

T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
RADYOLOJİ ANABİLİM DALI

BOTULİNUM TOKSİN A ENJEKSİYONU YAPILAN
SEREBRAL PALSİLİ ÇOCUKLARDA KAS SERTLİĞİNİN
SHEAR WAVE ELASTOGRAFİ İLE KANTİTATİF
DEĞERLENDİRİLMESİ

UZMANLIK TEZİ
Dr. NURULLAH DAĞ

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. SUNA ÖZHAN OKTAR

ANKARA
KASIM 2019

T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
RADYOLOJİ ANABİLİM DALI

BOTULİNUM TOKSİN A ENJEKSİYONU YAPILAN
SEREBRAL PALSİLİ ÇOCUKLARDA KAS SERTLİĞİNİN
SHEAR WAVE ELASTOGRAFİ İLE KANTİTATİF
DEĞERLENDİRİLMESİ

UZMANLIK TEZİ
Dr. NURULLAH DAĞ

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. SUNA ÖZHAN OKTAR

ANKARA
KASIM 2019

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince bilgi, deneyim ve desteklerini esirgemeyen hocalarım Prof. Dr. Erhan T. ILGIT, Prof. Dr. E. Turgut TALI, Prof. Dr. Mehmet ARAÇ, Prof. Dr. Öznur L. BOYUNAĞA, Prof. Dr. Cem YÜCEL, Prof. Dr. A. Baran ÖNAL, Prof. Dr. Nil TOKGÖZ, Prof. Dr. A. Yusuf ÖNER, Prof. Dr. Serap GÜLTEKİN, Doç. Dr. Gonca ERBAŞ, Doç. Dr. Koray KILIÇ, Doç. Dr. Murat UÇAR, Doç. Dr. M. Koray AKKAN, Öğr. Gör. Dr. Emetullah CİNDİL, Öğr. Gör. Dr. Halit N. ŞENDUR, Öğr. Gör. Dr. İsmail AKDULUM'a; birlikte çalıştığım tüm asistan arkadaşlarıma ve bölüm çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Gerek uzmanlık eğitimim boyunca gerekse tezimin hazırlanması aşamasında sağladığı destek için tez danışmanım, sayın Prof. Dr. Suna ÖZHAN OKTAR'a saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam boyunca ilgi, destek ve yardımını hiç esirgemeyen sayın Prof. Dr. Murat ZİNNUROĞLU'na saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin tüm aşamalarında birlikte çalıştığım Öğr. Gör. Dr. Mahi Nur CERİT ve Dr. Bilge Nur KILINÇ'a emeklerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her aşamasında gösterdikleri sevgi ve destekle yanımda olan, bu günlere gelmemde en büyük pay sahibi canım aileme teşekkürlerimi sunarım.

Varlığıyla bana destek olan, güç veren, sevgi dolu kalbini hep yanımda hissettiğim sevgili eşim Şüheda Rumeysa'ya ve gülücükleri her şeye bedel biricik kızım Sare'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Dr. Nurullah DAĞ

ANKARA 2019

KISALTMALAR

ARFI: Akustik Radyasyon Force Impuls

BoNT-A: Botulinum toksin A

dB/m: desibel/metre

DF: Dorsifleksiyon

EBSS: El Becerileri Sınıflandırma Sistemi

EMG: Elektromyografi

GK: Gastroknemius

KMFSS: Kaba Motor Fonksiyon Sınıflama Sistemi

kPa: Kilopaskal

m/s: metre/saniye

MAS: Modifiye Ashworth Skalası

MTS: Modifiye Tardieu Skalası

PF: Plantar fleksiyon

SP: Serebral palsy

SWE: Shear Wave Elastografi

TA: Tibialis anterior

US: Ultrasonografi

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
KISALTMALAR.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
TABLolar	v
ŞEKİLLER.....	vi
GRAFİKLER	vii
1. GİRİŞ ve AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Sonoelastografi.....	3
2.1.1. Tarihçe	3
2.1.2. Temel kavramlar	4
2.1.3. Sonoelastografi teknikleri.....	6
2.1.3.1. Strain Elastografi	6
2.1.3.2. Akustik Radyasyon Force Impuls (ARFI) elastografi	7
2.1.3.3. Shear wave elastografi	7
2.1.3.4. Transient (Vibrasyon) Elastografi.....	9
2.1.4. Sonoelastografide kısıtlamalar	9
2.1.5. Serebral palside sonoelastografi uygulamaları.....	10
2.2. Serebral Palsi	12
2.2.1. Tanım ve Tarihçe.....	12
2.2.2. Epidemiyoloji.....	12
2.2.3. Etiyoloji ve risk faktörleri	13
2.2.4. Sınıflandırma	14
2.2.5. SP tipleri	15
2.2.5.1. Spastik tip SP	15
2.2.5.2. Diskinetik tip SP.....	16
2.2.5.3. Ataksik tip SP.....	17
2.2.5.4. Mikst tip SP.....	17
2.2.6. Motor fonksiyonların sınıflandırılması.....	17
2.2.7. Tanı ve ayırıcı tanı.....	19
2.2.8. Eşlik eden problemler.....	19
2.2.9. Kas spastisitesinin değerlendirilmesi	20

2.2.10. Tedavi yöntemleri	22
2.2.11. Botulinum toksin A enjeksiyonu	23
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	24
3.1. Çalışma tasarımı ve kapsamı.....	24
3.2. İnceleme tekniği ve değerlendirme	24
3.3. İstatiksel analiz.....	28
4. BULGULAR.....	29
5. TARTIŞMA	35
6. SONUÇ	44
7. KAYNAKLAR.....	45
8. ÖZET	50
9. SUMMARY	52
10. ÖZGEÇMİŞ.....	54

TABLÖLAR

Tablo 1. Sonoelastografi teknikleri	6
Tablo 2. Serebral palsi risk faktörleri	14
Tablo 3. Serebral palsi sınıflandırması	15
Tablo 4. Kaba motor fonksiyonel sınıflama sistemi	18
Tablo 5. El becerileri sınıflandırma sistemi	18
Tablo 6. Serebral palse eşlik eden problemler	20
Tablo 7. Modifiye Ashworth skalası	21
Tablo 8. Modifiye Tardieu skalası	21
Tablo 9. Serebral palsi tedavi yöntemleri	22
Tablo 10. Serebral Palsili hastaların cinsiyet, yaş, BKİ ve bazı özelliklerinin dağılımı	29
Tablo 11. Serebral Palsili hastalarda BoNT A enjeksiyonu öncesi ve sonrası medial GK kası SWE ölçümlerinin karşılaştırılması	30
Tablo 12. Serebral Palsili hastalarda GK kasına BoNT A enjeksiyonu öncesi ve sonrası TA kası SWE ölçümlerinin karşılaştırılması	31
Tablo 13. Serebral Palsili hastalarda BoNT A enjeksiyonu öncesi ve sonrası MAS seviyelerinin karşılaştırılması	31
Tablo 14. Serebral Palsili hastalarda BoNT A enjeksiyonu öncesi ve sonrası MTS düzeylerinin karşılaştırılması	32
Tablo 15. Serebral Palsili hastalarda medial GK kası SWE ölçümleri ile MAS skorları ile MTS parametrelerinin korelasyonu	33
Tablo 16. Serebral Palsili hastalarda BoNT A enjeksiyonu öncesi ve sonrası medial GK kası SWE ölçüm farkının TA, MAS ve MTS ölçüm farklarıyla korelasyonu	34

ŞEKİLLER

Şekil 1. Uygulanan kuvvet ile dokuda meydana gelen şekil değişikliği	4
Şekil 2. ARFI kullanılarak shear dalgaları üretimi	9
Şekil 3. SWE ile medial GK kası değerlendirmede hasta ve transducer pozisyonu	26
Şekil 4. BoNT-A enjeksiyonu öncesi medial GK kası sertliğinin SWE ile kPa cinsinden ölçümü	26
Şekil 5. Üç ayrı olgunun BoNT-A enjeksiyonu öncesi ve sonrası medial GK kası SWE görüntüleri	27

GRAFİKLER

- Grafik 1.** Serebral Palsili hastalarda BoNT A enjeksiyonu öncesi ve sonrası medial GK kası SWE ölçümlerine ait kutu çizgi grafiği 30
- Grafik 2.** Medial GK kası SWE ölçümleri, MAS skorları ve MTS parametreleri saçılım grafiği matrisi 33

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Serebral palsy (SP), gelişmekte olan beyinde meydana gelen hasar sonucu hareket ve duruş bozukluğu ile seyreden, ilerleyici olmayan, üst motor nöron hastalığıdır [1]. Prevelansı ortalama 1000 canlı doğumda 2-3 olarak bildirilmiştir [2]. Etiyolojisi multifaktöriyel olmakla beraber, etken sıklıkla prenatal dönemde görülmektedir [3].

Spastik SP, serebral palside en sık görülen alt tiptir. Spastisite ile istemli hareketlerin etkilenmesi ile başlayan, eklem kontraktürleri ve postür bozukluğuna kadar ilerleyebilen kas iskelet sistemi patolojileri ortaya çıkmaktadır. Spastisitenin erken tanı ve tedavisi, hastanın mevcut durumunu korumak ve fonksiyonel kapasitesini arttırmak açısından oldukça önemlidir [2, 4].

Modifiye Ashworth skalası (MAS) ve modifiye Tardieu skalası (MTS) klinik olarak spastisite ölçümü amacıyla kullanılan yöntemlerdir. SP'li çocuklarda MTS'nin daha güvenilir olduğu belirten yayınlar bulunmaktadır. Ancak her iki skalanın subjektif değerlendirme sağlaması, gözlemci içi ve gözlemciler arası güvenilirliği konusunda farklı sonuçlar ortaya çıkmasına yol açmaktadır [5-8].

Botulinum toksin A (BoNT-A), SP spastisite tedavisinde sık kullanılan, etkili ve güvenilir bir tedavi yöntemidir. Nöromusküler kavşakta asetilkolin salınımını inhibe ederek, kimyasal denervasyon ile fokal geçici paralizi oluşumuna neden olur. Hasta yaşı, uygulama dozu ve tekrar süresi tedavinin etkinliğini belirleyen önemli parametrelerdir [9, 10].

Shear wave elastografi (SWE), doku elastisitesini niceliksel olarak ölçmeyi sağlayan bir tekniktir [11]. Spastisite ile kas sertliği arasındaki mekanizma net

değildir ancak uzun süreli hipertoni ile kas yapısında meydana gelen değişikliklerin, pasif kas sertliğini arttırdığı düşünülmektedir. SWE’de spastik kasa yönelik uygulanan itici puls kuvveti (ARFI) ile kas dokuda uygulanan pulsa dik, transvers yönde yayılan shear dalga oluşturulur. Dokuların sertlik dereceleri ile değişen bu dalga hızlarının, metre/saniye (m/s) veya kilopaskal (kPa) cinsinden ölçülmesi ile kas spastisitesi hakkında dolaylı olarak bilgi edinilir [12, 13].

Bu çalışmanın amacı, spastik tip SP’li çocuklarda BoNT-A enjeksiyonu öncesi ve sonrasında medial gastroknemius (GK) kası sertliği SWE yöntemi ile ölçülerek, tedavi etkinliğini değerlendirmede MAS ve MTS ile korelasyonunu araştırmaktır; ayrıca GK spastisitesine yönelik tedavinin, antagonisti olan anterior tibial (TA) kas elastisitesinde nasıl bir değişikliğe neden olduğunu SWE ile göstermektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Sonoelastografi

2.1.1. Tarihçe

Palpasyon, temel fizik muayene yöntemlerinden olup eski bir tanı tekniğidir. Patolojik dokuların anormal mekanik özelliklerini saptamada çok eski zamanlardan beri kullanılmaktadır. Bilinen en eski tıbbi dökümanlardan olan Edwin Smith Cerrahi Papirüsleri'nde m.ö. 2000 yıllarında palpasyondan bahsedilmektedir. Benzer şekilde geleneksel Çin tıbbına ait bilgiler veren yazıtlarda, m.ö. 500 yıllarında palpasyonun önemi belirtilmektedir. Batı tıbbında ise palpasyonun 1930'lara kadar saygın bir yer edinmemesi hayret verici bir durumdur. Ancak 20. yy ortalarından günümüze kadar doku elastikiyetinin tanı koymada oldukça yararlı bilgiler vermesinden dolayı, palpasyon etkili bir yöntem olarak kullanılmaktadır [11, 14].

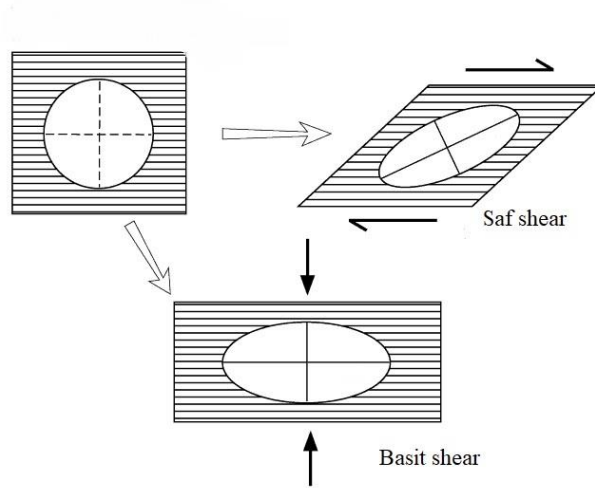
Palpasyon, rutin pratikte vazgeçilmez bir yöntem olmakla beraber bazı kısıtlamalar içermektedir. Erişilebilir organlarla sınırlı olması, az sayıda hastalık tespiti ve yorumlanmasında kişi bağımlı olması tanıda zorluklara yol açabilmektedir. Ultrason elastografi bu limitasyonları aşmayı hedefleyen, dokuların mekanik özellikleri hakkında bilgi veren noninvaziv bir görüntüleme yöntemidir. Sesin neden olduğu basınca karşı dokuda meydana gelen direncin değerlendirilmesi ve buna bağlı oluşan doku değişikliklerinden görüntü oluşturulması temeline dayanır. Lezyonların erken tanısı ve ayırıcı tanısında yardımcı olmasının yanı sıra bazı hastalıkların şiddetinin belirlenmesi ve tedavi yanıtını değerlendirmede oldukça yararlı bilgiler vermektedir [11].

Elastografide medikal amaçlı ilk çalışmalar 1970 ve 1980 yıllarında Kit Hill tarafından yapılmıştır. Dokuların hareketlerini sınıflandırmasının yanı sıra “uzak

palpasyon” kavramını tanımlayarak, bunu harici akustik bir kuvvete karşı oluşan doku tepkisi olarak tanımlamıştır. Elastografinin cihaz bazında gelişimi ise 1980’lerin sonunda Ophir ve arkadaşlarının deneysel uygulamalarına dayanmaktadır [15].

2.1.2. Temel kavramlar

Dokunun uygulanan kuvvete karşı gösterdiği deformasyon (şekil değişikliği), palpasyonda hissedilen duyudur. Sonoelastografide de aynı durum geçerlidir. Dokuda deformasyona neden olan kuvvet shear olarak tanımlanır. İki tip shear kuvvet tanımlanmıştır. “Basit shear” dokunun hacminde belirgin bir değişiklik olmadan itilme şeklinde oluşan şekil değişikliğidir (Şekil 1). “Saf shear” tüm yüzeye uygulanan kompresyona bağlı boyda kısalma ve horizontal planda genişleme şeklinde olan deformasyondur (Şekil 1). Uygulanan kuvvete karşı dokularda bu iki tip değişiklik beraber meydana gelmektedir.



Şekil 1. Uygulanan kuvvet ile dokuda meydana gelen şekil değişikliği

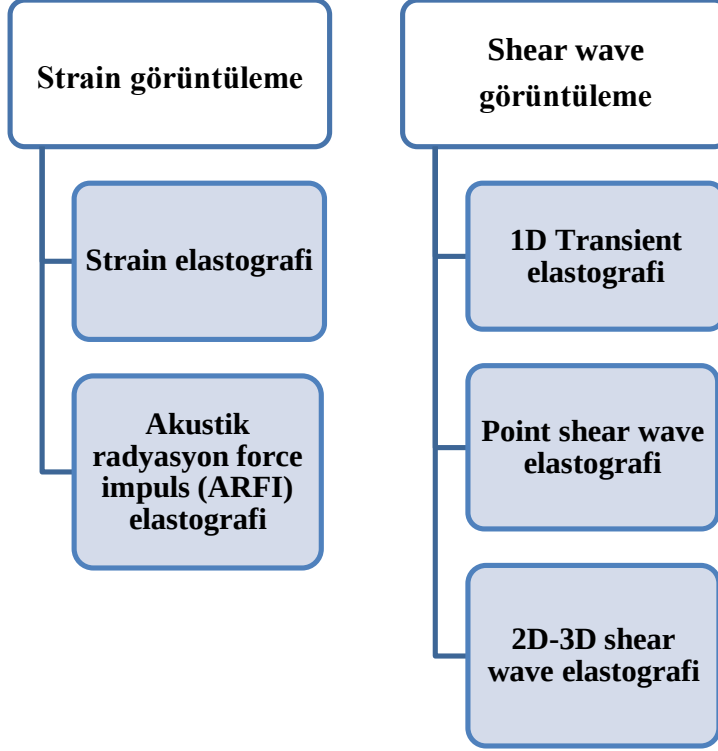
Dokuların şekil değişikliği, esneklik ve sertliklerini belirleyen “Young modulus” (E) ve “shear modulus” (G) katsayılarına bağlı olarakta değişmektedir.

Sırasıyla kompresyon ve shear wave yöntemleri aracılığıyla oluşan dokuların şekil değişikliği, bu katsayılar ile hesaplanır. Young modülü (E) Hooke kuralına göre eksternal stres (σ) değerinin, dokunun strain (ϵ) değerine oranından ($E=\sigma/\epsilon$) bulunabilir. Shear modülü ise $E=2(1+\nu) G$ formülü ile hesaplanır. E doku elastisitesini, ρ doku dansitesini (kg/m^3), c ise shear wave hızını (m/s) ifade eder. ν Poisson oranı olup, yumuşak dokularda yaklaşık 0,5 olduğu kabul edilmektedir [11].

Ultrasonografide kullanılan temel dalgalar, doku yüzeyinde değişiklik oluşturmaksızın longitudinal düzlemde ilerleyerek, dokuda vertikal planda partikül hareketi oluşturmaktadır. Longitudinal ses dalgasının doku içerisindeki ilerleme hızını, dokunun yoğunluğu ve elastisite katsayısı (K) belirler. Doku yüzeyinde şekil değişikliğine neden olan ses dalgaları ise transvers planda hareket eder. Transvers dalgaların hızını ise doku yoğunluğu ve “shear modulus” katsayısı (G) etkiler. Dokuların elastisite katsayısı (K), “shear modulus” (G) katsayısından oldukça büyüktür. Bunun sonucunda transvers düzlemde seyreden “shear” dalgalar, longitudinal düzlemde ilerleyen ultrason dalgalarına göre yaklaşık 10^3 kez daha yavaş hareket ederler.

Sonoelastografi, dokuya kuvvet uygulayarak oluşan yanıtı ölçmek ve görüntülemek üzerine geliştirilmiştir. Strain (kompresyon) elastografi, akustik radyasyon force (ARFI) elastografisi, shear-wave ve transient elastografi bu amaçla kullanılan yöntemlerdir (Tablo 1) [11, 16, 17].

Tablo 1. Sonoelastografi teknikleri



2.1.3. Sonoelastografi teknikleri

2.1.3.1. Strain Elastografi

Strain elastografi klinik pratikte ilk kullanılan ve ticari olarak en yaygın tekniktir. Görüntüleme için prob aracılığı ile vücut yüzeyinden uygulanan basınçtan yararlanır. Ayrıca vasküler pulsasyon ve solunumsal hareketlere ikincil oluşan basınç etkisinden de yararlanılabilir. Sonuç olarak eksternal veya internal yöntemlerle elde edilen basınç değişikliklerinin, dokuda oluşturacağı deformasyon, gerçek zamanlı ölçülerek görüntüleme sağlanır. Kompresyon ortadan kalktığında dokudan alınan yer değiştirme bilgisi, konvansiyonel B-mod görüntüler ile birleştirilerek “elastogram” görüntüleri, yani yer değiştirme dağılım haritası, elde edilir. Hesaplama, longitudinal ekseninde yani kompresyon-dekompresyon uygulama düzleminde yapılır [11, 14, 17].

Verilerin görüntülenmesinde renk veya gri-skala haritaları kullanılmaktadır. Cihazlar arası farklılık göstermekle birlikte renk haritalarında en sert doku mavi, en yumuşak doku kırmızı ve ara sertlikteki dokular sarı-yeşil olacak şekilde kodlanır. Oluşan renklerin ton ve desenleri skorelama sistemleri kullanılarak görsel olarak derecelenir. Değerlendirmenin objektif olabilmesi açısından farklı dokular için farklı skorelama sistemleri kullanılmalıdır. Klinik pratikte Ueno skorelaması sıklıkla kullanılan bir sistemdir [16, 18].

Strain elastografide kullanılan diğer yöntem strain oranı (strain ratio) hesaplanmasıdır. Elastogram görüntülerinde değerlendirilmek istenen doku ile referans dokuya (sıklıkla cilt altı yağ doku) yerleştirilen ROI değerleri orantılanır. Bu yöntem ile yarı-kantitatif bir değerlendirme yapmak mümkündür [11].

2.1.3.2. Akustik Radyasyon Force Impuls (ARFI) elastografi

ARFI, alternatif bir strain görüntüleme yöntemidir. Kısa süreli ve güçlendirilmiş US dalgaları kullanılarak doku deformasyonu sağlanır. Doku uyarılmadan önceki referans görüntü ile uyarıldıktan sonraki görüntüler karşılaştırılarak oluşan şekil değişikliği değerlendirilir. Oluşturulan gri skala haritası, doku sertliğinin kalitatif bilgisini verir [19, 20].

2.1.3.3. Shear wave elastografi

Shear wave elastografi, doku elastisitesinin, niceliksel olarak ölçülmesini sağlayan, operatör bağımlılığının minimal olduğu bir tekniktir. Strain elastografide eksternal veya internal yolla uygulanan kompresyon yerine, dokuya itici puls kuvveti (acoustic radiation force impulse-ARFI) uygulanmaktadır. Bu kuvvet dokuda yer değişimine yol açarak, uygulanan pulsa dik, transvers düzlemde yayılan “shear wave” oluşumuna neden olur (Şekil 2). Shear dalgalarının hızı doku sertliği ile

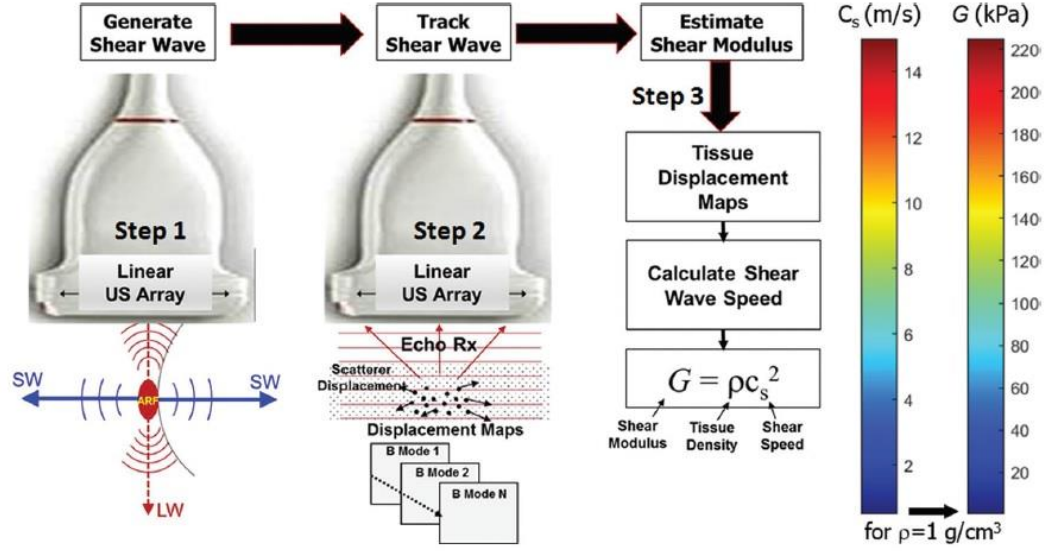
doğru orantılı değişmektedir. Ayrıca longitudinal ekseninde hareket eden ultrason dalgalarına göre hızları 10^3 kat daha yavaş iken, atenuasyonları 10^4 kat daha hızlıdır [11, 21].

Shear wave elastografide prob kompresyonun hafif derecede olmalısı yeterlidir. Bu durum strain elastografinin aksine operatör değişkenliğini ortadan kaldırmıştır. Yani shear dalgalarının dokuda ilerleme hızı en önemli değişkendir. SWE'nin objektif olması ve kantitatif veri sağlaması, dokuların sertlik derecesiyle değişen shear dalga hızlarının ölçülmesi ile mümkün olmaktadır [22, 23].

Konvansiyonel B-mod görüntüler ile birleştirilerek oluşturulan renkli elastogram üzerinde ilgilenilen bölgeden ROI ile ölçüm yapılır. Renk skalası mavi yumuşak dokuyu, kırmızı sert dokuyu gösterir şeklindedir. Değerler m/sn olarak shear dalga hızı veya kPa olarak Young modülü şeklinde verilir [24].

Dokuya uygulanan itici puls kuvveti (ARFI) tek bir bölgeye ("point shear wave") uygulanabileceği gibi eşzamanlı birden fazla bölgeye de ("supersonic shear imaging") uygulanabilir. Point shear wave elastografide, gri skala kılavuzluğunda renkli haritalama yapılmaksızın kantitatif veri elde edilir ancak ölçüm fokal bir alanı ilgilendirdiğinden hasta veya uygulayıcı kaynaklı nedenler ile başarısızlık olasılığı yüksektir. İki boyutlu (2D) SWE'de eşzamanlı birden fazla bölge uyarılarak çok sayıda shear dalga ölçümü yapılır. B modu görüntü ile birleştirilen gerçek zamanlı doku sertliği renk haritaları oluşturulur. Bu sayede kullanıcının anatomik yapıları da görerek kantitatif veri elde etmesine olanak sağlanmış olur [25, 26]. GE diğer firmalardan farklı olarak "comb push" adı verilen tekniği kullanır. Bu teknikte ARFI dalgaları ile oluşturulmuş farklı yönlerdeki shear dalgalarının ölçüm noktasına ulaşma süreleri ayrı ayrı hesaplanır [27]. Üç boyutlu (3D) SWE yöntemi ise tek bir firmada (SuperSonic Imagine Aixplorer™) mevcuttur.

Doku sertliği hakkında daha ayrıntılı kantitatif bilgi sağlanması hedeflenmektedir [28].



Şekil 2. ARFI kullanılarak, primer US dalgasına dik olarak daha düşük bir hızda yayılan shear dalgaları üretilir. Uygulanan kuvvete bağlı dokuda oluşan yer değişikliği hesaplanır. Shear dalganın hızı ve shear modulus hesaplaması dokudaki yer değişikliğinin ölçümü ile yapılır [29].

2.1.3.4. Transient (Vibrasyon) Elastografi

Shear dalgaları kullanılan ilk ticari yöntem FibroScan™ (Echosens, Paris, France)'dir. Transient elastografi, karaciğer parankimi ve lezyonlarının değerlendirilmesinde kullanılır. Prob ile uygulanan mekanik kuvvet yardımı ile kPa veya dB/m cinsinden elastisite değerleri ölçülür. Gri skala görüntüleme bilgisi içermeyen tek boyutlu bir incelemedir [20, 30].

2.1.4. Sonoelastografide kısıtlamalar

Elastografi yöntemlerinin çeşitliliği ve teknik algoritmaları temel problemlerin başında gelmektedir. Bu sebeple kullanılan cihaz ve teknik ile ortaya çıkacak kısıtlamalar ve artefaktlar farklılık göstermektedir [15]. Sistemsel çeşitlilik

ve incelemelerde standardizasyon sağlanmamış olması, yapılan ölçümlerde farklılıklar olmasına ve cihazlar arası karşılaştırmalarda zorluklara yol açar. Ayrıca ultrasonografi temelli bir inceleme olduğundan gölgeleme, reverberasyon ve operatöre bağımlılık gibi genel durumlar sonoelastografi için de geçerlidir [20, 24]. İncelenen doku ve komşuluğundaki homojenite, elastografi görüntüsünü etkileyen bir durumdur. Kas iskelet sistemi incelemelerinde yağ, tendon, kemik, kas ve büyük vasküler yapılar gibi farklı dokuların aynı çerçevede varlığı problem olabilmektedir [15].

Elastografi ile kas sertliği gösterilebilir. Fakat kas yapısı ile sertlik arasındaki ilişkinin yanı sıra kas fonksiyonu ve sertlik arasındaki ilişkinin araştırılması zordur ve biyoloji, biyomekanik, biyofizik ve klinik deneyim dahil olmak üzere multidisipliner bir yaklaşım gerektirir [24]. İncelenen kasın aktivitesinin ölçümlerde farklılık gösterebilmesinin yanında, hastanın ve probun pozisyonuna göre ya da gözlemci içi ve gözlemciler arasında önemli farklılıklar olabildiği akılda tutulmalıdır.

Shear wave elastografide prob ile dokuya kompresyon yapılmamasına dikkat edilmelidir. Aksi takdirde incelenen dokuda yalancı pozitif sonuçlara yol açabilmektedir [31]. Ayrıca anizotropi, kaslarda incelemeyi olumsuz etkileyeceğinden, prob oryantasyonu farklı kasları değerlendirirken hep aynı planda olmalıdır [21, 32].

2.1.5. Serebral palside sonoelastografi uygulamaları

Sonoelastografi teknolojisinde yaşanan gelişmeler ile kullanım alanı ve değerlendirilen sistem çeşitliliği oldukça artmıştır. Ultrasonografik temelli inceleme olmasının avantajları olan kolay ulaşılabilirlik, düşük maliyet, tetkik

süresinin kısalığı ve eş zamanlı karşı taraf ile karşılaştırma yapabilme özelliği, sonoelastografinin kas iskelet sistemi değerlendirmelerinde kullanımını kolaylaştırmaktadır [21, 33].

Serebral palside sonoelastografik olarak gastroknemius kası ve aşıl tendonuna yönelik çalışmalar ön plana çıkmaktadır. Kwon ve arkadaşları, SP'li ve sağlıklı çocuklarda medial GK kası elastisitelerini, strain ve shear wave elastografi yöntemlerini kullanarak karşılaştırmışlardır. Her iki yöntemde de SP'li çocuklarda kas sertliğinin fazla olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca SP'li çocuklarda klinik olarak spastisite değerlendirmede kullanılan modifiye Ashworth skalası (MAS) ile elastisite ölçümleri arasında anlamlı korelasyon olduğunu tespit etmişlerdir [34]. Branderburg ve arkadaşları, SP'li ve sağlıklı çocukların lateral GK kaslarını, ayak bileği üç farklı plantar fleksiyon (PF) açısında, SWE ile karşılaştırmışlardır. SP'li çocuklarda her üç pozisyonda da kas sertliğinin, sağlıklı çocuklardan fazla olduğunu göstermişlerdir [35]. Öztürk ve Sayinbatur, SP'li ve sağlıklı çocuklarda aşıl tendonunu strain elastografi yöntemi kullanarak değerlendirmişlerdir. Strain oranı SP'li çocuklarda anlamlı olarak yüksek bulunmuştur [36]. Bilgici ve arkadaşları, SP'li çocuklarda BoNT-A enjeksiyonu sonrası GK medialis kası sertliğinde meydana gelen değişiklikleri, ARFI elastografi yöntemi kullanılarak değerlendirilmişlerdir. Enjeksiyon sonrası kas sertliğinin, MAS ile anlamlı korelasyon göstererek azaldığı tespit edilmiştir [37].

2.2. Serebral Palsi

2.2.1. Tanım ve Tarihçe

Serebral palsy, gelişmekte olan beyinde lezyon veya anomalilere bağlı hasarlanma sonucu oluşan, hareket ve duruş bozukluğu ile seyreden, ilerleyici olmayan bir grup kalıcı hastalıktır. İlk kez William John Little tarafından 1861 yılında tanımlanmış ve uzun yıllar "Little Hastalığı" olarak bilinmiştir. 19.yy sonlarında William Osler ve Sigmund Freud hastalığın patofizyolojisi ve etiyojisine önemli katkılar sağlamışlardır. 20.yy ortalarında Winthrop Phelps tedavi yöntemleri ve hedefleri konusunda önemli çalışmalar yapmıştır. Tarihsel süreç boyunca defalarca değişen SP tanım ve sınıflaması 2004 yılında Bethesda'da yapılan Uluslararası Serebral Palsi Tanım ve Sınıflama Çalıştayı'nda en son halini almıştır [1, 38, 39].

Beyinde meydana gelen hasar prenatal, natal veya postnatal dönemde oluşmuş olabilir. SP'de ana problem motor işlev bozukluğu olsa da, duyuşal, görsel, kognitif ve davranış bozuklukları ile sekonder kas-iskelet sistemi problemleri ve konvülsiyon da görülebilir. Beyindeki lezyonda zaman içerisinde değişiklik beklenmez ancak hastalığın klinik seyrinde yaşla değişiklikler görülebilir. SP'de etkilenen fonksiyon, kullanılmaya başlanmadan önce bozulduğundan, kazanılmış becerilerin kaybı ile giden ve zamanla progresyon gösteren patolojiler dışlanır [2, 40].

2.2.2. Epidemiyoloji

Serebral palsy prevalansı, bölgesel ve toplumsal değişiklik göstermekle beraber ortalama 1000 canlı doğumda 2-3'tür [41]. Türkiye'de ise yaklaşık 40.000

kişilik bir çalışmada, SP prevelansı 1000 canlı doğumda 4,4 olarak bildirilmiştir [42].

Teknolojik gelişmeler ve medikal bakımda iyileşme, SP insidansında artışa yol açmıştır. Prematür ve immatür infantlarda SP prevelansı daha yüksektir. Ayrıca gestasyonel yaş ve çoğul gebeliklerde prevelansı arttıran diğer risk faktörleridir [43-45].

Tanı yaşı SP insidansını etkileyen önemli bir diğer durumdur. Hastalığın klinik seyri zamanla değişiklik gösterebileceğinden SP tanısı 2 yaşından önce konulmamalıdır [46].

2.2.3. Etiyoloji ve risk faktörleri

Serebral palsy etiyojisi, multifaktöryel olup risk faktörleri prenatal, perinatal ve postnatal dönemlerde (Tablo 2) beyin hasarına yol açabilmektedir. Hastalığa neden olan etkenler %70-80 sıklıkla prenatal dönemde görülmektedir. SP tanısı almış yaklaşık %30 hastada ise herhangi bir risk faktörü saptanamayabilir [3, 46].

Ülkelerin gelişmişlik durumları ile risk faktörlerinin etkin olduğu dönemler farklılık göstermektedir. Prenatal dönem risk faktörleri gelişmiş ülkelerde daha sık görülmekte iken, perinatal ve postnatal dönem risk faktörleri gelişmekte olan ülkelerde daha ön planda olabilmektedir [42, 44, 47].

Prematürite ve düşük doğum ağırlığı, SP için en önemli risk faktörleri olarak kabul edilmektedir. Özellikle periventriküler lökomalazi ve intraparakimial kanama, prematür-immatür infantlarda SP'ye yol açan sebeplerin başında gelmektedirler [43, 48].

Tablo 2. Serebral palsy risk faktörleri

Prenatal dönem	Perinatal dönem	Postnatal dönem
• Maternal Faktörler; • İntrauterin enfeksiyonlar • Metabolik hastalıklar • Mental retardasyon, konvulsiyonlar • Alkol Tüketimi • Sigara Kullanımı • Obezite • İlaç kullanımı • Rh uyumsuzluğu • Genetik • Çoklu gebelik • Komplikeasyonlu gebelik, kanama • Plasental Patolojiler • Preeklampsi • Sosyoekonomik faktörler • Diğer Konjenital Anomaliler	• Prematürite <36 h. • Düşük doğum ağırlığı (<2500gr) • Zor ve uzamış doğum • Neonatal enfeksiyon • İntrakranial kanama • Anoksi • Doğumda maternal ateş • Düşük APGAR skoru	• Travma • Enfeksiyon (Ensefalit, menenjit, sepsis) • Konvulsiyonlar • Hiperbilirubinemi • İnflamatuvar-immünolojik nedenler (Sistemik lupus eritematozus, reye sendromu) • İntrakranial patolojiler • İntrakranial kanama

2.2.4. Sınıflandırma

Serebral palsy tanımındaki kapsayıcılık ve hastaların farklı klinik bulgular göstermesi sınıflandırmayı gerekli kılmıştır. Sınıflandırma ile SP'li bir bireyde hastalığın doğasının ve şiddetinin ayrıntılı tanımlanması, anlık ve gelecek sağlık ihtiyaçlarının öngörülmesi, SP tanısı almış hastaların kendi aralarında karşılaştırılabilmesi ve zaman içerisinde hasta bireylerde meydana gelen değişimin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır [1].

Klinik bulgular, hastalığın ekstremitte dağılımı, hastalığın şiddeti, fonksiyonel yetersizlik seviyesi ve beyindeki lezyonun lokalizasyonu gibi faktörler temel alınarak oluşturulmuş, çeşitli sınıflandırma yöntemleri kullanılmaktadır. Tüm alt tiplerde anormal duruş ve hareket paternleri mevcuttur.

Geleneksel sınıflandırma klinik bulgulara göre yapılmış olup spastik (piramidal), diskinetik (ekstrapiramidal), ataksik, hipotonik ve mikst tip olmak üzere 5 ana başlıktan oluşur.

Klinik pratikteki karışıklıkları engellemek ve daha anlaşılabilir olması açısından “Surveillance of Cerebral Palsy in Europe” (SCPE) tarafından yeni bir sınıflandırma önerilmiştir. Bu sınıflandırma 3 ana başlıktan oluşmaktadır (Tablo 3).

Tablo 3. Serebral palsy sınıflandırması

Piramidal			Ekstrapiramidal		
Spastik			Diskinetik	Ataksik	
					
Hemiplejik	Diplejik	Kuadriplejik	Koreatetozik	Distonik	Ataksik

2.2.5. SP tipleri

2.2.5.1. Spastik tip SP

Spastik tip SP, serebral palsinin en sık görülen alt tipidir. SP vakalarının yaklaşık %70-80’inde görülür. Patofizyolojisinde sıklıkla kortikospinal yolakta meydana gelen hasar karşımıza çıkmaktadır. Klinik olarak pasif hareketle, eklemde oluşan direnç ile karakterizedir. Üst motor nöron bulguları olan artmış derin tendon refleksleri ve kas tonusu, patolojik reflekslerin ortaya çıkması ön plandadır. İstemli hareketlerde zorluk ve yavaşlama görülebilir. İlerleyen vakalarda eklemde dejenerasyondan kontraktüre kadar çeşitli bulgular olabilir. Bilateral spastik SP

(diplejik ve kuadriplejik) ve unilateral spastik SP (hemiplejik) olmak üzere iki alt gruba ayrılır.

Diplejik form, sıklıkla prematür infantlarda görülmekte olup alt ekstremiteler ve gövde bulguları daha ön plandadır. Bu grupta hastaların yaklaşık %50'si yürüyebilir ayrıca bilişsel fonksiyon sıklıkla korunur.

Kuadriplejik form, en ağır tiptir. Tüm ekstremiteler, boyun ve gövde etkilenmiştir. Hastaların çok az bir kısmı yürüyebilir ve yaklaşık %50'sinde mental retardasyon mevcuttur. Bu grup hastalarda eşlik eden ek problemler de diğer alt tiplere göre oldukça fazla görülmektedir.

Hemiplejik formda, vücudun bir yarısında üst ve alt ekstremiteler etkilenimi görülmektedir. Sıklıkla üst ekstremiteler ve distal kesimlerde spastisite daha belirgindir. Bu hasta grubunda spontan veya rehabilitasyon ile yürüme olasılığı oldukça yüksektir. Sosyal beceriler etkilenmiş olsa da bilişsel fonksiyonları sıklıkla korunmuştur [2, 49-52].

2.2.5.2. Diskinetik tip SP

Diskinetik tip SP, ekstrapiramidal sistem bulguları ile seyreden daha nadir görülen bir alt tiptir. Bazal gangliyonlar ve talamus en sık etkilenen bölgelerdir. Etiyolojisinde sıklıkla hipoksi ve kernikterus görülmektedir. Erken dönemde hipotoni görülürken, 18-24. aydan sonra klasik istemsiz, tekrarlayıcı, stereotip hareketler ortaya çıkmaktadır. Koreatetoid ve distonik tip olmak üzere iki alt gruba ayrılır.

Koreatetoid formda, hipotoni ve hiperkinezi ön plandadır. Kore sıçrayıcı, düzensiz, dans eder gibi hızlı hareketler iken, atetoz değişken, yavaş ve yılanvari

bükölme Şeklinde olan istemsiz hareketlerdir. Ekstremitte distal kesimleri daha fazla etkilenmiştir.

Distonik formda ise hipertoni ve hipokinezi görülmektedir. Postür anormalliği çok belirgindir. İstemsiz hareketler ekstremitte proksimal kesimlerinde daha belirgindir [2, 40, 52].

2.2.5.3. Ataksik tip SP

Ataksik tip SP, serebellar etkilenim sonrası denge ve koordinasyon bozukluğu ile seyreden nadir görülen bir alt tiptir. Erken dönemlerde görülen hipotoni 2-3 yaŐtan sonra düzelme eğiliminde iken ataksi belirginleŐmektedir. Nistagmus, geniş tabanlı yürüme, dismetri gibi bulguların yanı sıra ince motor fonksiyonlarda gerileme görülebilir [52, 53].

2.2.5.4. Mikst tip SP

Mikst tip SP formunda, spastisiteye eşlik eden ataksi ve/veya diskinezi, dominant klinik özelliğe göre sınıflandırma yapılır [2, 41].

2.2.6. Motor fonksiyonların sınıflandırılması

Güncel klinik uygulamalarda SP, fonksiyonel bağımsızlık seviyesine göre kaba ve ince motor fonksiyonlar açısından sınıflandırılmıŐtır. Değerlendirme için ‘Kaba Motor Fonksiyon Sınıflama Sistemi’ (KMFSS) ve ‘El Becerileri Sınıflandırma Sistemi’ (EBSS) en sık kullanılan yöntemlerdir.

KMFSS, kaba motor fonksiyonları değerlendiren 5 seviyeli bir sistemdir (Tablo 4). Değerlendirme yaş aralıklarına göre farklılık göstermekte olup 0-2, 2-4, 4-6, 6-12 ve 12-18 yaş gruplarına göre yapılmaktadır. EBSS ise 4-18 yaş

aralığındaki SP’li çocukların günlük hayattaki ince motor fonksiyonlarını değerlendirmek amacıyla oluşturulmuş 5 seviyeli bir sistemdir (Tablo 5) [54-56].

Tablo 4. Kaba motor fonksiyonel sınıflama sistemi

SEVİYE I	Herhangi bir kısıtlılık olmaksızın yürünür. Koşup zıplayabilir; ancak hız, denge ve koordinasyon etkilenmiştir.
SEVİYE II	Minimum destek veya koltuk değneği ile yürünür. Günlük aktivitelerde az miktarda hareket kısıtlılıkları yaşanır.
SEVİYE III	Yürümek için koltuk değneği veya tekerlekli sandalyeye ihtiyaç duyulur. Günlük aktivitelerde hareket kısıtlılığı vardır.
SEVİYE IV	Yürümek veya tekerlekli sandalye kullanmak için yardıma ihtiyaç duyulur ve hareket için tekerlekli sandalye gereklidir.
SEVİYE V	Fiziksel engel istemli hareketleri, baş ve gövdenin yer çekimine karşı koymasını engeller. Tüm motor fonksiyonlar kısıtlıdır. Bağımsız mobilizasyon mümkün değildir.

Tablo 5. El becerileri sınıflandırma sistemi

SEVİYE I	Nesneleri kolaylıkla ve başarıyla tutup kullanabiliyor.
SEVİYE II	Çoğu nesneyi tutup kullanabiliyor fakat başarıma hızı ve/veya kalitesinde biraz azalma var.
SEVİYE III	Nesneleri zorlukla tutup kullanabiliyor; faaliyetleri hazırlaması ve/veya değiştirmesinde yardıma ihtiyaçları vardır.
SEVİYE IV	Uyarlanmış durumlarda sınırlı sayıda kolaylıkla kullanılan nesneyi tutup kullanabiliyor.
SEVİYE V	Nesneleri tutup kullanamıyor ve basit faaliyetleri bile gerçekleştirmek için ileri derecede kısıtlı beceriye sahip.

2.2.7. Tanı ve ayırıcı tanı

Serebral palsi klinik bir sendrom olup tanısı klinik bulgular ile konulmaktadır. Hasta öyküsü ayrıntılı bir şekilde alınmalı özellikle prenatal, perinatal ve postnatal dönemde SP açısından risk oluşturacak faktörler dikkatlice değerlendirilmelidir. Fizik muayenede anormal motor fonksiyonlar ve postür bozuklukları ile nörolojik gelişimde gecikme, tanı koydurucu bulgulardır. Primitif reflekslerin 6 aydan sonra kaybolmaması, derin tendon reflekslerinde artma ve patolojik refleks varlığı görülebilir. İstemsiz tekrarlayan stereotipik hareketler, ataksi ve klonus gibi bulgular olabilir [39, 50].

Manyetik rezonans görüntüleme ve klinik bulgular birlikte değerlendirilerek ilk 6 ay içerisinde SP açısından özellikle yüksek risk grubu hastalar öngörülebilir. Fakat SP tanısı koyduracak nörolojik bulguların ortaya çıkması her zaman erken dönemde olmayabilir. Daha düşük risk grubundaki, klinik ve görüntüleme bulguları net olmayan hastalarda ise 12-24. ayları bekleme, hatta kesin tanı yaşı için 3 yaş önerilmektedir. Erken tanı, hedefe yönelik tedavi uygulamalarına başlanması, aile desteği için bilgilendirme sağlanması bakımından oldukça önemlidir [43, 51].

SP ayırıcı tanısında nörodejeneratif, metabolik ve nöromusküler hastalıklar gibi oldukça geniş bir grup hastalık listelenebilir. SP'nin ilerleyici olmayan bir hastalık olduğu, kazanılmış motor fonksiyonlarda kayıp beklenmemesi, başlıca klinik bulgusu hipotoni olan ya da sadece görüntüleme bulguları olan hastalarda SP düşünülmemesi gerektiği akılda tutulmalıdır [52].

2.2.8. Eşlik eden problemler

Serebral palside beyinde oluşan hasar, hastalığın temel problemi olan motor bozukluğun yanı sıra etkilediği alana göre çok çeşitli sorunlara neden olabilir

(Tablo 6). Epilepsi, mental retardasyon, görme ve gastrointestinal sistem bozuklukları en sık rastlanan problemlerdir [52, 57-59].

Tablo 6. Serebral palsiye eşlik eden problemler

Büyüme-gelişme geriliği	Kognitif fonksiyon bozukluğu
Epilepsi	Konuşma bozukluğu
Göz Problemleri • Strabismus • Nistagmus • Hemianopsi • Görsel algı bozuklukları	Mesane-Rektum problemleri • Urgensi • Enürezis • Nörojenik disfonksiyon • Üriner sistem enfeksiyonları
Oromotor fonksiyon bozuklukları • Emme, yutma ve çiğneme güçlüğü, salya akıtma	Gastrointestinal sistem problemleri • Gastro-özofajeal reflü • Kusma • Konstipasyon
İşitme problemleri • Sensörinöral işitme kaybı	Pulmoner problemler • Aspirasyon pnömonisi • Prematüre bebeklerde bronkopulmoner displazi

2.2.9. Kas spastisitesinin değerlendirilmesi

Spastisite ölçümü, tedavi planlaması ve etkinliğinin değerlendirilmesi açısından oldukça önemlidir. Spastisitenin tespit edilmesi ve derecelendirilmesi için çok sayıda yöntem bulunmaktadır. Modifiye Ashworth skalası (MAS) ve Modifiye Tardieu skalası (MTS) klinik pratikte sıklıkla kullanılan yöntemlerdir (Tablo 7-8) [5, 60, 61].

Tablo 7. Modifiye Ashworth skalası

0	Normal kas tonusu
1	Kas tonusunda hafif artış var. Eklem hareket açıklığının sonunda hafif direnç veya yakalama-bırakma hissinin varlığı
1+	Kas tonusunda hafif artış var. Eklem hareket açıklığının yarısından azında minimal direnci izleyen yakalama hissi
2	Tonusta belirgin artış var. Eklem hareket açıklığının yarısından çoğunda hissedilir, ancak etkilenen kısım rahatça hareket ettirilebiliyor
3	Tonusta belirgin artış var. Eklem hareket açıklığı boyunca pasif hareket zor
4	Tonusta şiddetli artış var. Etkilenen kısım fleksiyonda/ekstansiyonda rijit

Tablo 8. Modifiye Tardieu skalası

V1		Mümkün olduğunca yavaş
V2		Ekstremitenin yerçekimi ile düşüş hızında
V3		Mümkün oldukça hızlı
X	0	Pasif hareket boyunca direnç yok
	1	Pasif hareket boyunca hafif direnç var ancak yakalama hissi yok
	2	Belirli bir açıda yakalama - bırakma hissi oluyor ve pasif hareketi zorluyor
	3	Belirli bir açıda yorulan tipte klonus oluşuyor (<10 saniye)
	4	Belirli bir açıda yorulmayan tipte klonus oluşuyor (>10 saniye)
Y		Kas reaksiyonunun açısı; kastaki gerginliğin başladığı ilk nokta ile istirahat pozisyonu arasındaki açı

2.2.10. Tedavi yöntemleri

Serebral palsi tedavisinde hedef, primer hastalığı tedavi etmek değil, hastanın mevcut durumunu korumak, fonksiyonel-bilişsel kapasitesini arttırmak ve eşlik eden/edebilecek diğer komplikasyonları gidermektir. Kasların istemli kontrolünün sağlanması, güçlendirilmesi ve spastisitenin azaltılması, vücut dengesinin sağlanması, istemsiz hareketlerin engellenmesi ve yaşam kalitesini etkileyen diğer sorunların çözümü tedavi hedeflerinden birkaçıdır. Tedavi, hastanın yaşı ve fonksiyonel durumuna göre planlanmalıdır. SP’de birçok farklı klinik durum söz konusu olduğundan multidisipliner çalışma ve çeşitli tedavi yöntemleri (Tablo 9) olması kaçınılmazdır [4, 62].

Tablo 9. Serebral palsi tedavi yöntemleri

- Medikal tedavi • Spastisiteyi azaltmaya yönelik • Beslenme düzenleyici • Antiepileptik	- Fizik tedavi ve rehabilitasyon • Konvansiyonel Yaklaşım • Nörofizyolojik(sensori-motor)yaklaşımlar • Duyu bütünleme tedavisi • İş uğraşı tedavisi • Hippoterapi • Akuatik tedavi • Zorunlu kullanım tedavisi
-Ortezleme ve yardımcı cihaz kullanımı	- Psikoterapi
- Spastisiteye yönelik girişimsel işlemler • Botulinum toksin A (BoNT-A) enjeksiyonu • Fenol/etol blokajı • İntratekal baklofen	- Cerrahi • Aşiloplasti • Talamotomi • Selektif dorsal rizotomi

2.2.11. Botulinum toksin A enjeksiyonu

Botulinum toksin A, Clostridium Botulinum tarafından üretilen 8 ekzotoksinden biridir. Nöromusküler kavşakta sinaptik aralığa asetilkolin salınımını engelleyerek kimyasal denervasyona yol açar ve fokal paralizi oluşturur [9]. Spastisite tedavisinde ilk olarak 1993 yılında L. Koman tarafından kullanılmıştır [63]. Etkin ve güvenli bir tedavi yöntemi olarak o tarihten beri SP tedavisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Etkisi 2-3. gün ortaya çıkıp, 7-14. günlerde maksimuma ulaşmakta ve 3-6 ay arasında devam etmektedir. BoNT-A dozu küçük kas gruplarında 1–2Ü/ kg, büyük kas gruplarında ise 3–6Ü/kg olarak uygulanır. Toplam doz 400 üniteyi, tek enjeksiyon sahasında 50 üniteyi aşmayacak şekilde uygulanmalıdır. Enjeksiyon palpasyonla yapılabileceği gibi US veya EMG eşliğinde de uygulanabilir [9, 64].

Botulinum toksin A enjeksiyonu sonrası, maksimum fayda sağlanması açısından erken yaşlarda uygulanması önerilmektedir. Özellikle 2-5 yaş arası ideal olmakla birlikte enjeksiyon yapılabilecek üst yaş sınırı bulunmamaktadır. Enjeksiyon tekrarının ne sürede olacağı konusunda fikir birliği olmamakla beraber önerilen süre 6-12 aydır. Enjeksiyonlar arası sürenin kısa olması ve uygulanan doza bağlı olarak BoNT-A'ya karşı antikor gelişimi sonucu direnç gelişebilir ve etkinliği düşebilir. BoNT-A'nın etkin ve doğru kullanımı ile kas kontraktürleri önlenerek kemik deformitelerinin oluşumunu engellenebilir. Bu sayede cerrahi tedavi gereksinimini geciktirebilir [9, 10].

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Çalışma tasarımı ve kapsamı

Çalışma, prospektif olarak planlanıp Nisan 2019 – Ekim 2019 tarihleri arasında Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji ve Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dallarında gerçekleştirildi. Çalışmaya spastik tip SP tanısı ile takipli, gastroknemius kasına BoNT-A enjeksiyonu planlanan 24 hasta, 43 alt ekstremitte dahil edildi. Hastaların yaşları 2-11 arasında değişmekteydi. Hastalar çocuk yaş grubunda oldukları için ebeveynleri çalışma ile ilgili bilgilendirildi ve yazılı onamları alındı. Çalışmada dışlama kriterleri; tibia/fibula veya aşıl tendona yönelik cerrahi öyküsü olması, son 6 ay içinde alt ekstremitteye yönelik fenol enjeksiyonu, son 6 ay içinde alt ekstremitteye yönelik BoNT-A enjeksiyonu, eş zamanlı spastisiteye yönelik sistemik etkili ilaç kullanımı, sendromik ve SP dışında spastisite nedeni olan hastalar, ayak bileğinde sabit kontraktür varlığı olarak belirlendi. Ayrıca SWE inceleme sürecinde sakinleştirilemeyecek kadar huzursuzlanan, ağlayan veya uygun pozisyonu tolere edemeyen hastalar çalışmaya dahil edilmedi.

Çalışma için Keçiören Eğitim ve Araştırma Hastanesi Etik Kurulu 27.03.2019 tarihli, 1848 sayılı onayı alındı.

3.2. İnceleme tekniği ve değerlendirme

Bu çalışma için her çocuk, BoNT-A enjeksiyonu öncesi ve uygulama sonrası 1. ayda değerlendirildi. Radyolojik değerlendirme, klinik spastisite ölçümlerinden habersiz olarak gerçekleştirildi. Elastografik görüntüleme, LOGIQ E9 XDClear 2.0 ultrason cihazı ve 9-11 MHz frekanslı lineer transduser

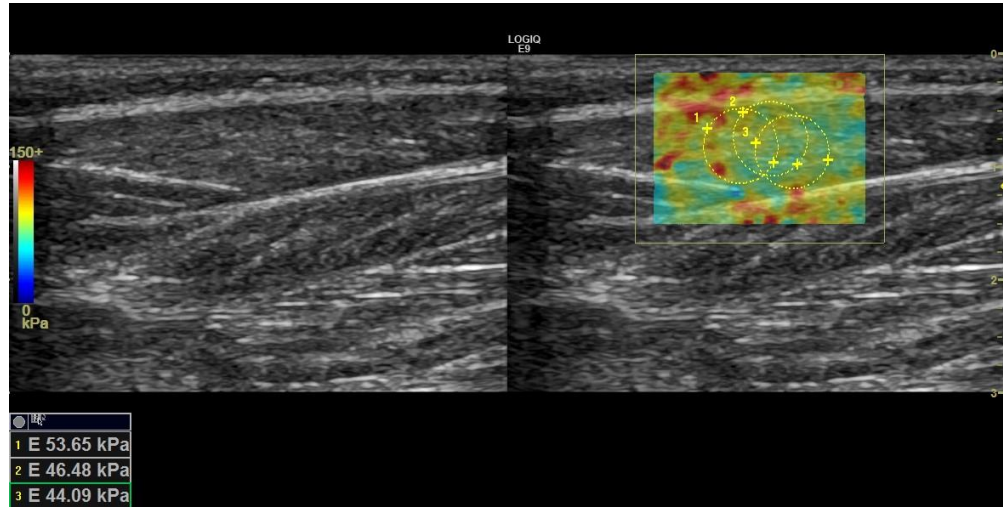
kullanılarak gerçekleştirildi. Hastaların demografik bilgileri ve BoNT-A öyküsü kaydedildi. Medial GK kasına yönelik inceleme hasta yüzüstü yatarken, ayak bileği nötral pozisyonunda, kontraksiyonu önlemek için ayaklar bilek hizasında masadan sallanır şekilde uygulandı (Resim 1). AT kasa yönelik incelemede ise hasta sırtüstü yatarken, ayak bileği nötral pozisyonunda uygulandı. Ayak bileği nötral pozisyonu her çocuğun tolere edebildiği normale en yakın pozisyon olarak kabul edildi. SWE ölçümleri için GK kası çevresinin en geniş olduğu düzey tespit edildi. Ölçümler öncesinde medial GK ve AT kasları, B-mod ultrason ile değerlendirildi. Transducer, kasların uzun eksenine paralel olacak şekilde, olabildiğince minimal kompresyon ile yerleştirildi. Her kas için iki ayrı elastogram elde edilerek toplamda 6 adet ölçüm yapıldı. Ölçümler yaklaşık 5 mm çapında ROI'ler yerleştirilerek elde edildi. Ortalama değerler alınarak kilopaskal (kPa) cinsinden kaydedildi (Şekil 2-3).

Botulinum toksin A (onabotulinum toxin A, Botox, Allergan, Inc., CA, USA) hastanın spastisite seviyesine uygun ve güvenli doz aralığında, elektromyografi (EMG) ile GK kası tespit edilerek, medial ve lateral parçasına eşit dozda, uzman bir fiziatrist tarafından uygulandı. Radyolojik inceleme ile eş zamanlı ayak bileği plantar fleksör kasların spastisitesi MAS ve MTS ile değerlendirildi. Ayrıca enjeksiyon öncesi hastaların KMFSS seviyesi belirlendi. MAS skorlaması tablo 7'ye göre yapıldı. MTS ile yapılan değerlendirme (Tablo 8) ayak bileği plantar fleksiyonu 3 farklı germe hızında yapılmaktadır. V1; olabildiğince yavaş, V2; yerçekimi etkisiyle hareket hızında, V3; olabildiğince hızlı olarak tanımlanmıştır. Bu çalışmada standardizasyonun problem olduğu V2 hızı kullanılmadı. Önce V1 sonra V3 hızında kas reaksiyon niteliği (X) ve kas reaksiyon açısı (Y) değerlendirildi. R2, V1 hızının Y parametresi olup statik kas boyunu

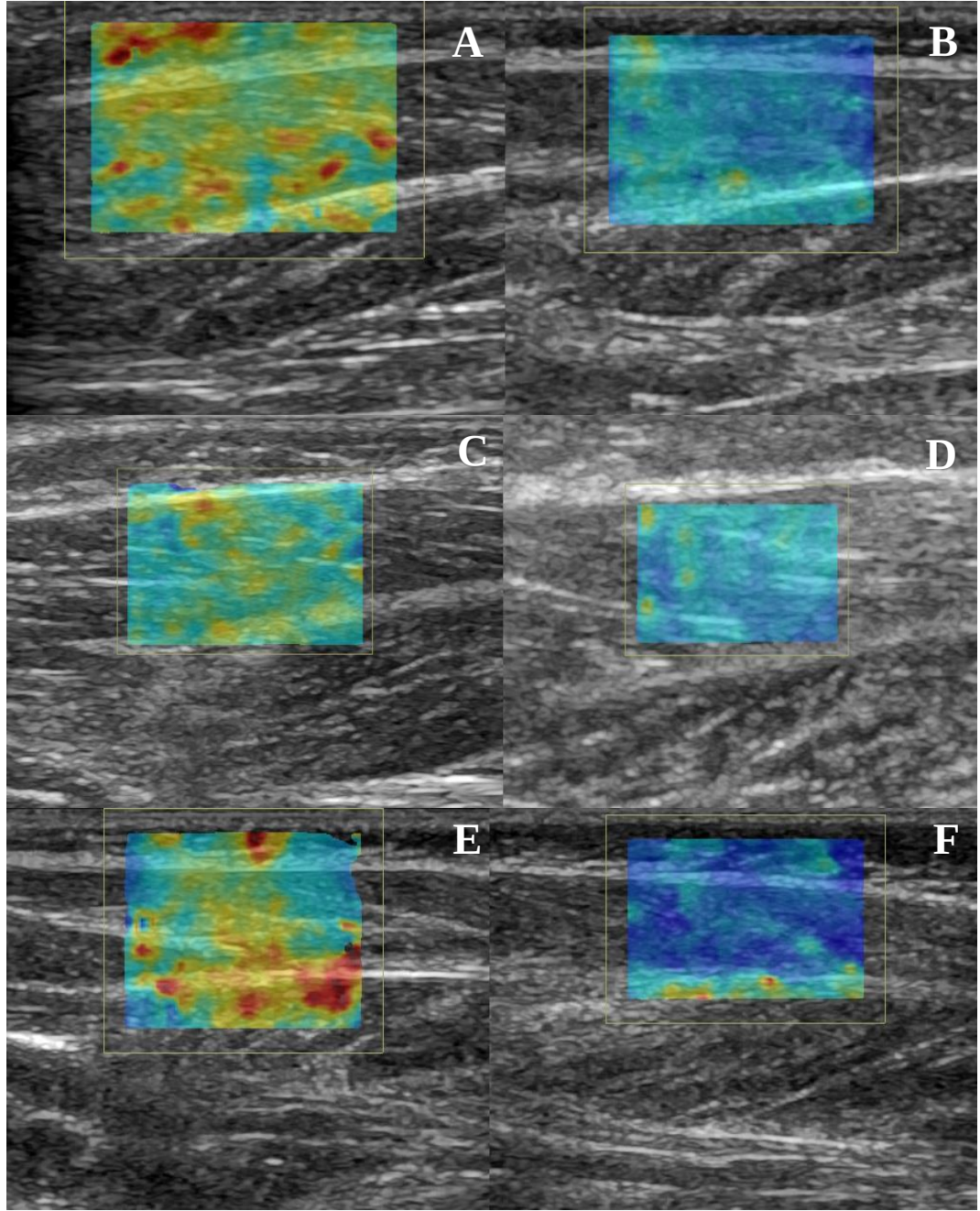
göstermektedir. R1 ise V3 hızının Y parametresi olup dinamik kas boyu belirteçidir. R2-R1 ise eklemin dinamik kontraktür değerini vermektedir.



Şekil 3. SWE ile medial GK kası değerlendirilmede hasta ve transducer pozisyonu



Şekil 4. BoNT-A enjeksiyonu öncesi medial GK kası sertliğinin SWE ile kPa cinsinden ölçümü



Şekil 5. Üç ayrı olgunun BoNT-A enjeksiyonu öncesi (A-C-E) ve uygulama sonrası 1.ay kontrolü (B-D-F) elastogram örnekleri. Renk haritasında sarı ve kırmızı renk yoğunluğu doku sertliğini, mavi ve yeşil renk ise doku yumuşaklığını göstermektedir. Her üç olguda da BoNT-A enjeksiyonu ile kas sertliğinde belirgin azalma dikkati çekmektedir.

3.3. İstatiksel analiz

Çalışmada verilerin analizinde, SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) 23.0 (IBM) paket programı kullanılmıştır. Tanımlayıcı istatistiklerin oluşturulmasında sayı, yüzde, en küçük, en büyük değerler, ortalama, standart sapma gibi merkezi ve yaygınlık ölçütlerinden yararlanılmıştır. Sayısal değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu görsel (histogram) ve analitik (Shapiro-Wilk) olarak değerlendirilmiş ve normal dağılım kuramına uyan bağımlı değişkenler arasındaki farkın saptanmasında Paired t testi, uymayanlarda Wilcoxon testi kullanılmıştır. Sayısal değişkenler arasındaki ilişkinin tespitinde ise Spearman ve Pearson Korelasyon testlerinden yararlanılmıştır. Çalışmada istatistiksel olarak p değerinin 0,05'in altında olması anlamlı kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

Serebral palsili hastaların cinsiyet, yaş, BKİ ve bazı özelliklerinin dağılımı Tablo 10’da verilmiştir. Buna göre çalışmada hastaların %58,3’ü (n=14) erkek ve hastaların yarısı 5 yaşından büyüktür. Hastaların 5’i unilateral, 19’u ise bilateral tipte spastik SP tanılıydı. Bilateral tipte 3 hasta kuadriplajik, diğer hastalar ise diplejikti (n=16). Hastaların %75’i (n=19) ambuleydi (KMFSS I-III). Hastaların %58,3’ünde (n=14) BoNT-A enjeksiyon öyküsü bulunmamaktaydı. BoNT-A enjeksiyon öyküsü bulunan (n=10) hastaların sadece 4’ünde, üç ve daha fazla enjeksiyon öyküsü bulunmaktadır.

Tablo 10. Serebral palsili hastaların cinsiyet, yaş, BKİ ve bazı özelliklerinin dağılımı

Değişkenler	Sayı	Yüzde
Cinsiyet		
Erkek	14	58,3
Kadın	10	41,7
Yaş (ay)	Ort±SS: 72±34, Med: 60 Min: 32, Maks: 134	
BKİ (kg/m²)	Ort±SS: 16,3±1,4, Med: 16,2 Min: 13,8, Maks: 19,4	
CP Tip		
Unilateral	5	20,8
Bilateral	19	79,2
KMFSS		
I	5	20,8
II	6	25,0
III	7	29,2
IV	6	25,0
BoNT-A Öyküsü		
Yok	14	58,3
Var	10	41,7

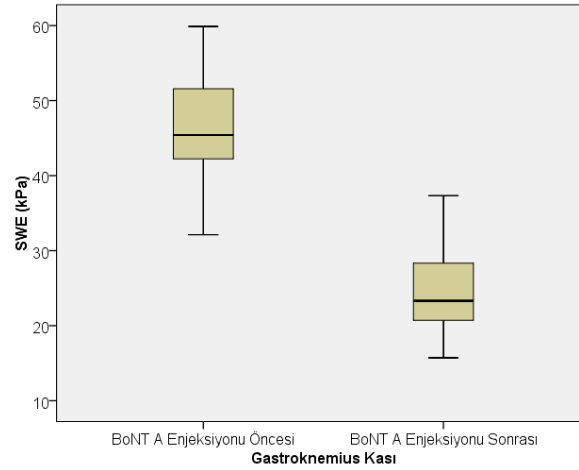
Tablo 11’da Serebral palsili hastalarda BoNT A enjeksiyonu öncesi ve sonrası medial GK kası SWE ölçümlerinin karşılaştırılması verilmiştir. Buna göre çalışmada GK kasında BoNT A enjeksiyonu öncesi ve sonrası SWE ölçümleri (Grafik 1) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmıştır ($p<0,01$). BoNT A enjeksiyonu sonrası GK kası sertliği anlamlı düzeyde azalmıştır.

Tablo 11. Serebral palsili hastalarda BoNT A enjeksiyonu öncesi ve sonrası medial GK kası SWE ölçümlerinin karşılaştırılması

Değişkenler	BoNT A ENJEKSİYONU		t*	p*
	Öncesi (kPa)	Sonrası (kPa)		
	Ort±SS	Ort±SS		
Medial GK kası (n= 43)	45,9±6,5	25,0±5,7	25,1	<0,01

* Paired t testi

Grafik 1. Serebral palsili hastalarda BoNT A enjeksiyonu öncesi ve sonrası medial GK kası SWE ölçümlerine ait kutu çizgi grafiği



Tablo 12’de GK kası spastisitesine yönelik BoNT-A enjeksiyonu öncesi ve sonrası, antagonist kas olan TA SWE ölçümlerinin karşılaştırılması verilmiştir. Buna göre TA kası SWE ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmıştır ($p<0,01$). TA kası SWE ölçümleri anlamlı düzeyde azalmıştır.

Tablo 12. Serebral palsili hastalarda medial GK kasına BoNT A enjeksiyonu öncesi ve sonrası TA kası SWE ölçümlerinin karşılaştırılması

Değişkenler	BoNT-A ENJEKSİYONU		t*	p*
	Öncesi (kPa)	Sonrası (kPa)		
	Ort±SS	Ort±SS		
TA kası (n= 43)	36,9±7,9	28,4±5,2	9,2	<0,01

* Paired t testi

Serebral palsili hastalarda BoNT A enjeksiyonu öncesi ve sonrası MAS skorlarının karşılaştırılması Tablo 13’de verilmiştir. Buna göre çalışmada BoNT A enjeksiyonu öncesi ve sonrası MAS skorları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p<0,01$). GK kasında BoNT A enjeksiyonu sonrası MAS skorları anlamlı düzeyde azalmıştır.

Tablo 13. Serebral palsili hastalarda BoNT A enjeksiyonu öncesi ve sonrası MAS seviyelerinin karşılaştırılması

	BoNT-A ENJEKSİYONU					
Değişkenler	Öncesi		Sonrası		Z*	p*
	Med	Min/Max	Med	Min/Max		
MAS kategorisi (n=43)	2	1/3	1	0/2	-5,9	<0,01

*Wilcoxon testi

MAS: Modifiye Ashworth Skalası

Tablo 14’te Serebral palsili hastalarda BoNT A enjeksiyonu öncesi ve sonrası MTS parametrelerinin karşılaştırılması verilmiştir. Buna göre araştırmada BoNT A enjeksiyonu öncesi ve sonrası MTS parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark kaydedilmiştir ($p<0,05$). Enjeksiyon sonrası V1X, V3X ve R2-R1 ölçümleri anlamlı düzeyde azalırken, R2 ve R1 ölçümleri anlamlı düzeyde artış göstermiştir.

Tablo 14. Serebral palsili hastalarda BoNT A enjeksiyonu öncesi ve sonrası MTS parametrelerinin karşılaştırılması

	BoNT-A ENJEKSİYONU				
Değişkenler	Öncesi		Sonrası		p
	Med	Min/Max	Med	Min/Max	
V1X	1	0/2	1	0/2	0,01
V3X	2	¼	2	1/2	<0,01
R2 (Ort±SS)	-1,3±4,1		0±1,9		0,02
R1 (Ort±SS)	-19,6±13,0		-4,6±7,5		<0,01
R2-R1 (Ort±SS)	17,9±11,3		5,0±7,3		<0,01

MTS: Modifiye Tardieu Skalası

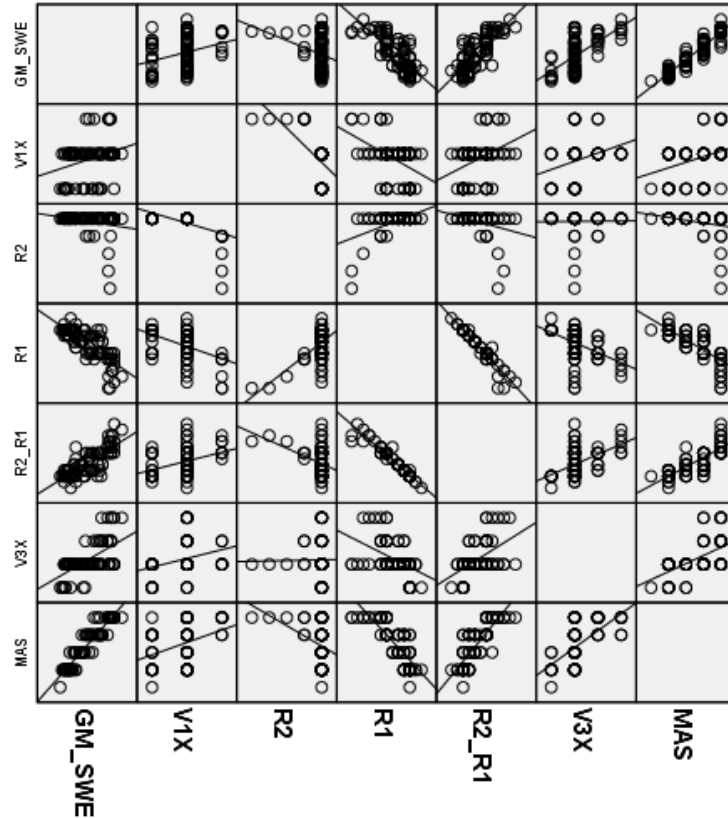
Serebral palsili hastalarda medial GK kası SWE ölçümleri ile MAS skorları ve MTS parametrelerinin korelasyonu Tablo 15’de verilmiştir. Buna göre araştırmada medial GK kası SWE ölçümleri ile MAS skorları ve MTS parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon tespit edilmiştir ($p<0,05$) (Grafik 2). Medial GK kası SWE ölçümleri ile MAS skorları arasında pozitif yönde, istatistiksel olarak anlamlı, yüksek düzeyde bir korelasyon saptanmıştır ($\rho:0,77$; $p<0,01$). Medial GK kası SWE ölçümleri ile V1X skorları arasında pozitif yönde, istatistiksel olarak anlamlı, zayıf düzeyde bir korelasyon saptanmıştır ($\rho:0,30$; $p<0,01$). Medial GK kası SWE ölçümleri ile V3X skorları arasında pozitif yönde, istatistiksel olarak anlamlı, orta düzeyde bir korelasyon saptanmıştır ($\rho:0,61$; $p<0,01$). Medial GK kası SWE ölçümleri ile R2 açıları arasında negatif yönde, istatistiksel olarak anlamlı, zayıf düzeyde bir korelasyon saptanmıştır ($r:-0,25$; $p:0,02$). Medial GK kası SWE ölçümleri ile R1 açıları arasında negatif yönde, istatistiksel olarak anlamlı, yüksek düzeyde bir korelasyon saptanmıştır ($r:-0,78$; $p<0,01$). Medial GK kası SWE ölçümleri ile R2-R1 değerleri

arasında ise pozitif yönde, istatistiksel olarak anlamlı, yüksek düzeyde bir korelasyon saptanmıştır ($r:0,79$; $p<0,01$).

Tablo 15. Serebral Palsili hastalarda medial GK kası SWE ölçümleri ile MAS skorları ile MTS parametrelerinin korelasyonu

Değişkenler	GK-SWE	
	Korelasyon Katsayısı	p
MAS	$\rho = 0,77$	$<0,01$
V1X	$\rho = 0,30$	$<0,01$
V3X	$\rho = 0,61$	$<0,01$
R2	$r = -0,25$	$0,02$
R1	$r = -0,78$	$<0,01$
R2-R1	$r = 0,79$	$<0,01$

Grafik 2. Medial GK kası SWE ölçümleri, MAS skorları ve MTS parametreleri saçılım grafiği matrisi



Serebral Palsili hastalarda GM kasında BoNT A enjeksiyonu öncesi ve sonrası medial GK kası SWE ölçüm farkının TA, MAS ve MTS ölçüm farklarıyla korelasyonu Tablo 16’de verilmiştir. Buna göre araştırmada BoNT A enjeksiyonu öncesi ve sonrası, medial GK kası SWE ölçümleri ile MAS, R1 ve R2-R1 ölçüm farkları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon tespit edilmiştir ($p<0,05$). BoNT A enjeksiyonu öncesi ve sonrası medial GK kası SWE ölçümleri ile MAS ölçüm farkları arasında pozitif yönde, istatistiksel olarak anlamlı, orta düzeyde bir korelasyon saptanmıştır ($\rho:0,51$; $p<0,01$). Medial GK kası SWE ölçümleri ile R1 ölçüm farkları arasında negatif yönde, istatistiksel olarak anlamlı, zayıf düzeyde bir korelasyon saptanmıştır ($r:-0,33$; $p:0,03$). Medial GK kası SWE ölçümleri ile R2-R1 ölçüm farkları arasında ise pozitif yönde, istatistiksel olarak anlamlı, zayıf düzeyde bir korelasyon saptanmıştır ($r:0,36$; $p:0,02$).

Tablo 16. Serebral Palsili hastalarda BoNT A enjeksiyonu öncesi ve sonrası medial GK kası SWE ölçüm farkının TA, MAS ve MTS ölçüm farklarıyla korelasyonu

Değişkenler	Medial GK kası-SWE FARK	
	Korelasyon Katsayısı	p
MAS Fark	$\rho= 0,51$	$<0,01$
V1X Fark	$\rho= 0,07$	0,65
V3X Fark	$\rho= 0,08$	0,61
R2 Fark	$r= 0,23$	0,15
R1 Fark	$r= -0,33$	0,03
R2-R1 Fark	$r= 0,36$	0,02
TA Fark	$r= 0,08$	0,60

5. TARTIŞMA

Serebral palsy, hareket ve postür bozukluğu ile seyreden, ilerleyici olmayan bir grup kalıcı hastalıktır. Prevelansı her bin canlı doğumda yaklaşık 2-3 olup çocukluk çağında en sık görülen nöromusküler hastalıktır. Spastik SP, serebral palside en sık görülen alt tiptir. Spastisite, motor fonksiyonları ve günlük aktiviteleri etkileyen kas-iskelet sistemi patolojilerine neden olmaktadır [1, 4]. SP'li çocuklarda kemik deformiteleri ve eklem kontraktürleri gelişmesini önlemek için spastisitenin erken dönemde tedavisi oldukça önemlidir. BoNT-A enjeksiyonu spastisite tedavisinde etkin ve güvenli bir yöntem olarak kullanılmaktadır [9].

Spastisite patofizyolojisinde nöral ve biyomekanik olmak üzere iki ana komponent bulunmaktadır. Nöral komponent, pasif harekete karşı kasda oluşan dirençtir. Hıza bağımlı olup pasif hareket ne kadar hızlı olursa, kas direnci de doğru orantılı olarak büyük olur. Biyomekanik komponent ise spastik kasta yapısal değişikliklere sekonder oluşan kas sertliğidir [65]. Spastik kas biyopsileri ile yapılan çalışmalarda kollajen ve titin gibi intra-ekstraselüler komponentlerin arttığı ve sarkomer boylarının uzun olduğu bildirilmiştir. Klinik olarak daha şiddetli olgularda ise kas liflerinin azaldığı ve fibrotik odakların geliştiği belirtilmiştir [66-68]. Kas yapısında meydana gelen bu değişiklikler, klinik olarak kas sertliği, eklem hareket açıklığında azalma ve kontraktür ile sonuçlanmaktadır [69]. Klinik ve görüntüleme yöntemleri ile kas yapısında meydana gelen bu değişikliklerin dolaylı olarak gösterilmesi amaçlanmaktadır. Yapılan çalışmalar MAS skoru ile kas kollajen miktarı arasında anlamlı bir korelasyon olduğunu göstermektedir [66, 68].

Spastisite ölçümü, tedavi planlaması ve etkinliğinin değerlendirilmesi açısından oldukça önemlidir. MAS ve MTS klinik pratikte spastisite ölçümünde

kullanılan yöntemlerdir [61]. Ancak bu yöntemler, spastisite ile ilgili kas, tendon, eklem kompleksi ve nöral komponenti içine alan genel bilgiler sağlamaktadır. Değerlendirme uygulayıcı bağımlı ve subjektiftir. SP’de kas dokusunun direkt etkilendiği bilinmektedir. Ancak bu klinik yöntemler izole kas ölçümü noktasında yetersiz kalmaktadırlar [70, 71]. Ayrıca Fosang ve arkadaşları ile Yam ve Leung, gözlemciler arası güvenilirliği hem MTS’de hem de MAS’da düşük olarak bulmuşlardır [5, 6]. Numanoglu ve Günel, gözlemci içi güvenilirliğin MTS için kabul edilebilir düzeylere ulaştığını ancak MAS’da düşük olduğunu göstermişlerdir [7]. Akbaş ve Günel, her iki yöntemin birbiri ile genel olarak uyumlu olduklarını ancak değerlendirilen kas gruplarına göre sonuçların değişiklik gösterebileceğini belirtmişlerdir [8].

Kasın viskoelastik özelliklerinin kantitatif olarak ölçülebilmesi, hastalık patofizyolojisi açısından detaylı bilgi sağlanması, yeni tedavi uygulamaları geliştirilmesi ve tedavilere kasın verdiği yanıtın değerlendirilmesi konusunda oldukça önemlidir. Klinisyenler arası değişiklik gösterebilen, subjektif değerlendirmeler yerine objektif ölçüm yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu noktada ideal görüntüleme yöntemi, tek bir kası direkt ve izole şekilde noninvazif, in-vivo, kantitatif, dinamik ve gerçek zamanlı ölçüme imkan veren uygun maliyetli bir yöntem olmalıdır [69].

Shear wave elastografi, kas sertliğinin kantitatif değerlendirilmesini sağlayan ve operatör bağımlılığının minimal olduğu, noninvaziv bir görüntüleme yöntemidir. ARFI kullanılarak dokuda yer değişikliği ve shear dalga oluşumu temeline dayanır. Shear dalgalar, primer US dalgalarına dik ve daha yavaş hızda yayılım gösterirler. Shear dalga hızı (m/s) ve shear modulus (kPa) dokuda oluşan

yer değişikliğinin hesaplanması ile yapılır. Bu sayede kas sertliğinin kantitatif ölçümü sağlanmış olur [29].

Klinik pratikte ilk kullanılan ve ulaşılabilirliği daha kolay olan strain elastografi yöntemi ile yapılan çalışmalar daha fazla olsa da son yıllarda SWE ile yapılan çalışmalar ön plana çıkmaktadır. Strain elastografide, operatör tarafından uygulanan eksternal kompresyon ve dekompresyon ile dokuda meydana gelen yer değişimi, gerçek zamanlı ölçülerek değerlendirilir. Deęerlendirme için renk haritaları kullanılarak skorlama sistemleri geliştirilmiştir. Ayrıca incelenmek istenen doku ile referans bir doku sečilerek elastisite değerleri orantılanabilir (strain oranı). Bu sayede yarı-kantitatif değerlendirme mümkün olabilmektedir. Strain elastografide operatör bağımlılığının ön plana çıkması ve kantitatif ölçüm sağlayamaması, SWE ile karşılaştırıldığında dikkat çeken noktalardır [11, 25].

Branderburg ve arkadaşları, SWE yöntemi ile SP'li ve sağlıklı çocukların lateral GK kaslarını, ayak bileği üç farklı plantar fleksiyon açısında karşılaştırmıştır. SP'li çocuklarda her üç pozisyonda da kas sertliğinin, sağlıklı çocuklardan fazla olduğunu göstermişlerdir [35]. Bilgici ve arkadaşları, SP'li çocukların medial GK kası sertliğinin, sağlıklı çocuklara göre fazla olduğunu SWE yöntemi kullanarak belirtmişlerdir. Ayrıca SWE ölçümleri ile MAS skorları arasında anlamlı bir korelasyon tespit etmişlerdir [70]. Vola ve arkadaşları, SP'li çocukların soleus kas sertliğinin, sağlam çocuklardan fazla olduğunu göstermişlerdir. SWE ölçümleri ile MAS skorları arasında yüksek düzeyde bir korelasyon olduğunu bildirmişlerdir [72]. Kwon ve arkadaşları, SP'li ve sağlıklı çocuklarda medial GK kası elastisitelelerini strain ve SWE yöntemleri ile karşılaştırmıştır. Her iki yöntemde de SP'li çocuklarda kas sertliğinin fazla olduğunu göstermişlerdir. MAS ile elastisite ölçümleri arasında anlamlı bir

korelasyon olduğunu bildirmişlerdir [34]. Bizim çalışmamızda da SWE ölçümleri ile MAS skorları arasında istatistiksel olarak anlamlı yüksek düzeyde bir korelasyon tespit ettik.

Literatürde SP'li çocuklarda BoNT-A enjeksiyonu sonrası ile kas sertliğini değerlendiren oldukça az sayıda çalışma bulunmaktadır. İlk olarak Vasilescu ve arkadaşları, 2010 yılında, strain elastografi kullanarak 7 hastanın BoNT-A enjeksiyonu öncesi ve sonrası kas sertliğini değerlendirmişlerdir. Hastaların 5'inde kas sertliğinde azalma tespit etmişlerdir [73]. Park ve Kwon, 17 hastanın medial GK kası sertliğini, BoNT-A enjeksiyonu öncesi ve sonrası 1. ayda, strain elastografi yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Kas sertliğinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma tespit etmişler ve skorlama sistemleri ile MAS skorları arasında anlamlı bir korelasyon bulmuşlardır [65]. Boyacı ve arkadaşları, strain elastografi yöntemi ile 16 hastanın GK ve soleus kaslarını, BoNT-A enjeksiyonu öncesi ve sonrası 1. ayda değerlendirmiş ve sağlıklı kontrol grubu ile karşılaştırmışlardır. İncelenen kasların sertliklerinde, benzer şekilde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma bildirmişlerdir. Ayrıca tedavi öncesi ve sonrası SP'li çocukların kas sertliğinin, kontrol grubuna göre yüksek olduğu gösterilmiştir [74]. Bu çalışmalarda operatör bağımlı bir teknik olan strain elastografi yöntemi kullanıldığından kalitatif ve yarı-kantitatif veriler bildirilmiştir. Ancak SP hastalarında tedavi etkinliği bakımından da kas sertliği değerlendirmede elastografi kullanılabileceğini ortaya attıklarından önem arz etmektedirler.

Bilgici ve arkadaşları, 12 SP'li hastanın medial GK kası sertliğini, BoNT-A enjeksiyonu öncesi ve sonrası 1.ay, SWE yöntemi ile kantitatif olarak değerlendirmiştir. Tedavi sonrası SWE ölçümleri ve MAS skorlarında, istatistiksel olarak anlamlı bir azalma tespit etmişlerdir ayrıca elde olunan elastografi

ölçümlerinin MAS skorları ile korele olduğunu bildirmişlerdir. Ancak çalışmada bazı hastalarda tedaviye rağmen SWE değerlerinin minimal düzeyde arttığını belirtmişlerdir [37]. Bizim çalışmamızda da 1.ayda SWE ölçümleri ve MAS skorları anlamlı olarak azalmıştır. Her iki yöntem arasında da anlamlı bir korelasyon mevcuttur. Ancak kontrol SWE ölçümlerinde artış tespit ettiğimiz bir hasta olmamıştır. Bu duruma yol açabilecek birkaç neden olabilir. İlk olarak çalışmalarında hastaların yaşı 6 ile 14 arasında değişmektedir. Ancak BoNT-A enjeksiyonunun üst yaş sınırı olmamakla beraber maksimum fayda açısından daha küçük yaşlarda uygulanması önerilmektedir. Ayrıca hastaların BoNT-A öyküsü belirtilmemiştir. Kısa aralıklarla yapılan uygulama ve doz bağımlı olarak BoNT-A'ya karşı direnç gelişimi olabilmektedir. Son olarak BoNT-A uygulamasının nasıl yapıldığı anlatılmamıştır. Doğru yöntemle yapılan uygulama tedavi başarı şansını arttıran oldukça önemli bir nedendir [9, 10]. Bizim çalışmamızda hastaların yarısı (n=12) 5 yaşından küçüktü. 14 hastada BoNT-A enjeksiyon öyküsü bulunmamaktaydı. 3 ve daha fazla BoNT-A enjeksiyon öyküsü olan sadece dört hasta vardı. BoNT-A enjeksiyonu sedasyon altında, EMG eşliğinde ve 15 yıllık deneyime sahip aynı fiziatrist tarafından yapıldı.

Brandenburg ve arkadaşları ise, 9 SP'li hastanın GK lateralis kasını, ayak bileği üç farklı pozisyonda (0^0 , 10^0 PF, 20^0 PF) BoNT-A enjeksiyonu öncesi, sonrası 1 ve 3. aylarda SWE yöntemi kullanarak değerlendirmiştir. Tedavi öncesi ile 1 ve 3. ay SWE ölçümleri ve MAS skorları karşılaştırıldığında, her üç pozisyonda da azalma olduğu, ancak iki yöntem içinde verilerin istatistiksel olarak anlamlı olmadığını bildirmişlerdir. Çalışmalarında ayak bileği 0^0 ve 10^0 PF pozisyonda, 1 ve 3. ay elastografi ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar göstermişlerdir. SWE ölçümleri ile MAS skorları arasında herhangi bir

korelasyondan bahsetmemişlerdir [75]. Her ne kadar MAS skorlarında azalma gösterilse de anlamlı sonuçlar bildirmemesi, literatürdeki diğer çalışmalar ile çelişkilidir. BoNT-A etkinliğini değerlendirmede MAS skorlarında anlamlı azalma tespit eden birçok çalışma bulunmaktadır [37, 65, 74, 76-78]. Hasta sayısının az olması (n=9) veya BoNT-A uygulanması noktasındaki problemler bu duruma yol açmış olabilir. Benzer şekilde 1. ay kontrol SWE ölçümlerinde tedavi öncesine göre anlamlı olmayan azalma tespit edilmesi de bu nedenlerden kaynaklanmış olabilir. Bizim çalışmamızda SWE incelemesi, ayak bileği hastanın tolere edebildiği nötral pozisyonda (0^0) değerlendirildi. Tüm hastalar için aynı pozisyon ve aynı radyolog tarafından değerlendirme yapıldığı için sonuçlar açısından belirgin bir farklılık oluşturmayacağını düşünüyoruz. Ayrıca Branderburg ve arkadaşlarının yapmış olduğu diğer bir çalışmada SP'li ve sağlıklı kontrol grubu GK kası SWE ile değerlendirilmiştir. Ayak bileği PF'nun artmasıyla GK kası SWE ölçüm farklarının, iki grup arasında azaldığını bildirmişlerdir [35]. Bu durumda değerlendirmenin nötral veya her üç pozisyonda (nötral, PF ve DF) da yapılması daha güvenilir sonuçlar verebilir.

Lee ve arkadaşları, 8 hemiplejik SP hastasının GK medialis ve tibialis anterior kaslarını, SWE yöntemi ile değerlendirmiştir. Daha az etkilenen tarafa göre spastik olan ekstremitede, her iki kas elastografi ölçümleri yüksek bulunmuştur [13]. Bu çalışmada GK kasının antagonisti olan ve spastisite beklenmeyen TA kasında da SWE ölçümlerinin yüksek bulunması oldukça dikkat çekicidir. Bizim çalışmamızda da medial GK kasına yönelik uygulanan BoNT-A enjeksiyonu ile TA kası sertliğinin nasıl etkilendiği incelendi. Çalışmamız TA intrinsik kas sertliğindeki değişimin gösterilmesi bakımından literatürdeki ilk çalışmadır. Kontrol grubumuz olmadığından BoNT-A enjeksiyonu öncesi, TA kası SWE

ölçümlerinin, normal popülasyona göre ayak bileği nötral pozisyonda nasıl olduğunu gösteremedik. Ancak GK kasına BoNT-A enjeksiyonu sonrası, TA kas sertliğinin de anlamlı olarak azaldığı dikkat çekti. Klinik olarak spastisite izlenmeyen hatta hipotonik olan ve kullanılmamaya bağlı değişiklikler beklenen TA kasındaki SWE bulguları oldukça önemlidir. Bu konuda yapılacak yeni çalışmalar SP'li hastaların tedavi sürecinde yeniliklere ışık tutabilir. Ayrıca gelişebilecek olası eklem kontraktürü ve deformiteleri önleme noktasında da önem arz edeceğini düşünüyoruz.

Çalışmamız, BoNT-A enjeksiyonu öncesi ve sonrası kas sertliğini elastografik olarak değerlendiren çalışmalar içerisinde ilk defa, kas spastisitesi değerlendirmede MAS'nın yanı sıra MTS yöntemi de kullanılarak gerçekleştirildi. Daha ayrıntılı bilgiler vermesi bakımından bunun oldukça anlamlı olduğunu düşünüyoruz. Hıza bağlı spastisite bilgisi vermesi ve dinamik kontraktür (R2-R1) değerlendirmesi sağlaması MAS'ya göre MTS'nin öne çıkan parametreleridir. BoNT-A enjeksiyonu sonrası 1. ayda MTS parametrelerinin hepsinde anlamlı değişiklikler izlendi. SWE ölçümleri ile MTS parametrelerinin anlamlı korelasyon gösterdiği tespit edildi. Özellikle V3X, R1 ve R2-R1 değerleri ile SWE ölçümleri arasında yüksek düzeyde bir korelasyon mevcuttu. Ayak bileğinin olabildiğince hızlı şekilde değerlendirilmesi sonucu sağlanan verilerin (V3X, R1) SWE ölçümleri ile yüksek korelasyon göstermesi oldukça önemlidir. Bu durum subklinik spastisite değerlendirmede dahi SWE'nin kullanılabileceğinin bir göstergesi olarak kabul edilebilir. Ayrıca tedavi etkinliğinin değerlendirilmesi noktasında da dinamik kontraktür verileri (R2-R1) ile olan yüksek korelasyon SWE'nin bu açıdan da kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır.

Tedavi etkinliğinin değerlendirilmesi konusunda BoNT-A enjeksiyonu öncesi ve sonrası, medial GK kası SWE ölçüm farkları ile MAS ve MTS bulgularının farkları arasındaki korelasyon da istatistiksel olarak incelendi. SWE ile MAS arasında anlamlı, orta düzeyde bir korelasyon saptandı. SWE ile MTS parametrelerinden sadece R1 ve R2-R1 değerleri ile anlamlı fakat zayıf bir korelasyon saptandı. Ölçümler arası fark korelasyonunun böyle bulunmasına birkaç neden yol açmış olabilir. Örneğin MTS'de kas niteliği (X) değerlendirilirken tedavi öncesi ayak bileği 0⁰ 'de yakalama hissi vardı. X kategori 2, R değerleri ise 0 olarak kaydedildi. 1. ay kontrolde direnç vardı fakat yakalama hissi olmadığı tespit edildiğinde X kategori 1, R değerleri ise 0 olarak kaydedildi. Bu durumda tedavi ile kas niteliğinde (X) azalma olurken, kas reaksiyon açısında (Y) herhangi bir değişiklik yok gibi algılanıyordu. Benzer şekilde tedavi öncesi X kategori 2 iken yakalama hissi (R) -35⁰ olarak kaydedilen hastanın, tedavi sonrası X kategorisi 2, fakat R değerinin -10⁰ olduğu tespit edildi. Bu sefer ise X kategorisi değişmemiştii fakat reaksiyon açısı düzelmişti. Ancak aslında her iki durumda da klinik olarak spastiside de azalma mevcuttu. Bu durum tedavi öncesi ve sonrası, SWE ölçüm farkları ile MTS parametrelerinin farklarının korelasyonu noktasında problem oluşturmaktadır. Ancak MAS açısından böyle bir sorun oluşmamaktadır. Dolayısıyla hem anlık değerlerin hem de ölçüm farklarının değerlendirilmesinde SWE ile MAS arasında anlamlı korelasyon tespit etmiş olduk.

Çalışmamızda bazı limitasyonlar mevcuttu. SP'de kas sertliği değerlendirmede SWE ile MTS korelasyonu ve TA kası değerlendirmeleri noktasında çalışmamız literatürde ilk olduğundan bu konuda benzer çalışmalara ihtiyaç vardır. Literatüde SP'de tedavi ilişkili elastografi çalışmalarında saptayabildiğimiz kadarıyla en fazla hasta sayısına sahip çalışma olmamıza rağmen

SWE verilerinin güvenilirliği bakımından daha fazla hasta sayısına sahip çalışmalar gerekmektedir. Çalışmamızda BoNT-A enjeksiyonu öncesi ve sonrası 1. ay değerlendirmeler yapıldı. Özellikle tedavi etkinliğini değerlendirmek açısından uzun dönem takip ve elastografik incelemeleri yapılması faydalı olacaktır. Çalışmamızda bir diğer eksiklik SWE değerlendirmesi sırasında hastaların gerçekten rahatlayıp kaslarını gevşettiklerinin kontrolünü yüzeyel EMG kullanılarak tespit etmemektir. Son olarak çalışmamızda anizotropik bir doku olan kasın SWE lmlerinde Young modulus (kPa) kullanılmıştır. Ölçümlerin izotropik dokularda Young modulus (kPa) kullanılarak, anizotropik dokularda ise shear modulus (m/s) ile yapılmasının daha güvenilir olacağı yönünde fikirler bulunmaktadır. Ancak bu konuda net bir görüş birliği yoktur. Ayrıca yapılan bir çalışmada Young modulus ile shear modulus arasında kas dokusu değerlendirmede yüksek korelasyon olduğu bildirilmiştir [69].

6. SONUÇ

Shear wave elastografi kas sertliğini izole ve kantitatif değerlendirmeyi sağlayan noninvaziv bir görüntüleme yöntemidir. Çalışmamızda spastisite değerlendirmede rutin pratikte kullanılan ve subjektif veriler sağlayan klinik yöntemler (MAS ve MTS) ile SWE ölçümleri arasında anlamlı korelasyon tespit edilmiştir. SP'li hastalarda objektif spastisite ölçümü tanı, tedavi planlanması ve takipte oldukça önemlidir. SWE'nin bu amaçla, SP'li hastalarda kas sertliği değerlendirilmesinde faydalı bilgiler sağlayacağı düşünülmektedir.

7. KAYNAKLAR

1. Rosenbaum, P., et al., *A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006*. Developmental medicine and child neurology. Supplement, 2007. **109**: p. 8-14.
2. Cans, C., et al., *Recommendations from the SCPE collaborative group for defining and classifying cerebral palsy*. Developmental Medicine & Child Neurology, 2007. **49**: p. 35-38.
3. Sankar, C. and N. Mundkur, *Cerebral palsy-definition, classification, etiology and early diagnosis*. The Indian Journal of Pediatrics, 2005. **72**(10): p. 865-868.
4. Krigger, K.W., *Cerebral palsy: an overview*. American family physician, 2006. **73**(1).
5. Yam, W.K.L. and M.S.M. Leung, *Interrater reliability of Modified Ashworth Scale and Modified Tardieu Scale in children with spastic cerebral palsy*. Journal of child neurology, 2006. **21**(12): p. 1031-1035.
6. Fosang, A.L., et al., *Measures of muscle and joint performance in the lower limb of children with cerebral palsy*. Developmental medicine and child neurology, 2003. **45**(10): p. 664-670.
7. NUMANO, A. and M.K.G. LU, *Intraobserver reliability of modified Ashworth scale and modified Tardieu scale in the assessment of spasticity in children with cerebral palsy*. Acta Orthop Traumatol Turc, 2012. **46**(3): p. 196-200.
8. AKBAŞ, A.N. and M.K. GÜNEL, *Spastik serebral palsili çocuklarda spastisiteyi değerlendiren iki farklı klinik ölçeğin kaba motor fonksiyonu ile ilişkisi*. Journal of Exercise Therapy and Rehabilitation, 2016. **3**(3): p. 77-83.
9. Graham, H.K., et al., *Recommendations for the use of botulinum toxin type A in the management of cerebral palsy*. Gait & posture, 2000. **11**(1): p. 67-79.
10. Kahraman, A., et al., *Should botulinum toxin A injections be repeated in children with cerebral palsy? A systematic review*. Developmental Medicine & Child Neurology, 2016. **58**(9): p. 910-917.
11. Shiina, T., et al., *WFUMB guidelines and recommendations for clinical use of ultrasound elastography: Part 1: basic principles and terminology*. Ultrasound in medicine & biology, 2015. **41**(5): p. 1126-1147.
12. Brandenburg, J.E., et al., *Feasibility and reliability of quantifying passive muscle stiffness in young children by using shear wave ultrasound elastography*. Journal of Ultrasound in Medicine, 2015. **34**(4): p. 663-670.
13. Lee, S.S., et al., *Use of shear wave ultrasound elastography to quantify muscle properties in cerebral palsy*. Clinical Biomechanics, 2016. **31**: p. 20-28.
14. Wells, P.N. and H.-D. Liang, *Medical ultrasound: imaging of soft tissue strain and elasticity*. Journal of the Royal Society Interface, 2011. **8**(64): p. 1521-1549.
15. Paluch, Ł., et al., *Use of ultrasound elastography in the assessment of the musculoskeletal system*. Polish journal of radiology, 2016. **81**: p. 240.

16. Altay, C. and M. Seçil, *Sonoelastografinin Temel İlkeleri*. 2019.
17. Bamber, J., et al., *EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography. Part 1: Basic principles and technology*. *Ultraschall in der Medizin-European Journal of Ultrasound*, 2013. **34**(02): p. 169-184.
18. Garra, B.S., et al., *Elastography of breast lesions: initial clinical results*. *Radiology*, 1997. **202**(1): p. 79-86.
19. Nightingale, K., S. McAleavey, and G. Trahey, *Shear-wave generation using acoustic radiation force: in vivo and ex vivo results*. *Ultrasound in medicine & biology*, 2003. **29**(12): p. 1715-1723.
20. Sigrist, R.M., et al., *Ultrasound elastography: review of techniques and clinical applications*. *Theranostics*, 2017. **7**(5): p. 1303.
21. Şendur, H.N. and C. Yücel, *Kas İskelet Elastografi Uygulamaları*. 2019.
22. Balleyguier, C., et al., *Breast elastography: the technical process and its applications*. *Diagnostic and interventional imaging*, 2013. **94**(5): p. 503-513.
23. Cindil, E. and S. Gültekin, *Meme Elastografisi*. 2019.
24. Creze, M., et al., *Shear wave sonoelastography of skeletal muscle: basic principles, biomechanical concepts, clinical applications, and future perspectives*. *Skeletal radiology*, 2018. **47**(4): p. 457-471.
25. Ozturk, A., et al., *Principles of ultrasound elastography*. *Abdominal Radiology*, 2018. **43**(4): p. 773-785.
26. Dietrich, C.F., et al., *EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of liver ultrasound elastography, update 2017 (long version)*. *Ultraschall in der Medizin-European Journal of Ultrasound*, 2017. **38**(04): p. e16-e47.
27. Song, P., et al., *Comb-push ultrasound shear elastography (CUSE): a novel method for two-dimensional shear elasticity imaging of soft tissues*. *IEEE transactions on medical imaging*, 2012. **31**(9): p. 1821-1832.
28. Lee, S.H., et al., *Differentiation of benign from malignant solid breast masses: comparison of two-dimensional and three-dimensional shear-wave elastography*. *European radiology*, 2013. **23**(4): p. 1015-1026.
29. Taljanovic, M.S., et al., *Shear-wave elastography: basic physics and musculoskeletal applications*. *Radiographics*, 2017. **37**(3): p. 855-870.
30. Ferraioli, G., et al., *Liver ultrasound elastography: an update to the world federation for ultrasound in medicine and biology guidelines and recommendations*. *Ultrasound in medicine & biology*, 2018.
31. Barr, R.G. and Z. Zhang, *Effects of precompression on elasticity imaging of the breast: development of a clinically useful semiquantitative method of precompression assessment*. *Journal of Ultrasound in Medicine*, 2012. **31**(6): p. 895-902.
32. Winn, N., R. Lalam, and V. Cassar-Pullicino, *Sonoelastography in the musculoskeletal system: current role and future directions*. *World journal of radiology*, 2016. **8**(11): p. 868.
33. Lin, J., et al., *An illustrated tutorial of musculoskeletal sonography: part I, introduction and general principles*. *American Journal of Roentgenology*, 2000. **175**(3): p. 637-645.

34. Kwon, D.R., et al., *Spastic cerebral palsy in children: dynamic sonoelastographic findings of medial gastrocnemius*. Radiology, 2012. **263**(3): p. 794-801.
35. Brandenburg, J.E., et al., *Quantifying passive muscle stiffness in children with and without cerebral palsy using ultrasound shear wave elastography*. Developmental Medicine & Child Neurology, 2016. **58**(12): p. 1288-1294.
36. Öztürk, M. and B. Sayinbatur, *Real-time ultrasound elastography of the Achilles tendon in patients with cerebral palsy: is there a correlation between strain ratio and biomechanical indicators?* Journal of medical ultrasonics, 2018. **45**(1): p. 143-148.
37. Bilgici, M.C., et al., *Quantitative assessment of muscle stiffness with acoustic radiation force impulse elastography after botulinum toxin A injection in children with cerebral palsy*. Journal of Medical Ultrasonics, 2018. **45**(1): p. 137-141.
38. Morris, C., *Definition and classification of cerebral palsy: a historical perspective*. Developmental Medicine & Child Neurology, 2007. **49**: p. 3-7.
39. Swaiman, K.F., S. Ashwal, and D.M. Ferriero, *Pediatric neurology: principles & practice*. Vol. 1. 2006: Elsevier Health Sciences.
40. Bax, M., et al., *Proposed definition and classification of cerebral palsy, April 2005*. Developmental medicine and child neurology, 2005. **47**(8): p. 571-576.
41. Cans, C., *Surveillance of cerebral palsy in Europe: a collaboration of cerebral palsy surveys and registers*. Developmental Medicine & Child Neurology, 2000. **42**(12): p. 816-824.
42. Serdaroğlu, A., et al., *Prevalence of cerebral palsy in Turkish children between the ages of 2 and 16 years*. Developmental medicine and child neurology, 2006. **48**(6): p. 413-416.
43. Wu, Y.W., et al., *Cerebral palsy in a term population: risk factors and neuroimaging findings*. Pediatrics, 2006. **118**(2): p. 690-697.
44. Odding, E., M.E. Roebroeck, and H.J. Stam, *The epidemiology of cerebral palsy: incidence, impairments and risk factors*. Disability and rehabilitation, 2006. **28**(4): p. 183-191.
45. Eriman, E.O., et al., *Demographic data and clinical characteristics of 202 cerebral palsy cases/Serebral palsili 202 olgunun demografik verileri ve klinik ozellikler*. Turkish Journal of Physical Medicine and Rehabilitation, 2009: p. 94-98.
46. Nelson, K.B. and J.H. Ellenberg, *Children who 'outgrew' cerebral palsy*. Pediatrics, 1982. **69**(5): p. 529-536.
47. Reddihough, D.S. and K.J. Collins, *The epidemiology and causes of cerebral palsy*. Australian Journal of physiotherapy, 2003. **49**(1): p. 7-12.
48. Beaino, G., et al., *Predictors of cerebral palsy in very preterm infants: the EPIPAGE prospective population-based cohort study*. Developmental Medicine & Child Neurology, 2010. **52**(6): p. e119-e125.
49. Özel, S., et al., *Serebral palsili çocuklarda Kaba Motor Fonksiyon Sınıflama Sistemi düzeyleri ve tedavi yöntemleri arasındaki ilişki*. Turkish Journal of Physical Medicine & Rehabilitation/Türkiye Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Dergisi, 2016. **62**(2).

50. Beyazova, M. and Y.G. Kutsal, *Fiziksel tıp ve rehabilitasyon*. 2016: Güneş Tıp Kitabevleri.
51. Palsi, Y.A.S., *Gökçay E, Sönmez M (Editörler)*. Çocuk Nörolojisinde. Ankara: Anıl Grup Matbaacılık, 2010: p. 229-239.
52. Dursun, N., *Serebral Palsi*. Tıbbi Rehabilitasyon, Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul, 2004: p. 957-974.
53. Jan, J.E., et al., *Visual impairment due to a dyskinetic eye movement disorder in children with dyskinetic cerebral palsy*. Developmental medicine and child neurology, 2001. **43**(2): p. 108-112.
54. El, Ö., et al., *Interobserver reliability of the Turkish version of the expanded and revised gross motor function classification system*. Disability and rehabilitation, 2012. **34**(12): p. 1030-1033.
55. Compagnone, E., et al., *Functional classifications for cerebral palsy: correlations between the gross motor function classification system (GMFCS), the manual ability classification system (MACS) and the communication function classification system (CFCS)*. Research in Developmental Disabilities, 2014. **35**(11): p. 2651-2657.
56. Eliasson, A.-C., et al., *The Manual Ability Classification System (MACS) for children with cerebral palsy: scale development and evidence of validity and reliability*. Developmental medicine and child neurology, 2006. **48**(7): p. 549-554.
57. Singhi, P., et al., *Epilepsy in children with cerebral palsy*. Journal of child neurology, 2003. **18**(3): p. 174-179.
58. Chong, S.K., *Gastrointestinal problems in the handicapped child*. Current Opinion in Pediatrics, 2001. **13**(5): p. 441-446.
59. Park, M.J., et al., *Ocular findings in patients with spastic type cerebral palsy*. BMC ophthalmology, 2016. **16**(1): p. 195.
60. Charalambous, C.P., *Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity*, in *Classic papers in orthopaedics*. 2014, Springer. p. 415-417.
61. Scholtes, V.A., et al., *Clinical assessment of spasticity in children with cerebral palsy: a critical review of available instruments*. Developmental Medicine & Child Neurology, 2006. **48**(1): p. 64-73.
62. Levitt, S. and A. Addison, *Treatment of cerebral palsy and motor delay*. 2018: Wiley-Blackwell.
63. Koman, L.A., et al., *Management of cerebral palsy with botulinum-A toxin: preliminary investigation*. Journal of pediatric orthopedics, 1993. **13**(4): p. 489-495.
64. Heinen, F., et al., *European consensus table 2006 on botulinum toxin for children with cerebral palsy*. European Journal of Paediatric Neurology, 2006. **10**(5-6): p. 215-225.
65. Park, G.-Y. and D.R. Kwon, *Sonoelastographic evaluation of medial gastrocnemius muscles intrinsic stiffness after rehabilitation therapy with botulinum toxin a injection in spastic cerebral palsy*. Archives of physical medicine and rehabilitation, 2012. **93**(11): p. 2085-2089.
66. Booth, C.M., M.J. Cortina-Borja, and T.N. Theologis, *Collagen accumulation in muscles of children with cerebral palsy and correlation with severity of spasticity*. Developmental medicine and child neurology, 2001. **43**(5): p. 314-320.

67. Fridén, J. and R.L. Lieber, *Spastic muscle cells are shorter and stiffer than normal cells*. Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine, 2003. **27**(2): p. 157-164.
68. Smith, L.R., et al., *Hamstring contractures in children with spastic cerebral palsy result from a stiffer extracellular matrix and increased in vivo sarcomere length*. The Journal of physiology, 2011. **589**(10): p. 2625-2639.
69. Eby, S.F., et al., *Validation of shear wave elastography in skeletal muscle*. Journal of biomechanics, 2013. **46**(14): p. 2381-2387.
70. Bilgici, M.C., et al., *Quantitative assessment of muscular stiffness in children with cerebral palsy using acoustic radiation force impulse (ARFI) ultrasound elastography*. Journal of Medical Ultrasonics, 2018. **45**(2): p. 295-300.
71. Brandenburg, J.E., et al., *Ultrasound elastography: the new frontier in direct measurement of muscle stiffness*. Archives of physical medicine and rehabilitation, 2014. **95**(11): p. 2207-2219.
72. Vola, E., et al., *Use of ultrasound shear wave to measure muscle stiffness in children with cerebral palsy*. Journal of ultrasound, 2018. **21**(3): p. 241-247.
73. Vasilescu, D., et al., *Sonoelastography contribution in cerebral palsy spasticity treatment assessment, preliminary report: a systematic review of the literature apropos of seven patients*. Medical ultrasonography, 2010. **12**(4): p. 306-310.
74. Boyaci, A., et al., *Changes in spastic muscle stiffness after botulinum toxin A injections as part of rehabilitation therapy in patients with spastic cerebral palsy*. NeuroRehabilitation, 2014. **35**(1): p. 123-129.
75. Brandenburg, J.E., et al., *Quantifying effect of onabotulinum toxin A on passive muscle stiffness in children with cerebral palsy using ultrasound shear wave elastography*. American journal of physical medicine & rehabilitation, 2018. **97**(7): p. 500-506.
76. Wong, V., *Use of botulinum toxin injection in 17 children with spastic cerebral palsy*. Pediatric neurology, 1998. **18**(2): p. 124-131.
77. Flett, P., et al., *Botulinum toxin A versus fixed cast stretching for dynamic calf tightness in cerebral palsy*. Journal of paediatrics and child health, 1999. **35**(1): p. 71-77.
78. Friedman, A., et al., *Effects of botulinum toxin A on upper limb spasticity in children with cerebral palsy*. American journal of physical medicine & rehabilitation, 2000. **79**(1): p. 53-59.

8. ÖZET

BOTULİNÜM TOKSİN A ENJEKSİYONU YAPILAN SEREBRAL PALSİLİ ÇOCUKLARDA KAS SERTLİĞİNİN SHEAR WAVE ELASTOGRAFİ İLE KANTİTATİF DEĞERLENDİRİLMESİ

Amaç: Serebral palsili (SP) çocuklarda botulinum toksin A (BoNT-A) enjeksiyonu sonrasında medial gastroknemius (GK) kası sertliğindeki değişikliğin shear wave elastografi (SWE) yöntemi ile ölçülerek, tedavi etkinliğini değerlendirmede kullanılabilirliğini ve klinik ölçümler ile korelasyonunu araştırmaktır. Ayrıca GK spastisitesine yönelik tedavinin, antagonisti olan anterior tibial (TA) kas sertliğinde nasıl bir değişikliğe neden olduğunu SWE ile göstermektir.

Gereç ve yöntem: Çalışmaya spastik tip SP'li, GK kasına BoNT-A enjeksiyonu planlanan 24 çocuk hasta (43 alt ekstremite) dahil edildi. Kas sertliği işlem öncesi ve sonrası 1.ay SWE yöntemi kullanılarak ölçüldü. Kas spastisitesi eş zamanlı modifiye Aswforth skalası (MAS) ve modifiye Tardieu skalası (MTS) ile değerlendirildi.

Bulgular: BoNT-A enjeksiyonu sonrası medial GK kası SWE ölçümleri (öncesi: 45.9 ± 6.5 kPa, 1. ay: 25.0 ± 5.7 kPa) istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalmıştır ($p<0.01$). MAS ve MTS sonuçlarında da istatistiksel anlamlı bir fark tespit edilmiştir. SWE değerleri ile MAS skorları arasında istatistiksel olarak anlamlı, pozitif yönde, yüksek düzeyde korelasyon saptanmıştır ($\rho: 0.77$; $p<0.01$). SWE değerleri ile MTS parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı korelasyon saptanmıştır. TA kas SWE ölçümleri (öncesi: 36.9 ± 7.9 kPa, 1. ay: 28.4 ± 5.2 kPa) istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalmıştır ($p<0.01$).

Sonuç: SWE ile kas sertliğinin kantitatif lm, SP’li çocuklarda spastisite ve tedavi etkinliği değerlendirmede önemli bilgiler verebilir.

Anahtar kelimeler: Shear wave elastografi, serebral palsy, kas spastisite, botulinum toksin A, modifiye Tardieu skalası

9. SUMMARY

QUANTITATIVE EVALUATION OF MUSCLE STIFFNESS WITH SHEAR WAVE ELASTOGRAPHY IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY AFTER BOTULINUM TOXIN A INJECTION

Aim: The aim of this study was to evaluate the changes in medial gastrocnemius muscle (GCM) stiffness after botulinum toxin A (BTA) injection in children with cerebral palsy (CP) by using shear wave elastography and to investigate the usability of this technique in evaluation of treatment efficacy and correlation with clinical measurements. In addition, SWE is used to assess whether treatment for GCM spasticity causes an alteration in the stiffness of the anterior tibial (TA) muscle which is its antagonist.

Materials and methods: Forty-three spastic lower extremities of 24 children with CP were evaluated. BTA injection treatment was applied to the medial GCM. Muscle stiffness was measured with the shear wave elastography technique before the procedure and one month after the procedure. The patients were evaluated with the modified Ashworth scale (MAS) and modified Tardieu scale (MTS) in the physiotherapy department at about the same time.

Results: Mean SWE values of GCM muscle were measured as 45.9 ± 6.5 kPa before BTA and as 25.0 ± 5.7 kPa after BTA, and the difference between them was found to be statistically significant ($p < 0.01$). Also a statistically significant difference was found between MAS and MTS results. There was a statistically significant, positive and high correlation between SWE values and MAS scores ($\rho: 0.77$; $p < 0.01$). A statistically significant correlation was found between SWE values and MTS parameters. Mean SWE values of TA muscle were measured

as 36.9 ± 7.9 kPa before BTA and as 28.4 ± 5.2 kPa after BTA, and the difference between them was found to be statistically significant ($p < 0.01$).

Conclusion: Quantitative measurement of muscle stiffness with SWE might provide important information for evaluating spasticity and treatment efficacy in children with CP.

Keywords: Shear wave elastography, cerebral palsy, muscle spasticity, botulinum toxin A, modified Tardieu scale

10. ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı : Nurullah DAĞ

Doğum Yeri ve Tarihi : Malatya/ 02.06.1989

Eğitimi:

- İhtisas Eğitimi : Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji A.D.
- Üniversite : Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi
- Lise : Elazığ Kaya Karakaya Fen Lisesi

Yabancı Dili : İngilizce

Üye Olduğu Bilimsel Kuruluşlar:

- Türk Radyoloji Derneği
- Avrupa Radyoloji Derneği