. Bautista, M. Escudero and J.LopezTrigo, Prognostic value of motor evoked potential obtained by transcranial magnetic brain stimulation in motor function recovery in patients with acute ischemic stroke, *Stroke* **29** (1998), 1854–1859.
19. A. Heald, D. Bates, N.E. Cartlidge, J.M. French and S. Miller, Longitudinal study of central motor conduction time following stroke. 2. Central motor conduction measured within 72 h after stroke as a predictor of functional outcome at 12 months, *Brain* **116** (1993), 1371–1385.
20. H.T. Hendricks, G. Hageman and J. van Limbeek, Prediction of recovery from upper extremity paralysis after stroke by measuring evoked potentials, *Scand J Rehabil Med* **29** (1997), 155–159.
21. A.A. van Kuijk, J.W. Pasman, H.T. Hendricks, M.J. Zwartz and A.C. Geurts, Predicting hand motor recovery in severe stroke: the role of motor evoked potentials in relation to early clinical assessment, *Neurorehabil Neural Repair* **23** (2009), 45–51.
22. S.H. Jang, Y.H. Kim, Y. Chang, B.S. Han, W.M. Byun and C.H. Chang, The predictive value of cortical activation by passive movement for motor recovery in stroke patients, *Restor Neurol Neurosci* **22** (2004), 59–63.

23. G. Nelles, G. Spiekramann, M. Jueptner, G. Leonhardt, S. Muller, H. Gerhard and H.C. Diener, Evolution of functional reorganization in hemiplegic stroke: a serial positron emission tomographic activation study, *Ann Neurol* **46** (1999), 901–909.
24. S.H. Jang, D.S. Yang and J. Lee, Preservation of the integrity of the corticospinal tract in a patient with medulla infarct, *Am J Phys Med Rehabil* **88** (2009), 256–258.
25. A. Kunimatsu, S. Aoki, Y. Masutani, O. Abe, N. Hayashi, H. Mori, T. Masumoto and K. Ohtomo, The optimal trackability threshold of fractional anisotropy for diffusion tensor tractography of the corticospinal tract, *Magn Reson Med Sci* **3** (2004), 11–17.
26. S. Mori, B.J. Crain, V.P. Chacko and P.C. van Zijl, Three-dimensional tracking of axonal projections in the brain by magnetic resonance imaging, *Ann Neurol* **45** (1999), 265–269.
27. S.H. Cho, D.G. Kim, D.S. Kim, Y.H. Kim, C.H. Lee and S.H. Jang, Motor outcome according to the integrity of the corticospinal tract determined by diffusion tensor tractography in the early stage of corona radiata infarct, *Neurosci Lett* **426** (2007), 123–127.
28. S.H. Cho, S.H. Kim, B.Y. Choi, J.H. Kang, C.H. Lee, W.M. Byun and S.H. Jang, Motor outcome according to diffusion tensor tractography findings in the early stage of intracerebral hemorrhage, *Neurosci Lett* **421** (2007), 142–146.
29. J.H. Gillard, N.G. Papadakis, K.Martin, C.J. Price, E.A.Warburton, N.M. Antoun, C.L. Huang, T.A. Carpenter and J.D. Pickard, MR diffusion tensor imaging of white matter tract disruption in stroke at 3 T, *Br J Radiol* **74** (2001), 642–647.
30. S.H. Jang, S.H. Ahn, J. Sakong, W.M. Byun, B.Y. Choi, C.H. Chang, D. Bai and S.M. Son, Comparison of TMS and DTT for predicting motor outcome in intracerebral hemorrhage, *J Neurol Sci* **290** (2010), 107–111.
31. S.H. Jang, D. Bai, S.M. Son, J. Lee, D.S. Kim, J. Sakong, D.G. Kim and D.S. Yang, Motor outcome prediction using diffusion tensor tractography in pontine infarct, *Ann Neurol* **64** (2008), 460–465.
32. S.H. Jang, S.H. Cho, Y.H. Kim, B.S. Han, W.M. Byun, S.M. Son, S.H. Kim and S.J. Lee, Diffusion anisotropy in the early stages of stroke can predict motor outcome, *Restor Neurol Neurosci* **23** (2005), 11–17.
33. J. Konishi, K. Yamada, O. Kizu, H. Ito, K. Sugimura, K. Yoshikawa, M. Nakagawa and T. Nishimura, MR tractography for the evaluation of functional recovery from lenticulostriate infarcts, *Neurology* **64** (2005), 108–113.

34. Y. Kusano, T. Seguchi, T. Horiuchi, Y. Kakizawa, T. Kobayashi, Y. Tanaka, K. Seguchi and K. Hongo, Prediction of functional outcome in acute cerebral hemorrhage using diffusion tensor imaging at 3T: a prospective study, *AJNR Am J Neuroradiol* **30** (2009), 1561–1565.
35. T. Maeda, K. Ishizaki and S. Yura, Can diffusion tensor imaging predict the functional outcome of supratentorial stroke? *No To Shinkei* **57** (2005), 27–32.
36. M. Nelles, J. Gieseke, S. Flacke, L. Lachenmayer, H.H. Schild and H. Urbach, Diffusion tensor pyramidal tractography in patients with anterior choroidal artery infarcts, *AJNR Am J Neuroradiol* **29** (2008), 488–493.
37. Q. Yang, B.M. Tress, P.A. Barber, P.M. Desmond, D.G. Darby, R.P. Gerraty, T. Li and S.M. Davis, Serial study of apparent diffusion coefficient and anisotropy in patients with acute stroke, *Stroke* **30** (1999), 2382–2390.
38. H. Yoshioka, T. Horikoshi, S. Aoki, M. Hori, K. Ishigame, M. Uchida, M. Sugita, T. Araki and H. Kinouchi, Diffusion tensor tractography predicts motor functional outcome in patients with spontaneous intracerebral hemorrhage, *Neurosurgery* **62** (2008), 97–103.
39. Whisnant JP, Basford JR, Bernstein EF et al. Special Report From the National Institute of Neurological Disorders and Stroke. Classification of Cerebrovascular Diseases III. *Stroke* 1990;21:637-76.
40. WHO MONICA Project Principal Investigators, The World Health Organisation MONICA Project (Monitoring Trends and Determinants in Cardiovascular Diseases): A major collaboration. *J Clin Epidemiol* 1988;41:105-14
41. Roth EJ, Harvey RL. Rehabilitation of stroke syndromes. In: Braddom RL, eds. *Physical Medicine and Rehabilitation*. Second edition. W.B. Saunders Company, 2000: 1117-1163
42. Dinçer K. İnme. In: Beyazova M, Gökçe Kutsal Y, eds. *Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon*. Günes Kitabevi, 2000:1935-1950.
43. Brandstater ME. Stroke rehabilitation. In: DeLisa JA, Gans BM, eds. *Rehabilitation Medicine*. Third Edition. Philadelphia: Lippincott-Raven Publishers, 1998: 1165-1189
44. Beyazova M, Kutsal YG. İnme. *Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon*. 2. Baskı, Ankara: Ayrıntı basımevi, 2011; 2761-2788.
45. Hankey GJ, Stroke. How large a public health problem and how can the neurologist help? *Arch Neurol*, 1999; 56: 748-775.

46. Dalyan Aras M, Çakıcı A. İnme rehabilitasyonu. Oğuz H, Dursun E, Dursun N (Editörler). Tıbbi Rehabilitasyon'da. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri; 2004.s.589-617.
47. Aktan S, Sunter G. İskemik Serebrovasküler Hastalıklar. Tan E, Özdamar S.E. Neurology in Clinacal Practice. Beşinci baskı. İstanbul: Veri Medikal Yayıncılık; 2008. s. 1165- 1223.
48. Lindstay KW, Bone I, Callender R. Neurology and Neurosurgery. Edinburg, Churchill Lvingstone, 1986:226-283.
49. Oğuz Y. Serebrovasküler hastalıklar. Yaltkaya K, Balkan S, Oğuz Y (Editörler). Nöroloji Ders Kitabı'nda. Ankara: Palme Yayıncılık; 2000.s.183-218. Patogenez
50. Özcan O. Hemipleji rehabilitasyonu. Oğuz H (Editör). Tıbbi Rehabilitasyon'da. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri; 1995.s.385-399.
51. Özcan O, Turan B. Hemipleji rehabilitasyonu. Özcan O, Arpacıoğlu O, Turan B (Editörler). Nörorehabilitasyon'da. Bursa: Güneş ve Nobel Tıp Kitabevleri; 2000.s.61-82.
52. Garrison SJ, Rolak LA. Rehabilitation of the stroke patient. In: DeLisa JA, Gans BM (Eds.). Rehabilitation medicine: Principles and Practice. 2nd ed. Philadelphia: JB Lippincott Co; 1993.p.801-824.
53. Yaltkaya K, Balkan S, Oğuz Y. Serebrovasküler hastalıklar. Nöroloji Ders kitabı Ankara Palme Yayıncılık 1996:179-215
54. Bartels MN. Pathophysiology and Medical Management of Stroke In: Gillen G, Burkhardt A editors, Stroke rehabilitation a function-based approach. 2nd ed. Philadelphia: Mosby; 2004: 1-27.
55. İstanbul üniversitesi İstanbul tıp fakültesi temel ve klinik bilimler ders kitapları – Nöroloji- Nobel tıp kitapevi- 2004; 193.
56. Roth EJ, Harvey RL. Rehabilitation of stroke syndromes. In: Braddom RL, ed. Physical Medicine and Rehabilitation. 1st ed. Philadelphia: W.B Saunders Co; 1996; 1053-1087.
57. Carey, Matyos,Oke. In stroke patients effective training of tactil and proprioceptive discrimination. Arch Phys Med Rehabil 1993;74:602-611.
58. Dombovy ML, Bach-y-Rita P. Clinical observations on recovery from stroke. Adv Neurol 1988; 47: 265-276.

59. Evans RL. Family interaction and treatment adherence after stroke. Arch Phys Med Rehabil 1987;68:513-516.
60. Keith RA. Status of measurement in stroke rehabilitation on outcomes. Stroke 1990;21:30-31.
61. Sandin KJ, Smith BS. Measure of balance in sitting stroke rehabilitation prognosis. Stroke 1990;21:82-86
62. Aktaş S. Hemiplejik hastanın rehabilitasyon potansiyelini değerlendirme. In: Özcan O, ed. Hempleji rehabilitasyonu. 1995:11-23
63. Speech DP, Dombovy ML. Recovery from stroke: rehabilitation. Baillieres Clin Neurol 1995; 4 (2): 317-338.
64. Aras MD, Çakıcı A. İnme Rehabilitasyonu. Editörler: Oğuz H, Dursun E, Dursun N. Tıbbi Rehabilitasyon. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri 2004: 589-617.
65. Roth EJ, Harvey RL. Rehabilitation in Stroke Syndromes. Physical Medicine and Rehabilitation. Third edition. (Ed: Braddom RL), Saunders Elsevier, 2007; 1175–1212.
66. Krespi Y, Bahar S. İskemik Beyin Damar Hastalıklarında Tanı ve Tedavi Yaklaşımları. İstanbul Tıp Fakültesi Temel ve Klinik Bilimler Ders Kitapları. 2004;20: 261-277.
67. Saatçi I. Stroktta görüntüleme yöntemleri. İç: Balkan S. Serebrovasküler Hastalıklar.2002;15:199-221.
68. Taylor WD, Hsu E, Krishnan KRR, MacFall JR, Diffusion tensor imaging:background, potential, and utility in psychiatric research, Biol Psychiatry.2004;55(3):201-7.
69. Jones DK, Griffin LD, Alexander Dc, Catani M, Horsfield MA, Howard R, Williams SCR, Spatial normalization and averaging of diffusion tensor MRI data sets, Neuroimage 2002;17:592-617
70. Le Bihan D, Breton E, Lallemand D, Grenier P, Cabanis E, Laval-Jeantet M. MR imaging of intravoxel incoherent motions: application to diffusion and perfusion in neurologic disorders. Radiology 1986;161(2):401-7.
71. Le Bihan D, Delannoy J, Levin RL. Temperature mapping with MR imaging of molecular diffusion: application to hyperthermia. Radiology 1989;171(3):853-7.
72. Basser P, Mattiello J, LeBihan D. Estimation of the effective self diffusion tensor from NMR spin echo. J Magn Reson B 1994;103(3):247- 4.

73. Bulakbaşı N. Diffusion-tensor imaging in brain tumors. *Imaging Med* 2009;1(2):155-71.
74. P.J.Basser and C. Pierpaoli, Microstructural and physiological features of tissues elucidated by quantitative-diffusion-tensor MRI, *J Magn Reson B* **111** (1996), 209–219.
75. S.H. Jang, W.M. Byun, B.S. Han, H.J. Park, D. Bai, Y.H. Ahn, Y.H. Kwon and M.Y. Lee, Recovery of a partially damaged corticospinal tract in a patient with intracerebral hemorrhage: a diffusion tensor image study, *Restor Neurol Neurosci* **24**(2006), 25–29.
76. S.K. Lee, D.I. Kim, J. Kim, D.J. Kim, H.D. Kim, D.S. Kim and S. Mori, Diffusion tensor MR imaging and fiber tractography: a new method of describing aberrant fiber connections in developmental CNS anomalies, *Radiographics* **25** (2005), 53–65.
77. S.M. Son, S.H. Park, H.K. Moon, E. Lee, S.H. Ahn, Y.W. Cho, W.M. Byun and S.H. Jang, Diffusion tensor tractography can predict hemiparesis in infants with high risk factors, *Neurosci Lett* **451** (2009), 94–97.
78. Y. Assaf and O. Pasternak, Diffusion tensor imaging (DTI)-based white matter mapping in brain research: a review, *J Mol Neurosci* **34** (2008), 51–61.
79. J.J. Neil, Diffusion imaging concepts for clinicians, *J Magn Reson Imaging* **27** (2008), 1-7.
80. Chabert S, Scifo P. Diffusion signal in magnetic resonance imaging: origin and interpretation in neurosciences. *Biol Res* 2007; 40:385-400.
81. Yap QJ, Teh I, Fusar-Poli P, Sum MY, Kuswanto C, Sim K. Tracking cerebral white matter changes across the lifespan: insights from diffusion tensor imaging studies. *J Neural Transm (Vienna)* 2013;120:1369-1395.
82. Westlye LT, Walhovd KB, Dale AM, Bjørnerud A, Due-Tønnessen P, Engvig A, et al. Life-span changes of the human brain white matter: diffusion tensor imaging (DTI) and volumetry. *Cereb Cortex* 2010;20:2055-2068.
83. Lebel C, Gee M, Camicioli R, Wieler M, Martin W, Beaulieu C. Diffusion tensor imaging of white matter tract evolution over the lifespan. *Neuroimage* 2012;60:340-352.
84. Head D, Buckner RL, Shimony JS, Williams LE, Akbudak E, Conturo TE, et al. Differential vulnerability of anterior white matter in nondemented aging with minimal

acceleration in dementia of the Alzheimer type: evidence from diffusion tensor imaging. *Cereb Cortex* 2004;14:410-423.

85. Burzynska AZ, Preuschhof C, Bäckman L, Nyberg L, Li SC, Lindenberger U, et al. Age-related differences in white matter microstructure: region-specific patterns of diffusivity. *Neuroimage* 2010;49:2104-2112.
86. Basser PJ, Pierpaoli C. Microstructural and physiological features of tissues elucidated by quantitative-diffusion-tensor MRI. *J Magn Reson B* 1996;111:209-219.
87. Yu C, Zhu C, Zhang Y, Chen H, Qin W, Wang M, et al. A longitudinal diffusion tensor imaging study on Wallerian degeneration of corticospinal tract after motor pathway stroke. *Neuroimage* 2009;47:451-458.
88. Watanabe T, Honda Y, Fujii Y, Koyama M, Matsuzawa H, Tanaka R. Three-dimensional anisotropy contrast magnetic resonance axonography to predict the prognosis for motor function in patients suffering from stroke. *J Neurosurg* 2001;94:955-960.
89. Stinear CM, Barber PA, Smale PR, Coxon JP, Fleming MK, Byblow WD. Functional potential in chronic stroke patients depends on corticospinal tract integrity. *Brain* 2007;130:170-180.
90. Koyama T, Marumoto K, Miyake H, Domen K. Relationship between diffusion tensor fractional anisotropy and motor outcome in patients with hemiparesis after corona radiata infarct. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 2013;22:1355-1360.
91. Groisser BN, Copen WA, Singhal AB, Hirai KK, Schaechter JD. Corticospinal tract diffusion abnormalities early after stroke predict motor outcome. *Neurorehabil Neural Repair* 2014;28: 751-760.
92. Alvarez-Linera J. 3T MRI: advances in brain imaging. *Eur J Radiol* 2008; 67:415-426.
93. Mukherjee P, Berman JI, Chung SW, Hess CP, Henry RG. Diffusion tensor MR imaging and fiber tractography: theoretic underpinnings. *AJNR Am J Neuroradiol* 2008; 29:632-641.
94. Ben Bashat D, Ben Sira L, Graif M, et al. Normal white matter development from infancy to adulthood: comparing diffusion tensor and high b value diffusion weighted MR images. *J Magn Reson Imaging* 2005; 21:503-511.



95. Kaya D, Dincer A, Yildiz ME, Cizmeli MO, Erzen C. Acute ischemic infarction defined by a region of multiple hypointense vessels on gradient-echo T2\* MR imaging at 3T. *AJNR Am J Neuroradiol* 2009; 30:1227-1232.
96. Kumari R, Guglani B, Gupta N, Chaturvedi S. Intracranial epidermoid cyst: magnetic resonance imaging features. *Neurol India* 2009; 57:359-360.
97. Schaefer PW, Copen WA, Lev MH, Gonzalez RG. Diffusion-weighted imaging in acute stroke. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2006; 14:141-168.
98. Duncan PW, Zorowitz R, Bates B, Choi JY, Glasberg JJ, Graham GD, Katz RC, Lamberty K, Reker D. Management of adult stroke rehabilitation care: a clinical practice guideline. *Stroke* 2005; 36(9):100-143.
99. Andrews AW, Bohannon RW. Discharge function and length of stay for patients with stroke are predicted by lower extremity muscle force on admission to rehabilitation. *Neurorehabil Neural Repair* 2001; 15(2):93-97.
100. Özgirgin N. Hemiplejide Fonksiyonel Rehabilitasyon. Hemipleji ve Rehabilitasyonu Sempozyumu. Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, 8-9 Ekim Ankara: 1999: 61-78.
101. Dombovy ML, Sandok BA, Basford JR. Rehabilitation for stroke: a review. *Stroke* 1986; 17: 363-367.
102. Akyüz G. Stroke Lectures and Seminars in Physical Medicine and Rehabilitation (Ed: Kayhan Ö). İstanbul Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi Yayınları. 1995,367-403.
103. Swensen JR. Therapeutic exercise in hemiplegia. In: Basmajian JV, ed. *Therapeutic exercise*. Baltimore Williams and Wilkins, 1984:557-577
104. Twitchell T. The restoration of motor function following hemiplegia in man, *Brain*, 1951; 74: 443-480.
105. Dursun H, Özgül A. Tedavi Edici Egzersizler. Tıbbi Rehabilitasyon. 2.Baskı. (Ed: Oğuz H)'da. Nobel Tıp Kitabevi. 2005. 491-526.
106. Hummelsheim H, Maier-Loth ML, Eickhof C. The functional value of electrical muscle stimulation for the rehabilitation of the hand in stroke patients. *Scand J Rehabil Med*. 1997 Mar;29(1):3-10.
107. Özgirgin N. Üst ekstremitte ortezleri. In: Beyazova M, Gökçe Kutsal Y, eds. *Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon*. Güneş Kitabevi, 2000:990-999.

108. Takeuchi N, Izumi S. Rehabilitation with poststroke motor recovery: a review with a focus on neural plasticity. *Stroke Res Treat* 2013; 2013:128641.
109. Young JA, Tolentino M. Neuroplasticity and its applications for rehabilitation. *Am J Ther* 2011;18(1):70-80.
110. K. N. Arya, S. Pandian, R. Verma, and R. K. Garg, "Movement therapy induced neural reorganization and motor recovery in stroke: a review," *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, vol. 15, no. 4, pp. 528–537, 2011.
111. C. Enzinger, H. Dawes, H. Johansen-Berg et al., "Brain activity changes associated with treadmill training: after stroke," *Stroke*, vol. 40, no. 7, pp. 2460–2467, 2009.
112. J. M. Belda-Lois, S. Mena-del Horno, I. Bermejo-Bosch, et al., "Rehabilitation of gait after stroke: a review towards a top-down approach," *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, vol. 8, article 66, 2011.
113. O. Schuhfried, R. Crevenna, V. Fialka-Moser, and T. Paternostro-Sluga, "Non-invasive neuromuscular electrical stimulation in patients with central nervous system lesions: an educational review," *Journal of Rehabilitation Medicine*, vol. 44, no. 2, pp. 99–105, 2012.
114. N. Takeuchi and S. Izumi, "Noninvasive brain stimulation for motor recovery after stroke: mechanisms and future views," *Stroke Research and Treatment*, vol. 2012, Article ID 584727, 10 pages, 2012.
115. M. Franceschini, M. G. Ceravolo, M. Agosti, et al., "Clinical relevance of action observation in upper-limb stroke rehabilitation: a possible role in recovery of functional dexterity. A randomized clinical trial," *Neurorehabilitation and Neural Repair*, vol. 26, no. 5, pp. 456–462, 2012.
116. S. H. Jang, S. H. You, M. Hallett et al., "Cortical reorganization and associated functional motor recovery after virtual reality in patients with chronic stroke: an experimenter-blind preliminary study," *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 86, no. 11, pp. 2218–2223, 2005.
117. J. J. Daly and J. R. Wolpaw, "Brain-computer interfaces in neurological rehabilitation," *The Lancet Neurology*, vol. 7, no. 11, pp. 1032–1043, 2008.
118. Hallett M. Plasticity of the human motor cortex and recovery from stroke. *Brain Res Brain Res Rev* 36(2-3):169-174, 2001.

119. Akgün K, Akarırmak Ü. Klinik değerlendirme. In: Hasan Oguz, Erbil dursun, Nigar Dursun, eds. *Tıbbi Rehabilitasyon*. Nobel Tıp Kitabevi 2004:117-158.
120. Chen R, Cohen LG, Hallett M. Nervous system reorganization following injury. *Neuroscience* 111(4):761-773, 2002.
121. Calford MB. Dynamic representational plasticity in sensory cortex. *Neuroscience* 122(4):709-738, 2002.
122. Hess G, Aizenman CD, Donoghue JP. Conditions for the induction of long-term potentiation in layer II/III horizontal connections of the rat motor cortex. *J Neurophysiol* 75(5):1765-1778, 1996.
123. Hess G, Donoghue JP. Long-term depression of horizontal connections in rat motor cortex. *Eur J Neurosci* 8(4):658-665, 1996.
124. Halter JA, Carp JS, Wolpaw JR. Operantly conditioned motoneuron plasticity: possible role of sodium channels. *J Neurophysiol* 73(2):867-871, 1995.
125. Toni N, Buchs PA, Nikonenko I, Bron CR, Muller D. LTP promotes formation of multiple spine synapses between a single axon terminal and a dendrite. *Nature* 402(6760):421-425, 1999.
126. Boroojerdi B, Ziemann U, Chen R, Butefisch CM, Cohen LG. Mechanisms underlying human motor system plasticity. *Muscle Nerve* 24(5):602-613, 2001.
127. Cauraugh JH, Summers JJ. Neural plasticity and bilateral movements: A rehabilitation approach for chronic stroke. *Prog Neurobiol* 75(5):309-320, 2005.
128. Cicinelli P, Traversa R, Rossini PM. Post-stroke reorganization of brain motor output to the hand: a 2-4 month follow-up with focal magnetic transcranial stimulation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 105(6):438-450, 1997.
129. Traversa R, Cicinelli P, Bassi A, Rossini PM, Bernardi G. Mapping of motor cortical reorganization after stroke. A brain stimulation study with focal magnetic pulses. *Stroke* 28(1):110-117, 1997.
130. Nudo RJ, Milliken GW, Jenkins WM, Merzenich MM. Use-dependent alterations of movement representations in primary motor cortex of adult squirrel monkeys. *J Neurosci* 16(2):785-807, 1996.
131. Nudo RJ, Milliken GW. Reorganization of movement representations in primary motor cortex following focal ischemic infarcts in adult squirrel monkeys. *J Neurophysiol* 75(5):2144-2149, 1996.

132. Jenkins WM, Merzenich MM, Ochs MT, Allard T, Guic-Robles E. Functional reorganization of primary somatosensory cortex in adult owl monkeys after behaviorally controlled tactile stimulation. *J Neurophysiol* 63(1):82-104, 1990.
133. Chollet F, DiPiero V, Wise RJ, Brooks DJ, Dolan RJ, Frackowiak RS. The functional anatomy of motor recovery after stroke in humans: a study with positron emission tomography. *Ann Neurol* 29(1):63-71, 1991.
134. Brandstater M. İnme Rehabilitasyonu. Ed: Delisa JA, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon, İlkeler ve Uygulamalar (Çev. Ed:Arasıl M) s.1655-1675, Günes Kitabevi, Ankara, 2007.
135. Nudo RJ, Plautz EJ, Frost SB. Role of adaptive plasticity in recovery of function after damage to motor cortex. *Muscle Nerve* 24(8):1000-1019, 2001.
136. Johansson BB. Brain plasticity and stroke rehabilitation. The Willis lecture. *Stroke* 31(1):223-230, 2000.
137. Deutsch JE. Virtual reality and video games for stroke rehabilitation. In: Stein J, Harvey RL, Winstein CJ, Zorowitz RD, eds. *Stroke recovery and rehabilitation*. 2nd ed. New York: Demos Medical Publishing; 2015. p. 374-83.
138. Gigante MA. Virtual reality: Enabling technologies. Earnshaw RA, Gigante MA, Jones H, eds. *Virtual Reality Systems*. 1st ed. London: Academic Press; 2014. p.15-29.
139. Weiss PL, Rand D, Katz N, Kizony R. Video capture virtual reality as a flexible and effective rehabilitation tool. *J Neuroeng Rehabil* 2004;1(1):12.
140. Holden M. Virtual environments for motor rehabilitation: review. *Cyberpsychol Behav* 2005;8(3):187-211.
141. Holden MK., Dyar T. Virtual environment training: a new tool for neurorehabilitation. *Neurol Rep* 2002;26:62-71.
142. Lanningham-Foster L, Foster RC, McCrady SK, Jensen TB, Mitre N, Levine JA. Activitypromoting video games and increased energy expenditure. *J Pediatr* 2009;154(6):819-23.
143. Burdea G. Virtual rehabilitation-benefits and challenges. *Methods Inf Med*. 2003;42(5):519-23.
144. Riener, R., & Harders, M. (2012). Virtual Reality for Rehabilitation *Virtual Reality in Medicine* (pp. 161-180): Springer

- 145.** Lewis GN, Rosie JA. Virtual reality games for movement rehabilitation in neurological conditions: how do we meet the needs and expectations of the users? *Disabil Rehabil* 2012;34(22):1880-6.
- 146.** Levac D, Miller P, Missiuna C. Usual and virtual reality video game-based physiotherapy for children and youth with acquired brain injuries. *Phys Occup Ther Pediatr* 2012;32(2):180-95.
- 147.** Taylor MJ, McCormick D, Shawis T, Impson R, Griffin M. Activity-promoting gaming systems in exercise and rehabilitation. *J Rehabil Res Dev*, 2011; 48 (10): 1171-86.
- 148.** Li, W., Zhang, Z., & Liu, Z. (2010). *Action recognition based on a bag of 3d points*. Paper presented at the Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), 2010 IEEE Computer Society Conference on.
- 149.** Ren, Z., Yuan, J., & Zhang, Z. (2011). *Robust hand gesture recognition based on finger-earth mover's distance with a commodity depth camera*. Paper presented at the Proceedings of the 19th ACM international conference on Multimedia.
- 150.** Velardo, C., & Dugelay, J.-L. (2011). *Real time extraction of body soft biometric from 3d videos*. Paper presented at the Proceedings of the 19th ACM international conference on Multimedia.
- 151.** Sidik, M., Sunar, M., Ismail, I., Mokhtar, M., "A Study on Natural Interaction for Human Body Motion using Depth Image Data". Workshop on Digital. Media and Digital Content Management, UTM ViCubeLab, Department of Computer Graphics and Multimedia Faculty of Computer Science and Information System, Universiti Teknologi Malaysia, 26, 97-102, Malaysia, (2011).
- 152.** Bohanan RW, Smith MB. Interrater reliability of Modified Ashworth Scale of muscle spasticity. *Phys Therapy* 1987; 67:206-207.
- 153.** Fugl Meyer AR, Jaasko L, Leyman I. The post stroke hemiplegic patient. *Scand J Rehabil Med* 1975; 7: 13-31.
- 154.** Delisa JA. *Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon İlkeler ve Uygulamalar*. 4. Baskı, Ankara: Öncü Basımevi, 2007; 1655-1676.
- 155.** Brunnstrom S. Motor testing procedures in hemiplegia: Based on sequential recovery stages. *Phys Ther* 1966; 46: 357-75.

- 156.** Taub E, Miller NE, Novack TA, Cook EWI, Fleming WC, Nepomuceno CS. Technique to improve chronic motor deficit after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 1993; 74: 347-354.
- 157.** Miltner WH, Bauder H, Sommer M, Dettmers C, Taub E. Effects of constraints-induced movement therapy on patients with chronic motor deficits after stroke: a replication. *Stroke* 1999;30:586-592.
- 158.** Sin H, Lee G. Additional Virtual Reality Training Using Xbox Kinect in Stroke Survivors with Hemiplegia. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2013;92(10):871-80 10.1097/PHM.0b013e3182a38e40.
- 159.** Sonel B, Tuncer S, Süldür N. İnmeli Hastalarda Üst Ekstremitte ve El Fonksiyonlarının Değerlendirilmesi. *Türkiye Fiziksel Tıp Dergisi* 2001. 47 (3). 38-43.
- 160.** Langhorne P, Wagenaar R, Partridge C. Physiotherapy after stroke: more is better? *Physiotherapy research international : the journal for researchers and clinicians in physical therapy*. 1996;1(2):75-88.
- 161.** Jang SH, You SH, Hallett M, Cho YW, Park CM, Cho SH, et al. Cortical reorganization and associated functional motor recovery after virtual reality in patients with chronic stroke: an experimenter-blind preliminary study. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2005;86(11):2218-23.
- 162.** Huber M, Rabin B, Docan C, Burdea G, AbdelBaky M, Golomb M. Feasibility of modified remotely monitored in-home gaming technology for improving hand function in adolescents with cerebral palsy. *IEEE Trans Inf Technol Biome*, 2010; 142: 526–34.
- 163.** Wille D, Eng K, Holper L, Chevrier E, Hauser Y, Kiper D. Virtual reality-based paediatric interactive therapy system (PITS) for improvement of arm and hand function in children with motor impairment-a pilot study. *Dev Neurorehabil*, 2009; 121: 44-52.
- 164.** Burdea GC, Cioi D, Kale A, Janes WE, Ross SA, Engsberg JR. Robotics and gaming to improve ankle strength, motor control, and function in children with cerebral palsy: a case study series. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 2013; 21 (2): 165–73.
- 165.** Mouawad MR, Doust CG, Max MD, McNulty PA. Wii-based movement therapy to promote improved upper extremity function post-stroke: a pilot study. *Journal of rehabilitation medicine*. 2011;43(6):527-33.

- 166.** Yong Joo L, Soon Yin T, Xu D, Thia E, Pei Fen C, Kuah CW, et al. A feasibility study using interactive commercial off-the-shelf computer gaming in upper limb rehabilitation in patients after stroke. *Journal of rehabilitation medicine*. 2010;42(5):437-41.
- 167.** Lee G. Effects of training using video games on the muscle strength, muscle tone, and activities of daily living of chronic stroke patients. *Journal of physical therapy science*. 2013;25(5):595-7.
- 168.** Piron L, Turolla A, Agostini M, Zucconi C, Cortese F, Zampolini M, et al. Exercises for paretic upper limb after stroke: a combined virtual-reality and telemedicine approach. *Journal of rehabilitation medicine*. 2009;41(12):1016-102.
- 169.** Yavuzer G, Senel A, Atay MB, Stam HJ. "Playstation eyetoy games" improve upper extremity-related motor functioning in subacute stroke: a randomized controlled clinical trial. *European journal of physical and rehabilitation medicine*. 2008;44(3):237-44.
- 170.** Kuttuva M, Boian R, Merians A, et al: The Rutgers Arm, a rehabilitation system in virtual reality: A pilot study. *Cyberpsychol Behav* 2006;9:148Y51.
- 171.** Turolla A, Dam M, Ventura L, Tonin P, Agostini M, Zucconi C, et al. Virtual reality for the rehabilitation of the upper limb motor function after stroke: a prospective controlled trial. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. 2013;10:85.
- 172.** Housman SJ, Scott KM, Reinkensmeyer DJ: A randomized controlled trial of gravity-supported, computer-enhanced arm exercise for individuals with severe hemiparesis. *Neurorehabil Neural Repair* 2009;23:505Y14.
- 173.** Saposnik G, Teasell R, Mamdani M, et al: Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in stroke rehabilitation: A pilot randomized clinical trial and proof of principle. *Stroke* 2010;41: 1477Y84
- 174.** Basser PJ, Pierpaoli C. A simplified method to measure the diffusion tensor from seven MR images. *Magn Reson Med*, 1998; 39: 928-34.
- 175.** Kalra L. Stroke rehabilitation. In: Pathy MSJ, Morley JE, Sinclair A, eds. *Principles and Practice of Geriatric Medicine*. 4th ed. Chichester, UK: John Wiley, 2005: 849-58.

- 176.** Kleim JA, Jones TA: Principles of experiencedependent neural plasticity: implications for rehabilitation after brain damage. *J Speech Lang Hear Res* 2008;51:225Y39
- 177.** Trivedi R, Gupta RK, Shah V, Tripathi M, Rathore RKS, Kumar M. Treatment-induced plasticity in cerebral palsy: a diffusion tensor imaging study. *Pediatr Neurol*, 2008; 39 (5): 341–9.
- 178.** Kim JH, Kwon YM, Son SM. Motor function outcomes of pediatric patients with hemiplegic cerebral palsy after rehabilitation treatment: a diffusion tensor imaging study. *Neural Regen Res*, 2015; 10 (4): 624–30.
- 179.** Wang, C., Stebbins, G.T., Nyenhuis, D.L., deToledo-Morrell, L., Freels, S., Gencheva, E., Sripathirathan, K., Moseley, M.E., Turner, D.A., Gabrieli, J.D., Gorelick, P.B., 2006. Longitudinal changes in white matter following ischemic stroke: a three-year follow-up study. *Neurobiol. Aging* 27, 1827–1833.
- 180.** You SH, Jang SH, Kim YH, Hallett M, Ahn SH, Kwon YH. Virtual reality-induced cortical reorganization and associated locomotor recovery in chronic stroke: an experimenter-blind randomized study. *Stroke*, 2005;36 (6): 1166–71.
- 181.** You SH, Jang SH, Kim Y-H, Kwon Y-H, Barrow I, Hallett M. Cortical reorganization induced by virtual reality therapy in a child with hemiparetic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 2005; 47 (9): 628–35.
- 182.** Golomb MR, McDonald BC, Warden SJ, Yonkman J, Saykin AJ, Shirley B. In-home virtual reality videogame telerehabilitation in adolescents with hemiplegic cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil*, 2010; 9 (1): 1–8.
- 183.** Murakami A, Morimoto M, Yamada K, Kizu O, Nishimura A, Nishimura T. Fiber-tracking techniques can predict the degree of neurologic impairment for periventricular leukomalacia. *Pediatrics*, 2008; 122 (3): 500–6.