



## Özgün Araştırma / Original Article

# Spina bifidalı çocuklarda lezyon seviyesine göre oturma becerisi ve üst ekstremitte fonksiyonlarının incelenmesi

## Assessment of sitting abilities and upper extremity functions according to lesion level in children with spina bifida

Evrım Karadağ Saygı,<sup>1</sup> Tuğba Özsoy,<sup>1</sup> Şule Başkaya,<sup>2</sup> Ceren Çiçek,<sup>2</sup> Özgür Honaç,<sup>2</sup> Gülfiliz Devecioğlu,<sup>2</sup> İbrahim Gökçe<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi, (Öğrenci), İstanbul, Türkiye

<sup>3</sup>Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi Çocuk Nefrolojisi Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Geliş tarihi / Received: Ekim 2015 Kabul tarihi / Accepted: Aralık 2015

### ÖZ

**Amaç:** Bu çalışmada spina bifidalı (SB) çocuklarda lezyon seviyesine göre ambulasyon becerileri, oturma dengesi ve üst ekstremitte fonksiyonları değerlendirildi.

**Hastalar ve yöntemler:** Çalışmaya 90 SB hastası (44 erkek, 46 kız; ort. yaş 7 yıl; dağılım 4-12 yıl) ve yaş ve cinsiyet açısından eşleştirilmiş 42 sağlıklı çocuk (20 erkek, 22 kız; ort. yaş 7.5 yıl; dağılım 4-12 yıl) dahil edildi. Hastaların ambulasyon becerileri ve el fonksiyon düzeyleri incelendi. Üst ekstremitte değerlendirmeleri kutu blok testi (KBT), dokuz delik tahta testi (DDTT) ve dinamometre ile yapıldı.

**Bulgular:** Spina bifida hastalarının DDTT, KBT performansları, sağlıklı kontrollere kıyasla, daha kötü ve el kavrama güçleri daha zayıftı. Şant varlığı, üst ekstremitte fonksiyonlarını olumsuz etkileyen önemli bir faktör olarak tespit edildi; ancak şanti olmayan SB'li hastaların testlerdeki performansı da, sağlıklı kontrollere kıyasla, daha kötüydü. Lezyon seviyesi yükseldikçe, ambulasyonun kötüleştiği ve oturma becerisinin olumsuz etkilendiği gözlemlendi. Ambulasyon becerisi ile oturma süresi de ilişki bulundu.

**Sonuç:** Spina bifidalı hastaların ambulasyon sorunlarının yanı sıra oturma becerileri ve üst ekstremitte fonksiyonlarında da sorun vardır. Değerlendirme sırasında, özellikle şanti olan SB'li hastalarda bu noktalar gözden kaçırılmamalı ve üst ekstremitte ve gövde dengesine yönelik çalışmalar da programda yer almalıdır.

**Anahtar sözcükler:** Ambulasyon; oturma dengesi; spina bifida; üst ekstremitte fonksiyonu.

### ABSTRACT

**Objectives:** This study aims to evaluate the ambulation skills, sitting balance, and upper extremity functions according to the lesion level in children with spina bifida (SB).

**Patients and methods:** A total of 90 SB patients (44 boys, 46 girls; mean age 7 years; range 4 to 12 years) and 42 age- and sex-matched healthy children (20 boys, 22 girls; mean age 7.5 years; range 4 to 12 years) were included in the study. The ambulation skills and upper extremity functions of the patients were analyzed. The upper extremity functions were assessed using the box and blocks test (BBT), nine-hole peg test (NHPT), and dynamometer.

**Results:** Spina bifida patients had worse performance on the NHPT, BBT and their handgrip hold was weaker, compared to healthy controls. The presence of shunt was found to be an important factor which deteriorated the upper extremity functions; however, SB patients without a shunt also had worse upper extremity function test performance, compared to healthy controls. As the lesion level increased, ambulation worsened and the sitting ability was adversely affected. The ambulation skill and sitting duration were also found to be correlated to each other.

**Conclusion:** Patients with SB have troubles with sitting abilities and upper extremity functions besides the ambulation problems. During the evaluation of SB patients with a shunt, particularly, these considerations should be kept in mind and the workouts for upper extremity functions and trunk balance should take part in the rehabilitation program.

**Keywords:** Ambulation; sitting balance; spina bifida; upper extremity function.

**İletişim adresi / Corresponding author:** Dr. Evrim Karadağ Saygı, Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, 34890 Üst Kaynarca, Pendik, İstanbul, Türkiye. e-posta / e-mail: evrimkaradag4@hotmail.com

Cite this article as:

Karadağ Saygı E, Özsoy T, Başkaya Ş, Çiçek C, Honaç Ö, Devecioğlu G, et al. Assessment of sitting abilities and upper extremity functions according to lesion level in children with spina bifida. Turk J Phys Med Rehab 2016;62(4):303-7.

Spina bifida (SB) ikinci en sık çocukluk çağı engellik nedenidir.<sup>[1]</sup> Bu hastalarda var olan kifoskolyoz, kalça çıkığı ya da kontraktür, otururken veya ayakta postür sorunları yaratabilmektedir.<sup>[2]</sup> En temel sorun yürüyememe ya da patolojik yürüme kabul edildiğinden, rehabilitasyonda ve bilimsel araştırmalarda alt ekstremitelerde sorunlarına ağırlık verilmiştir.<sup>[3-5]</sup> Ancak üst ekstremitelerde yemek yeme, kişisel hijyen gibi temel fonksiyonları yerine getirmekten iletişim kurma veya mesleki beceri gibi daha karmaşık fonksiyonlara kadar geniş yelpazede önem arz eder. Günümüzde gelişen medikal ve cerrahi destek ile bu çocukların %75'inin sağlıklı bir şekilde erişkin döneme ulaştığı düşünülecek olursa, sosyal yaşama katılım noktasında da üst ekstremitenin ayrıntılı değerlendirilmesi ve sorunların net olarak tanımlanması önemlidir.<sup>[6]</sup>

Bugüne kadar SB'li hastaların üst ekstremitelerde fonksiyonlarını inceleyen çalışmalarda üst ekstremitelerde fonksiyonlarında gerilik olabileceği bildirilmiş, ancak sıklıkla bu durum Chiari malformasyonu ya da serebellar lezyon ile ilişkilendirilmiştir.<sup>[7-11]</sup> Diğer taraftan bu çocuklar dikkatle izlendiğinde hidrosefali ya da Chiari malformasyonu gibi ek sorunu olmayanlarda da üst ekstremitelerde fonksiyonlarında gerilik görülmektedir.<sup>[12]</sup> Bu hastalarda görülen kas iskelet sistemi sorunları oturma becerisini olumsuz etkilemektedir ve bugüne kadar yapılmış çalışmalarda oturma becerisi ile üst ekstremitelerde fonksiyonları arasındaki ilişkiyi gösteren çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada spinal lezyon seviyesine göre ambulasyon becerisi, oturma dengesi ve üst ekstremitelerde fonksiyonlarının incelenmesi amaçlandı.

## HASTALAR VE YÖNTEMLER

Çalışmaya Mayıs 2014 - Ekim 2014 tarihleri arasında Marmara Üniversitesi Hastanesi Pediatrik Rehabilitasyon polikliniğinde SB tanısı ile takip edilen 90 hasta (44 erkek, 46 kız; ort. yaş 7 yıl; dağılım 4-12 yıl) dahil edildi. Kontrol grubu olarak ise aynı yaş ve cinsiyette 42 sağlıklı çocuk (20 erkek, 22 kız; ort. yaş 7.5 yıl; dağılım 4-12 yıl) değerlendirildi. Hastaların öz geçmiş bilgileri kaydedildi, kas iskelet ve nörolojik muayeneleri yapıldı. Mental retardasyonu olan, ileri derecede görme veya işitme sorunu olan hastalar çalışmaya dahil edilmedi. Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi'nden etik kurul onayı alındı (70737436-050.06.04-1400/24214). Hastalar yapılacak işlemler hakkında bilgilendirildi ve bilgilendirilmiş yazılı onamları alındı. Çalışma Helsinki Deklarasyonu ilkeleri uyarınca gerçekleştirildi.

Demografik veriler, dominant el, hidrosefali ve şant varlığı sorgulandı ve kaydedildi. Radyolojik değerlendirme ve ayrıntılı nörolojik muayene yapıldı. Spinal lezyon seviyesi üst torakal, alt torakal, üst lomber, alt lomber ve sakral olmak üzere beş grupta incelendi.<sup>[13]</sup> Ayrıca torakal lezyonlar üst lezyon seviyesi; lomber ve sakral lezyonlar ise alt lezyon seviyesi şeklinde iki ana grupta toplandı.<sup>[14]</sup>

Ambulasyon becerileri Hoffer kriterlerine göre (toplum içi ambule, ev içi ambule, non-fonksiyonel, non-ambulatuar) değerlendirildi. Ayrıca tekerlekli sandalye kullanan ya da sadece tedavi sırasında ayağa kaldırılanlar non-ambule; ev ve toplum içi ambule olanlar ise fonksiyonel ambule şeklinde iki ana grupta toplandı.<sup>[15]</sup>

Oturma becerisi için desteksiz oturabilme durumu (ellerinden destek almaksızın sandalyede oturma) ve desteksiz oturması halinde oturma süresi değerlendirildi ve 0-4 arası puanlandı (0: desteksiz oturamaz, 1: destekle oturabilir, 2: kısa süreli ( $\leq 20$  saniye) desteksiz oturabilir, 3: desteksiz oturabilir  $>20$  saniye, 4: süresiz desteksiz oturabilir).<sup>[16]</sup>

Üst ekstremitelerde fonksiyonlarını değerlendirmek için zamana bağlı testler olan kutu blok testi (KBT), dokuz delik tahta testi (DDTT) kullanıldı. El fonksiyonlarını değerlendirmek için Green ve Banks modifiye sınıflaması, elin kavrama gücünü değerlendirmek için ise Jamar el dinamometresi (Sammons Preston, Bolingbrook, IL, USA) kullanıldı. Testler sırasında; katılımcıların sırtları desteklenmiş şekilde sandalyede oturur vaziyette ve ayak tabanları zeminle tam temas halindedir. Tüm testler; dirseklerin konulabileceği yükseklikte masa üzerinde, sağ ve sol el için ikiye kez yinelenir ve testlerin ortalamaları alındı. Hastaların, günlük aktivitelerinde kullandıkları el dominant el kabul edilerek, sadece dominant ellerini kullandıkları test sonuçları kaydedildi.

Kutu blok testi tek taraflı kaba el becerisini değerlendirmek için kullanıldı. Bu testte her kenarı 2.5 cm olan 150 blok ve ikiye ayrılmış kutu bulunmakta, bir dakika içinde ikiye ayrılmış olan kutunun bir tarafından diğer tarafına geçirilen blok sayısı becerinin seviyesi belirlenmektedir.

Dokuz delik tahta testi üst ekstremitelerde fonksiyonu ve parmak becerisini değerlendirmek için kullanılmaktadır. Bu testte dokuz delikli bir test materyali ve bu deliklere uygun dokuz adet çubuk bulunmakta ve bu çubukların mümkün olduğunca hızlı bir biçimde deliklere yerleştirilmesi ile becerinin seviyesi belirlenmektedir. Tüm çubukların yerleştirilme süresi kaydedilmektedir.

**Tablo 1.** Spina bifidalı hastaların klinik verileri

	Hasta sayısı	Yüzde
Ambulasyon becerisi		
Toplum içi ambule	40	44.4
Ev içi ambule	18	20.0
Non-fonksiyonel ambule	18	20.0
Non-ambule	14	15.6
Lezyon seviyesi		
Üst torakal	11	12.2
Alt torakal	19	21.1
Üst lomber	14	15.5
Alt lomber	23	25.6
Sakral	23	25.6
Chiari malformasyonu		
Var	5	5.6
Yok	85	94.4

Jamar hidrolik el dinamometresi iki ayrı birim üzerinden analog göstergesi ile el kavrama kuvvetini gösterme özelliğine sahiptir. Pound ve kilogram cinsinden ölçüm yapabilir. Ölçüm aralığı 200 pound, 90 kg'dır. Farklı el büyüklüğüne sahip kişiler için beş ayrı pozisyonda ayar yapılabilir.

#### İstatistiksel analiz

İstatistiksel analizler SPSS 16.0 versiyon (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) yazılım programı kullanılarak yapıldı. Çalışma verileri değerlendirilirken tanımlayıcı istatistiksel yöntemlerin (ortalama, standart sapma, minimum-maksimum) yanı sıra verilerin karşılaştırılmasında Student t testi ile Mann-Whitney U testi kullanıldı. İlgileşim analizleri ise Spearman korelasyon analizi ile yapıldı.  $P < 0.05$  istatistiksel anlamlı kabul edildi.

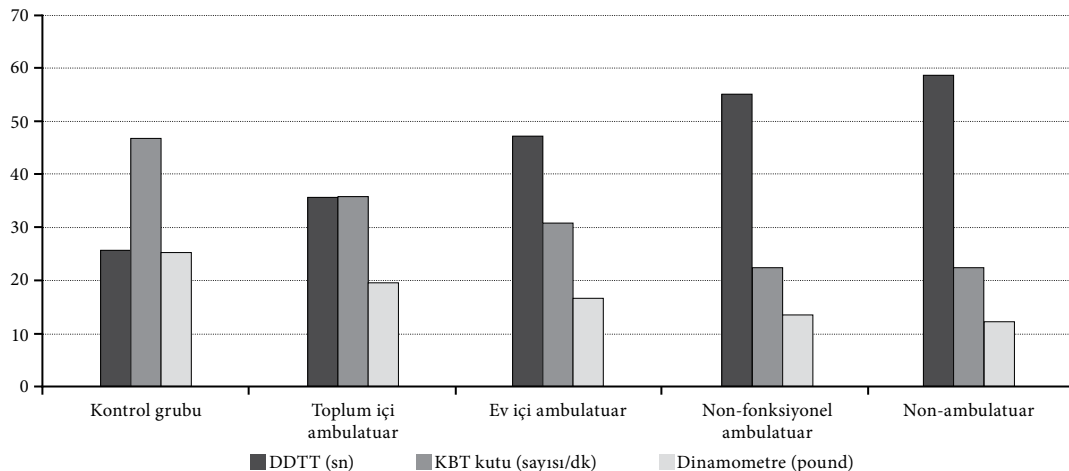
**Tablo 2.** Spina bifida ve kontrol grubunun üst ekstremitte fonksiyon test sonuçlarının karşılaştırılması

	Spina bifida	Kontrol	p
	Ort.±SS	Ort.±SS	
DDTT (sn)	45.5±29.1	25.7±8.9	<0.001
KBT (kutu sayısı/dk)	30.3±13.2	46.9±13.0	<0.001
Jamar (pound)	16.8±9.0	25.4±10.1	<0.001

Ort.±SS: Ortalama ± standart sapma; DDTT: Dokuz delik tahta testi; KBT: Kutu blok testi.

## BULGULAR

Demografik veriler değerlendirildiğinde gruplar benzer yaş ve cinsiyet dağılımında ancak SB grubu daha düşük kilolu ve daha kısa boylu idi. Spina bifidalı hastaların ve sağlıklı kontrollerin ortalama kilosu sırası ile 21.8 kg (dağılım, 10-48) ve 27.2 kg (dağılım, 15-56) ( $p=0.001$ ); ortalama boyu ise sırası ile 108.2 cm ve 119.1 cm idi ( $p=0.001$ ). Çocukların %48.9'unda (n=44) şant var iken, %51.1'inde (n=46) şant yoktu. Spina bifidalı çocukların ambulasyon düzeyleri ve lezyon seviyeleri Tablo 1'de verilmiştir. Hastalarda ve kontrollerde dominant ekstremitte belirgin olarak sağ idi (sırasıyla, %88 ve %84;  $p=0.488$ ). Spina bifidalı çocukların DDTT, KBT performansları sağlıklı kontrollere kıyasla daha kötü, el kavrama güçleri daha zayıftı (Tablo 2). Ambulasyon kötüleştikçe DDTT'de sürenin uzun, KBT'de atılan kutu sayısının daha az, elin motor gücünün daha zayıf olduğu gözlemlendi (Şekil 1). Şantın varlığı ambulasyon ve el fonksiyonlarını kötüleştirici temel faktör olarak tespit edilmiş olsa da (Tablo 3) şantı olmayan çocukların üst ekstremitte fonksiyon testlerindeki performansı da kontrollere kıyasla daha kötü idi (Tablo 4). Lezyon seviyesi

**Şekil 1.** Ambulasyon becerisine göre üst ekstremitte fonksiyon testleri. DDTT: Dokuz delik tahta testi; KBT: Kutu blok testi.

**Tablo 3.** Şant varlığına göre üst ekstremitte fonksiyon testlerinin karşılaştırılması

	Var (n=44)	Yok (n=46)	p
	Ort.±SS	Ort.±SS	
DDTT (sn)	58.0±33.4	33.6±17.9	<0.001
KBT (kutu sayısı/dk)	23.6±11.1	36.6±12.0	<0.001
Jamar (pound)	14.4±8.9	19.1±8.5	0.003

Ort.±SS: Ortalama ± standart sapma; DDTT: Dokuz delik tahta testi; KBT: Kutu blok testi.

yükseldikçe ambulasyonun kötüleştiği ve oturma becerisinin olumsuz etkilendiği gözlemlendi ( $r=0.643$ ,  $p<0.001$ ). Aynı zamanda ambulasyon becerisi ile oturma süresi arasında da negatif ilişki bulundu ( $r= -0.562$ ,  $p<0.001$ ).

### TARTIŞMA

Spina bifidalı çocuklar aynı yaş ve cinsiyetteki sağlıklı kontrollere kıyasla daha zayıf ve kısa boylu idi. Spina bifidalı çocuklar tüm üst ekstremitte fonksiyon testlerinde kontrollere kıyasla daha geri idi. Hastalar kendi içerisinde değerlendirildiğinde lezyon seviyesi arttıkça testlerde başarı düşmekte ve oturma dengesi kötüleşmekteydi. Şant varlığına göre test sonuçları değerlendirildiğinde ise şantı olan SB'li çocukların testlerdeki performansının daha düşük olduğu görüldü. Diğer taraftan şantı olmayan SB'li çocukların da sağlıklı kontrollerden geri olduğu görüldü.

Çocuklarda sıklıkla görülen sorunlardan biri obezite idi ve bu durum çocukların fonksiyonelliğini olumsuz etkilemekteydi. Aktivite kısıtlılığı, immobilizasyon ve sosyal çevre tarafından kabul edilmeme bu çocuklarda sedanter yaşama ve obeziteye neden olmaktadır. Obezite de mobilizasyonu olumsuz etkilemekte ve kısır döngü oluşturmaktadır. Dosa ve ark.<sup>[16]</sup> SB'li erişkinlerde obezite oranını %37 olarak tespit etmiş, ancak 6-11 yaş aralığındaki hastalarda bu oranın sağlıklı kontrollerle benzer olduğunu bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda da hastaların boy ve kiloları sağlıklı kontrollere kıyasla daha düşük saptandı ve bu durum non-ambulatuar hasta sayımızın literatürdeki çalışmalara kıyasla daha az olması ile ilişkilendirildi.

Literatürde SB'li hastalarda sol el dominansı sıklığının genel nüfusa kıyasla yüksek olduğu bildirilmiş,<sup>[10]</sup> özellikle üst seviye lezyonu olanlarda bunun daha belirgin olduğu belirtilmiştir.<sup>[14]</sup> Doksan SB hastasını incelediğimiz çalışmamızda ise kontrol grubu ile benzer şekilde %80'nin üzerinde sağ el kullanımının olduğu görüldü. Üst seviye lezyonlu hastalarda sağ el kullanımı %83 iken, alt seviyelilerde bu oran %90 idi ( $p=0.363$ ). Benzer şekilde fonksiyonel ambule grupla non-ambule grup arasında da fark yoktu (sırasıyla, %89, %84).

**Tablo 4.** Spina bifida ve kontrol grubunun üst ekstremitte fonksiyon test sonuçlarının karşılaştırılması

	Şantsız SB	Kontrol	p
	Ort.±SS	Ort.±SS	
DDTT (sn)	33.6±18	25.8±9	0.007
KBT (kutu sayısı/dk)	36.7±12	47±13.1	<0.001
Jamar (pound)	19±8.5	25.4±10.2	0.003

Ort.±SS: Ortalama ± standart sapma; DDTT: Dokuz delik tahta testi; KBT: Kutu blok testi.

Üst ekstremitte becerileri hastaların temel olarak transfer, self kateterizasyon, giyinme gibi öz bakımlarını gerçekleştirebilmeleri için son derece önemlidir. Bu beceriler için hem motor güç hem de koordinasyon gereklidir. 1997'de Muen ve Bannister<sup>[17]</sup> bu hastalarda el kaslarının güçsüz olduğunu göstermişler ve bunu ince motor becerideki geriliğin temel nedeni olarak göstermiş, ancak el fonksiyonlarındaki geriliği hidro-sefali, zihinsel gerilik ve serebral patolojilere bağlamışlardır. 2003'de Gölge ve ark.<sup>[18]</sup> ise bu hastaların el kaslarının yeterli güçte olduğunu ancak güç yönetiminin kötü olduğunu, bunun el fonksiyonlarını bozduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada motor güçsüzlük ve zamana bağlı koordinasyon gerektiren testlerde sağlıklı kontrollere kıyasla gerilik gözlenmiştir. Bu gerilik hidro-sefali, şant gibi ek nörolojik sorunu olmayan hastalarda da gösterilmiş ancak geriliğin nedeni güçsüzlük ve koordinasyon eksikliğinin birlikteliği olarak değerlendirilmiştir.

Üst ekstremitte becerileri için oturma dengesi önemli bir etmendir.<sup>[10]</sup> Oturma dengesi kötüleştikçe üst ekstremitte destek amaçlı kullanılmakta ve bu da beceri gelişimini olumsuz etkilemektedir. Spinal lezyon seviyesi ise oturma becerisi ile yakından ilişkilidir. Lezyon seviyesi arttıkça ambulasyon kötüleşmekte ve oturma dengesi bozulmaktadır.<sup>[13]</sup>

Spina bifidalı hastalarda şant, hidro-sefali gibi ek nörolojik sorunlar sıklıkla görülebilmektedir. Şantı olan hastalar ayrıca değerlendirildiğinde; bu hastaların hem oturma becerilerinin hem de üst ekstremitte fonksiyon testlerindeki performanslarının daha kötü olduğu görüldü. Daha önce Dennis ve ark.<sup>[10]</sup> da yapmış oldukları çalışmada üst ekstremitte motor fonksiyonlarındaki geriliği hidro-sefali, Chiari tip 2 malformasyonu ile ilişkilendirmişlerdir. Ancak bu çalışmada şant olmayan hastalarda da fonksiyonlarda gerilik görülmüş ve şant varlığı temel kötüleştirici faktör olarak bulunmuştur.

Sonuç olarak, SB'li hastaların ambulasyon sorunlarının yanı sıra oturma becerileri ve üst ekstremitte fonksiyonlarında da sorun vardır. Lezyon seviyesi yükseldikçe ambulasyonun kötüleştiği gibi oturma becerisi

ve üst ekstremitte fonksiyonları da olumsuz etkilenir. Şant varlığı bu sorunların belirginleşmesine neden olur. Üst ekstremitte fonksiyonları uygun testlerle kolaylıkla değerlendirilebilmektedir ve testler ambulasyon ile oturma becerisinin belirleyicisi olarak kullanılabilir. Hasta değerlendirilirken oturma becerisi ve üst ekstremitte fonksiyonları gözden kaçırılmamalı ve rehabilitasyon programlarında mutlaka üst ekstremitte fonksiyonlarına ve gövde dengesine yönelik de çalışılmalıdır.

#### Çıkar çakışması beyanı

Yazarlar bu yazının hazırlanması ve yayınlanması aşamasında herhangi bir çıkar çakışması olmadığını beyan etmişlerdir.

#### Finansman

Yazarlar bu yazının araştırma ve yazarlık sürecinde herhangi bir finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir.

### KAYNAKLAR

- Rossi R, Alexander M, Cuccurullo S. Pediatric Rehabilitation. In: Cuccurullo S, editor. Physical Medicine and Rehabilitation Board Review. New York: Demos Medical Publishing; 2004. p. 645-742.
- Thomson JD, Segal LS. Orthopedic management of spina bifida. *Dev Disabil Res Rev* 2010;16:96-103.
- Battibugli S, Gryfakis N, Dias L, Kelp-Lenane C, Figlioli S, Fitzgerald E, et al. Functional gait comparison between children with myelomeningocele: shunt versus no shunt. *Dev Med Child Neurol* 2007;49:764-9.
- Carroll NC. Assessment and management of the lower extremity in myelodysplasia. *Orthop Clin North Am* 1987;18:709-24.
- Swaroop VT, Dias L. Orthopedic management of spina bifida. Part I: hip, knee, and rotational deformities. *J Child Orthop* 2009;3:441-9.
- Bowman RM, McLone DG, Grant JA, Tomita T, Ito JA. Spina bifida outcome: a 25-year prospective. *Pediatr Neurosurg* 2001;34:114-20.
- Grimm RA. Hand function and tactile perception in a sample of children with myelomeningocele. *Am J Occup Ther* 1976;30:234-40.
- Jacobs RA, Wolfe G, Rasmuson M. Upper extremity dysfunction in children with myelomeningocele. *Z Kinderchir* 1988;43:19-21.
- Jansen J, Taudorf K, Pedersen H, Jensen K, Seitzberg A, Smith T. Upper extremity function in spina bifida. *Childs Nerv Syst* 1991;7:67-71.
- Dennis M, Salman MS, Jewell D, Hetherington R, Spiegler BJ, MacGregor DL, et al. Upper limb motor function in young adults with spina bifida and hydrocephalus. *Childs Nerv Syst* 2009;25:1447-53.
- Jewell D, Fletcher JM, Mahy CE, Hetherington R, MacGregor D, Drake JM, et al. Upper limb cerebellar motor function in children with spina bifida. *Childs Nerv Syst* 2010;26:67-73.
- Schoenmakers MA, Gulmans VA, Gooskens RH, Helders PJ. Spina bifida at the sacral level: more than minor gait disturbances. *Clin Rehabil* 2004;18:178-85.
- Pauly M, Cremer R. Levels of mobility in children and adolescents with spina bifida-clinical parameters predicting mobility and maintenance of these skills. *Eur J Pediatr Surg* 2013;23:110-4.
- Fletcher JM, Copeland K, Frederick JA, Blaser SE, Kramer LA, Northrup H, et al. Spinal lesion level in spina bifida: a source of neural and cognitive heterogeneity. *J Neurosurg* 2005;102:268-79.
- Schoenmakers MA, Uiterwaal CS, Gulmans VA, Gooskens RH, Helders PJ. Determinants of functional independence and quality of life in children with spina bifida. *Clin Rehabil* 2005;19:677-85.
- Dosa NP, Foley JT, Eckrich M, Woodall-Ruff D, Liptak GS. Obesity across the lifespan among persons with spina bifida. *Disabil Rehabil* 2009;31:914-20.
- Muen WJ, Bannister CM. Hand function in subjects with spina bifida. *Eur J Pediatr Surg* 1997;7:18-22.
- Gölge M, Schütz C, Dreesmann M, Kuhtz-Buschbeck JP, Hoppe B, Wenzelburger R, et al. Grip force parameters in precision grip of individuals with myelomeningocele. *Dev Med Child Neurol* 2003;45:249-56.