

Gergin Filum Terminale (Tanı – Cerrahi Endikasyonları ve Zamanlaması)

Tethered Cord Syndrome (Diagnosis – Surgical Indications and Timing)

Öz

Gergin Omurilik Sendromu (GOS), omuriliğin alt ucunda herhangi bir sebebe bağlı olarak yapışıklık gelişmesi ile karakterize olan karmaşık bir nörolojik bozukluktur. Bu durum bir dizi nörolojik semptomu neden olur. GOS teşhisi, klinik öykü, fiziksel muayene ve manyetik rezonans görüntüleme (MRG) gibi görüntüleme yöntemlerinin omurilik morfolojisini ve gerginliği değerlendirmek için kullanıldığı çok yönlü bir yaklaşımı içerir. Klinik belirtiler arasında sırt ağrısı, alt ekstremitelerde güçsüzlük veya duyu değişiklikleri, üriner sistem bozuklukları ve ortopedik anormallikler yer alabilir. Cerrahi müdahale, semptomatik vakalarda veya nörolojik bozulma belirtileri görüldüğünde genellikle gereklidir. Cerrahinin başlıca amacı, omuriliği serbestleştirmek ve semptomları hafifletmek, böylece uzun vadede gelişebilecek nörolojik arazları önlemektir. Bununla birlikte, cerrahi müdahale için karar, yaş, eşlik eden hastalıklar ve genel sağlık durumu gibi faktörler göz önünde bulundurularak bireyselleştirilmelidir. Sonuç olarak, GOS yönetiminde kapsamlı bir tanısall değerlendirme ve cerrahi zamanlamanın önemi vurgulanmaktadır. Bu hastaların tedavi stratejilerini ve klinik sonuçları optimize etmek için, klinikler ve hasta ve yakınları arasında işbirlikçi karar verme esastır.

Anahtar Sözcükler: Gergin omurilik sendromu, Kalın - yağlı filum terminale, Spina bifida occulta

ABSTRACT

Tethered Cord Syndrome (TCS) is a complex neurological disorder characterized by the abnormal fixation of the spinal cord, typically at the conus, leading to a spectrum of neurological symptoms. Diagnosis of TCS involves a multifaceted approach, incorporating clinical history, physical examination, and neuroimaging modalities such as magnetic resonance imaging (MRI) to assess spinal cord morphology and tethering. Clinical manifestations may include back pain, lower extremity weakness or sensory changes, bowel and bladder dysfunction, and orthopaedic abnormalities. Surgical intervention is often indicated in symptomatic cases of TCS or when neurological deterioration is evident. The primary goal of surgery is to release the tethered spinal cord and alleviate symptoms, thereby preventing further neurological deficits. The timing of surgical intervention remains a critical aspect of the management of TCS. However, the decision for surgical intervention should be individualized, considering factors such as age, comorbidities, and overall health status. In conclusion, this abstract highlights the significance of a comprehensive diagnostic evaluation and judicious timing of surgical intervention in managing TCS. Multidisciplinary decision-making between clinicians and patients is essential to tailor treatment strategies and optimize clinical outcomes in patients with TCS.

Keywords: Tethered cord syndrome, Thickened - fatty filum terminale, Spina bifida occulta

GİRİŞ

Yamada ve arkadaşlarının çalışmalarına göre gergin omurilik sendromu; distal kısmı esnek olmayan bir yapı tarafından sıkıca tutulan omuriliğin gerginliğine bağlı işlevsel bozukluktur (5,21). Omuriliğin L2 seviyesinin altına çeken elastik olmayan bir yapı tarafından yapıştığı anomaliler grubudur, bu durum spinal kanalı içinde omuriliğin normal hareketini kısıtlar (5,15).

Gergin omurilik sendromu (GOS) kısa kalın filum terminale, lipomiyelomeningosel, ayrık omurilik sendromları gibi doğumsal sebeplere bağlı olabileceği gibi, miyelomeningosel cerrahisi sonrasındaki yapışıklıklar gibi edinsel sebeplere bağlı ortaya çıkabilmektedir. En sık sebebi ise embriyolojik gelişim esnasında meydana gelen filum terminalenin normal esnekliğini kazanamamasına yol açan bazı morfolojik değişikliklerdir. Bilinmektedir ki filum terminalenin elastikiyetinin fazla olması sayesinde omuriliğin aşırı gerilmesinin önüne geçmek-

tedir (5,21). Kalınlaşmış filum terminale (TFT), filumun yağ ve/veya yoğun fibröz doku ile infiltre olduğu bir durumu ifade eder. Garceau (1953), ilk olarak filum terminalenin kesilmesinden sonra klinik düzelme gösteren üç çocuğu tanımladı ve bu duruma "filum terminale sendromu" adını verdi (4).

PATOFİZYOLOJİ

Gergin filum terminale hastaları incelendiğinde mekanizmanın gerginliğin sebep olduğu hipoksi sonucunda oluşan aksonal ve nöronal yaralanma olduğu sonucuna varılmıştır. Gergin omurilik sendromunda gelişen bu yaralanmanın temelinde üç mekanizma yatar (21);

1. **Elektrofizyolojik değişiklikler:** Hücre bütünlüğü korunsa da aksiyon potansiyelini oluşturan sinaptik elektriksel akımda yavaşlama gözlenir. Bu da motor (MEP) ve duyu-sal uyarılmış potansiyellerin (SEP) latanslarında uzamaya yol açar.
2. **Metabolik değişiklikler:** Omuriliğin distal kısmında gerilme sırasında adenosin difosfatın (ADP), adenosin trifosfata (ATP) fosforilasyonunun son basamağı olan sitokrom aa3'e dönüşümünde bozukluk olduğu izlenmiştir.
3. **İskemik değişiklikler:** Yine azalmış kan akımı ve buna bağlı glikoz mekanizmalarına bağlı beslenme bozuklukları patofizyolojide önemli yer oynamaktadır.

Uzun süre gerginliğe maruz kalan omurilikte, gerilme kuvvetlerine bağlı olarak kalıcı nöronal hasar meydana gelmektedir.

KLİNİK BULGULAR

Klinik tablo yaşa bağlı değişkenlik göstermektedir. Hastalar cilt bulguları, nörolojik, ortopedik ve ürolojik şikâyetlerle hekime başvurur. Oyun çocuğu döneminde ortopedik ve ürolojik sorunlar daha sık görülmekle birlikte, adölesan dönemde ağrı şikâyeti daha sıktır. Hastaların yapılan fizik muayenelerinde sıklıkla cilt bulguları (%40) izlenmektedir (1,2,5). Cilt bulguları daha çok orta hatta yerleşimlidir. Bunlar arasında ciltte kabarıklık, kıllanma artışı, sakral gamze, hemanjyom ve dermal sinüs ağzı izlenmektedir.

Nörolojik bulgular genellikle erken dönem bulgusu olarak izlenmezler. Büyüme çağında ortaya çıkmaktadır. Sıklıkla bel ağrısı, alt ekstremitelerde uyuşukluk ve güç kaybı, sinir trasesi boyunca yayılan radiküler ağrı şeklinde ortaya çıkmaktadır. İlerleyen zamanlarda spastisite, reflekslerde azalma veya asimetri meydana gelebilmektedir (2,5,17).

Gergin omurilik sendromlu hastalarda görülen ortopedik problemler arasında skolyoz önemli yer tutmaktadır. Skolyoza, omuriliğe iskemik hasarın neden olduğu, paravertebral kas tonusunun anormalleşmesi ve duyu sisteminin işlev bozukluğu yol açmaktadır. Skolyoz, hastaların %25'inde görülür (5,15). Skolyozun yanı sıra alt ekstremitelerde ayaklarda içe dönüklük ve kokovarus deformitesi de sıklıkla yer almaktadır. Özellikle skolyoz cerrahisi öncesinde yapılacak ayrıntılı incelemelere gergin omurilik olup olmadığına dikkat edilmelidir. Omurilik düzeltici cerrahiler altta yatan etiolojik sebep düzeltilmeden yapıldığı takdirde nörolojik kayıpların artması olasıdır.

Ürolojik şikâyetlerin sık görüldüğü gergin omurilik sendromu olan hastalarda idrar inkontinansı sık başvuru sebeplerin-

dendir. Antibiyoterapiye rağmen yineleyen idrar yolu enfeksiyonlarında gergin omurilik sendromu akla gelmelidir. Tuvalet eğitiminin tamamlanmadığı küçük yaşlardaki çocuklarda yapılacak olan ultrasonografi görüntülemelerde rezidü idrar izlenmesi sfinkter kusuru olabileceğini göstermektedir.

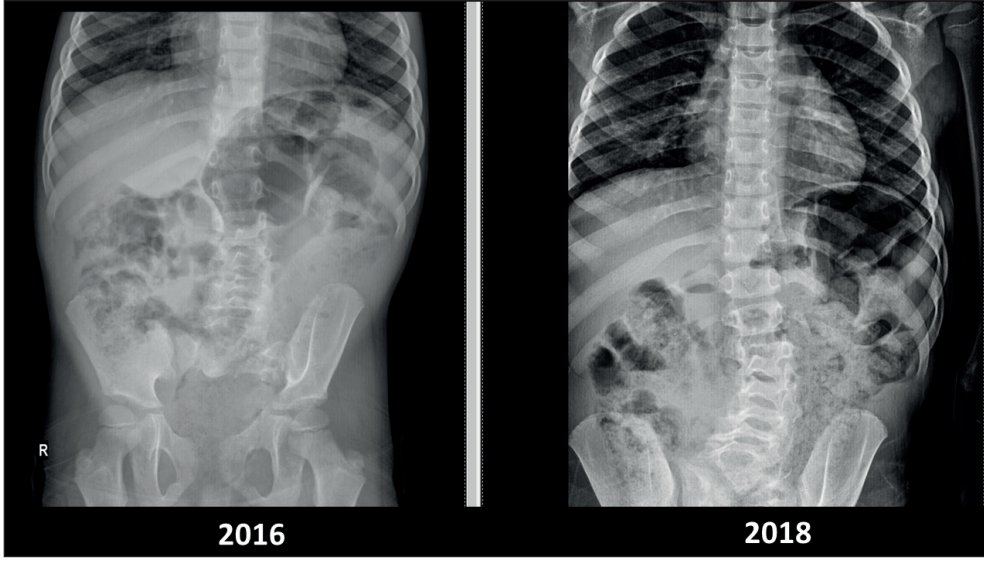
Yetişkin hastalarda rastlanan gergin filum terminalede, pedi-yatrik vakalara kıyasla farklı klinik belirtiler gösterir. Yetişkinlerde en yaygın klinik belirti ağrıdır, bunu motor veya duyu-sal işlev bozukluğu ve sfinkter işlev bozukluğu takip eder. Ancak pedi-yatrik hastalarda en yaygın semptomlar cilt bulguları, motor ve sfinkter işlev bozukluğudur. Hem yetişkin hem de pedi-yatrik hastalarda mesane işlev bozukluğu görülmesine rağmen, yetişkinler daha yaygın olarak sıkışma (urgency) ve stres tipi idrar kaçırma yaşarken, pedi-yatrik hastalar genellikle enürezis ve azalmış idrar akışı gösterirler. Ayrıca, yetişkin başlangıçlı GOS'da, dejeneratif omurga hastalığı ve üriner bozukluklar gibi diğer yaygın durumları andırabilir, bu da yanlış tanı veya eksik tanıya yol açabilir (5).

TANISAL YÖNTEMLER

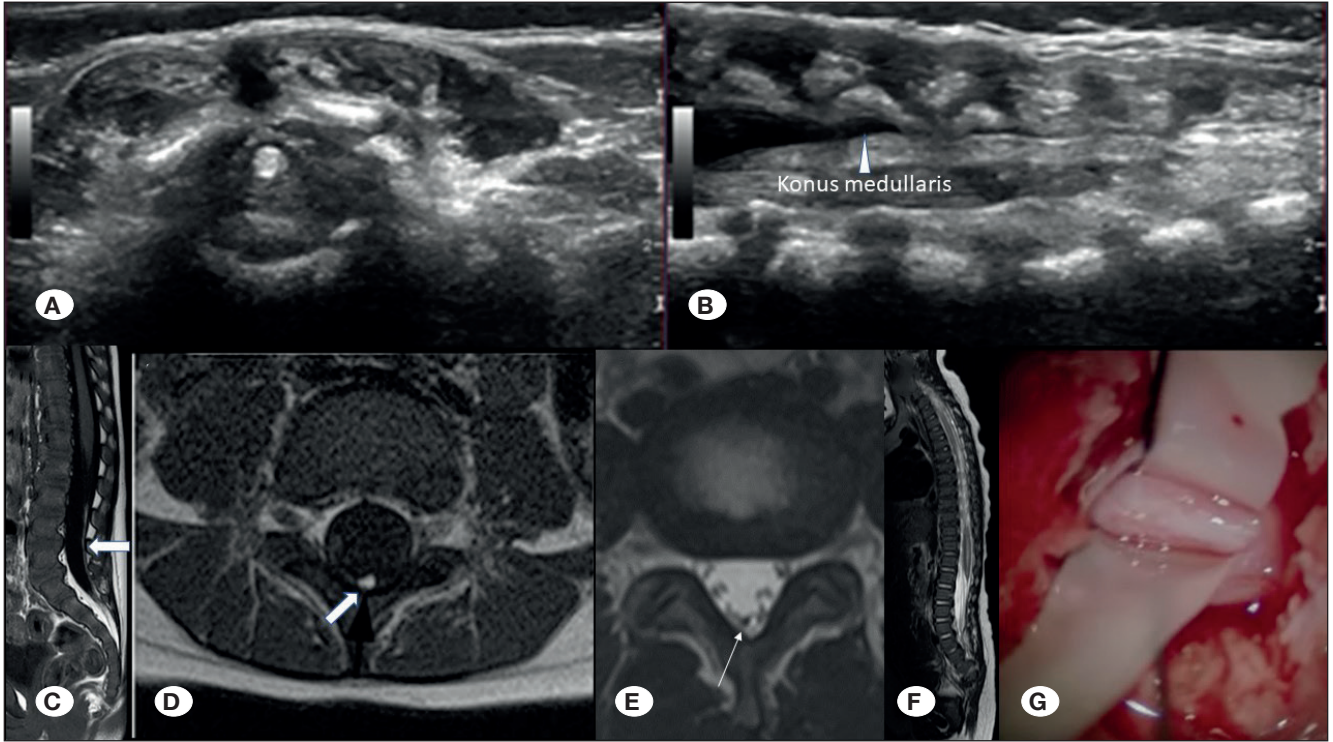
Gergin omurilik sendromu ön tanısı olan hastalarda tanı için radyolojik görüntülemelerden, ürodinami testlerinden ve elektrofizyolojik çalışmalardan yararlanılır.

Radyolojik İncelemeler (5,7-10)

- **Direkt Grafii:** Röntgen tetkiki ilk sırada kullanılacak, en basit test olarak dikkat çekmektedir. Ancak tanisal değeri yoktur. Skolyoz, lordoz veya kifoz artışı, eşlik eden arksüzüyon defektleri veya patolojik lamina görünümüleri röntgen tetkikleriyle değerlendirilebilmektedir (Şekil 1).
- **Ultrason:** Spinal ultrasonlar doğumdan sonra ilk 6 ayda, manyetik rezonans görüntülemeye (MRG) alternatif olarak değerlendirilmelidir. Filum terminale ve kauda ekuina değerlendirilmesi ve spinal kanaldaki yapı bozukluklarının belirlenmesinde rol oynamaktadır (Şekil 2A). Aynı zamanda spinal kordun pulsasyonla hareketi eş zamanlı gözle-nelir.
- **Batın ultrasonu** özellikle ürolojik komplikasyonların değerlendirilmesinde önemli yer arz etmektedir. Mesanede işeme sonrası (postvoiding) idrar rezidüsünü değerlendirmede, veziköüretal reflü varlığını tayin etmede ve böbrek boyut ve parankimini değerlendirmede kullanılmaktadır.
- **Bilgisayarlı Tomografi:** Kemik yapıların değerlendirilmesinde en önemli görüntüleme aracı bilgisayarlı tomografidir. Radyasyon maruziyeti de göz önüne alındığında gergin filum terminalede bu inceleme gerekli değildir. Vertebra dizilimi, lamina patolojileri ve ek kemik patolojilerinin değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılmaktadır.
- **Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG):** Omuriliğin spinal kanal içindeki yerleşimi, çevre yapıların spinal kord üzerindeki etkisini değerlendirmede altın standart yöntem MRG'dir (Şekil 2C-F). Omurilik yapısını, konusun seviyesini, eşlik eden sirinks varlığını, filum boyutlarını, filumun yağlı olup olmadığını ve omurilikte lipom varlığının tayininde MRG son derece önemli bir tetkiktir. Filum seviyesinin L1 – 2 disk seviyesinin altında olması, filum terminalenin 2 mm'den daha kalın veya yağlı izlenmesi gergin omurilik lehine bulgular olarak izlenmektedir (Şekil



Şekil 1: Daha önce spina bifida nedeniyle ameliyat edilen çocuğun direkt grafi takiplerinde 2 yıl sonra yeniden gerilmeye (re-tethered) bağlı skolyozda artışı görülmekte.



Şekil 2: A, B) 5 aylık bebeğin Spinal USG görüntülemesi. C, D) Yağlı filum terminale Lomber MRG T1 kesitlerinde hiperintens görünürken, E) Fibrotik filum terminale T 2 kesitlerinde hipointens görünür. F) Gergin omurilik sendromunda konus medullaris düzeyinde siringomyeli de görülebilir. G) Kalın ve yağlı filum terminalenin ameliyat sırasında çekilen fotoğraftaki görüntüsü.

2G). Yine çekilen MRG'lerde omuriliğin distal kısmında sirinks kavitesinin görülmesi gergin omurilik açısından akılda bulundurulması gerekmektedir. Ancak konus medullaris seviyesinin fizyolojik yerleşiminde olduğu, filum terminale kalınlığının normal izlendiği hastalarda cilt lezyonlarının izlenmesi, mesane disfonksiyonunun görülmesi ve skolyozun izlenmesi durumunda 'Minimal Gergin Omurilik Sendromu' aklı getirilmelidir (11,12,22).

Spinal konusu normal yerleşim gösteren hastalarda gergin omurilik düşünülüyorsa 'Sine MRG' ile omuriliğin hareket kısıtlılığı gözlemlenebilir. Yine 'Pron MRG' adı verilen tetkikte

sırt üst yatarken çekilen lomber MRG'de konuş spinal kanalın ortasında yerleşim gösterirken pron pozisyonda çekilen MRG'de omurganın konkav tarafına yaklaşacağı için anteriorya yer değiştirmesi beklenir. Filum terminaleye bağlı gerginlik olduğunda Pron MRG'de konus anteriorya doğru yer değiştirmez ve posteriyorda gergin olarak kalır.

Ürodinamik İncelemeler

Gergin omurilik sendromunda ürolojik problemler sıklıkla görülmektedir. Bu problemlerin tanısında ve takibinde ürodinamik tetkikler çok önemli rol oynamaktadır. Özellikle erken dönemde teşhisi koyulamayan ürolojik problemlerin ilerleyen

dönemlerdeki tedavilere rağmen sonuçları yüz güldürücü olmayabilir. Cerrahi öncesinde yapılacak çalışmalar ile operasyon sonrasındaki dönemde yapılacak olan çalışmaların kıyaslaması tedavinin başarısını ve olası re-tethered kord tanısı açısından önemli rol oynamaktadır. Ürodinamik tetkiklerde detrüsör kasın disfonksiyonu ve sfinkter dissinerjisi en erken bulgular olarak göze çarpmaktadır (DSD – Detrüsör / Sfinkter Dissinerjisi). En sıklıkla karşılaşılan sonuç ise detrüsör hiperrefleksidir (2,5,7,9,10,19).

Elektrofizyolojik İncelemeler

Elektrofizyolojik incelemeler hastaların tanısının konulmasında, cerrahi esnasında ve hasta takiplerinde kullanılmaktadır. Sıklıkla somatosensoryel uyarılmış potansiyel (SEP) ve EMG tetkikleri kullanılmaktadır. Cerrahi esnasında fonksiyonel lifler ile non-fonksiyone dokuların ayırımında, oluşabilecek komplikasyonların önlenmesi açısından hayati öneme sahiptir. Vaka bitiminde alınan değerler ile vaka öncesinde değerlerin karşılaştırılması ile de cerrahinin etkinliği ortaya koyulabilmektedir. Cerrahi sonrasında yapılan tetkiklerde SEP'de latansın artması ve amplitüdün düşmesi yeniden gerilme (re-tethered) kord için önemli bulgulardandır (2,5,8).

CERRAHİ TEDAVİ

Yapılan tetkiklerde konusun olması gereken seviyenin daha altında izlenmesi (L 1 – 2 intervertebral disk), filum terminalenin olması gerekenden daha yağlı ve/veya kalın olarak görülmesi ve klinik semptomların izlendiği hastalarda cerrahi planlanmaktadır. Giderek artan motor ve duyu kaybının görüldüğü, mesane ve işeme bozukluklarının arttığı, özellikle hareketle artan bel ve alt ekstremité ağrılarında ve skolyoz graflerinde açılanmanın arttığı hasta gruplarında cerrahi yöntemler tedavi seçenekleri olarak tercih edilmelidir (6, 20) Yıllarca asemptomatik olarak takip edilen hastaların travma, ağır yük taşıma gibi mikrotravmalar sonrasında bel ağrısı gibi semptomların ortaya çıktığı hastalarda cerrahi yaklaşımların başarı oranları düşük olmaktadır. Bu hastalarda cerrahi planlarken endikasyonlar gözden geçirilmeli ve konservatif tedaviler de göz önünde bulundurulmalıdır (2,7,19,20).

Toplumun büyük kısmında konus medullarisin L2 seviyesinin üstünde olduğu izlenmektedir (8,17,18). Yapılan tetkiklerde MRG'de konusun olması gereken seviyelerde izlendiği ve diğer radyolojik tetkiklerde patoloji izlenmeyen hastalarda gergin omurilik sendromuna ait klinik bulguların izlendiği hastalarda cerrahi endikasyonlar tartışmalıdır (12,13). Yapılan çalışmalarda bu hastaların üriner işlevlerin ameliyat sonrasında düzeldiği gösterilmiştir (10,19).

Cerrahi zamanlama açısından çoğu klinisyen, semptomatik gergin filum terminale hastalarının erken ameliyat edilmesi gerektiğine inanmaktadır. Asemptomatik gergin filum terminale yönetimi konusunda uzlaşma yoktur çünkü kalın filumun doğal seyri büyük ölçüde bilinmemektedir. Bununla birlikte profilaktik cerrahinin güvenliği giderek artan bir şekilde desteklenmektedir. Shang ve ark, 2019 yılında yayınladığı 326 vakalık serisinde yetişkinlerde semptomlar genellikle çocuklardakinden daha ciddi olmasına rağmen, yetişkinlerin cerrahisinin daha zor olduğu görüşüne katılmadıklarını belirtmiştir (14). Gergin filumun cerrahi sonucunun iyi olduğuna dair yaygın bir inanç vardır, hatta semptomlar ortaya çıktıktan sonra bile cerrahi yapılırsa bile, bu da belirtisiz kalın filum için beklentili bir yönetim uygulamasını doğurur. Ancak karşıt

görüş, cerrahinin çok düşük riskle basit ve doğrudan olduğu ve özellikle mesane konusunda gelecekteki geri dönüşü olmayan sinir hasarı olasılığını önlemek için erken yapılacak koruyucu cerrahinin mantıklı olduğunu belirtir (11-13).

Cerrahi Komplikasyon ve Prognoz

He ve ark. 2024 yılında yayınladığı 6135 vakalık serisinde çocukluk çağında en yaygın cerrahi komplikasyonlar arasında beyin omurilik sıvısı (BOS) kaçağı (%3,1), nörolojik hasarı (%2,4) ve yara enfeksiyonu (%1,5) yer almaktadır. Benzer şekilde, yetişkin grubunda en yaygın komplikasyonlar BOS sızıntısı (%6,5), sinir hasarı (%3,6), kötü yara iyileşmesi (%1,6) ve yara enfeksiyonu (%1,5) olarak görülmüştür. Genel olarak, komplikasyonların görülme sıklığı yetişkin grubunda daha yüksekti (5). Findlay ve ark. ise 3798 vakalık serilerinde benzer sonuçlara ek olarak %12 gibi daha yüksek bir yara enfeksiyonu oranı yayınlamıştır (3). Bu durum da daha düşük risk taşıması nedeniyle erken yaşta yapılacak cerrahiye savunabiliriz.

Genel olarak ameliyat sonrası şikâyetlerin iyileşme oranı sonra yaklaşık %60 olup, tüm klinik semptomlar arasında en çok ağrının gerilediği raporlanmıştır. Yetişkinlerde ağrı, motor bozukluk, güçsüzlük ve duyu/duyu-motor semptomları çocukluk çağına göre daha iyi iyileşme gösterirken, yetişkinlere kıyasla yürüme bozuklukları ve sfinkter işlev bozukluğunun (mesane ve bağırsak işlev bozukluğu dahil) çocuklarda daha iyi prognoz gösterdiği raporlanmıştır (5,16).

SON SÖZ

Sonuç olarak, Gergin Filum Terminalenin yönetiminde cerrahi zamanlamanın dikkatle belirlenebilmesi için kapsamlı bir tanısız değerlendirmeye ihtiyaç vardır. Bununla birlikte, cerrahi müdahale için karar, yaş, eşlik eden hastalıklar ve genel sağlık durumu gibi faktörler göz önünde bulundurulacak bireylerde tedavi stratejilerini ve klinik sonuçları optimize etmek için, klinikler arasında (multidisipliner) yaklaşım ve hastalar arasında iyi iletişim kurarak ortak karar verme esastır.

KAYNAKLAR

1. Bui CJ, Tubbs RS, Oakes WJ: Tethered cord syndrome in children: A review. *Neurosurg Focus* 23(2):1- 9, 2007
2. Cochrane DC: Occult spinal dysraphism. In: Albright AL, Pollack IF, Adelson PD (eds), *Principles and Practice of Pediatric Neurosurgery*. New York: Thieme, 2008:367-393
3. Findlay MC, Tenhoeve S, Terry SA, Iyer RR, Brockmeyer DL, Kelly MP, Kestle JRW, Gonda D, Ravindra V: Disparities in indications and outcomes reporting for pediatric tethered cord surgery: The need for a standardized outcome assessment tool. *Childs Nerv Syst* 40(4):1111-1120, 2024
4. Garceau GJ: The filum terminale syndrome (the cord-tracti-on syndrome). *J Bone Joint Surg Am* 35-A(3):711-716, 1953
5. He K, Wang K, Liu Z, Zhang L, Liu S, Zhang X, Wang Y, Zhang W, Zhang L, Yu Y, Wu H: Tethered cord syndrome from pediatric and adult perspectives: A comprehensive systematic review of 6135 cases. *Neurosurg Focus* 56(6): E18, 2024
6. Lapsiwala SB, Iskandar B: The tethered cord syndrome in adults with spina bifida occulta. *Neurol Res* 26:735-740, 2004

7. Lee GY, Paradiso G, Tator CH, Gentili F, Massicotte EM, Fehlings MG: Surgical management of the tethered cord syndrome in adults: Indications, techniques and longterm outcomes in 60 patients. *J Neorusurg Spine* 4:123-131, 2006
8. Lew SM, Kothbauer KF: Tethered cord syndrome: An updated review. *Pediatric Neurosurgery* 43:236-248, 2007
9. Michelson DJ, Ashwal S: Tethered cord syndrome in childhood: Diagnostic features and relationship to congenital anomalies. *Neurol Res* 26:745-753, 2004
10. Reigel DH, McLone DG: Tethered spinal cord. Cheek WR (ed), *Pediatric Neurosurgery*. Philadelphia: WB Saunders, 1994:77-95
11. Selden NR, Nixon RR, Skoog SR, Lashley DB: Minimal tethered cord syndrome associated with thickening of the terminal filum. *J Neurosurg* 105 Suppl 3:214-218, 2006
12. Selçuki M, Coşkun K: Management of tight filum terminale syndrome with special emphasis on normal level conus medullaris (NLCM). *Surg Neurol* 50(4):318-322; discussion 322, 1998
13. Selçuki M, Ünlü A, Uğur HC, Soğur T, Ankan N, Selçuki D: Patients with urinary incontinence often benefit from surgical detethering of tight filum terminale. *Childs Nerv Syst* 16:150-154, 2000
14. Shang AJ, Yang CH, Cheng C, Tao BZ, Zhang YZ, Gao HH, Bai SC: Microsurgical efficacy in 326 children with tethered cord syndrome: A retrospective analysis. *Neural Regen Res* 14(1):149-155, 2019
15. Singrakhia M, Malewar N, Jangle A: Intraspinial anomalies in early onset scoliosis: Current concepts. *J Pediatr Neurosci* 13(3):294-301, 2018
16. Sun J, Zhang Y, Wang H, Wang Y, Yang Y, Kong Q, Xu X, Shi J: Clinical outcomes of primary and revision untethering surgery in patients with tethered cord syndrome and spinal bifida. *World Neurosurg* 116:e66-e70, 2018
17. Tubbs RS, Oakes WJ: Can the conus medullaris in normal position be tethered. *Neurol Res* 26:727-731, 2004
18. Warder DE: Tethered cord syndrome and occult spinal dysraphism. *Neurosurg Focus* 10(1):1-9, 2001
19. Yamada S, Won DJ, Siddiqi J, Yamada SM: Tethered cord syndrome: Overview of diagnosis and treatment. *Neurol Res* 26:719-721, 2004
20. Yamada S, Won DJ, Yamada SM, Hadden A, Siddiqi J: Adult tethered cord syndrome: Relative to spinal cord length and filum thickness. *Neurol Res* 26:732-734, 2004
21. Yamada S, Lonser RR, Won DJ, Yamada BS: Pathophysiology of tethered cord syndrome. In: Yamada S (ed), *Tethered Cord Syndrome in Children and Adults*, 2nd ed. New York: Thieme, 2010:19-42
22. Yang J, Won JK, Kim KH, Lee JY, Kim SK, Shin HI, Park K, Wang KC: Occult tethered cord syndrome: A rare, treatable condition. *Childs Nerv Syst* 238(2):387-395, 2022