



Özgün Araştırma / Original Article

Hidrosefali Etiyolojisinin Şant Enfeksiyonu, Disfonksiyonu ve Prognoz Üzerine Etkisi, 7 Yıllık Takip

Barış Aslanoğlu^{ID 1}, Bilal Yoldaş^{ID 2}, Barış Altun^{ID 2}, Sezer Onur Günara^{ID 3}, Kamuran Aydın^{ID 1}, Abdurrahman Arpa^{ID 2}, Pinar Aydın Ozturk^{ID 2}

1 Beyin ve Sinir Cerrahisi, Gazi Yaşargil Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Diyarbakır, Türkiye

2 Beyin ve Sinir Cerrahisi, Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi, Diyarbakır, Türkiye

3 Beyin ve Sinir Cerrahisi, Özel Bower Hastanesi, Diyarbakır, Türkiye

Geliş: 21.05.2025; Revizyon: 03.09.2025; Kabul Tarihi: 04.09.2025

Öz

Giriş: Hidrosefali, beyin-omurilik sıvısı (BOS) üretiminin artması, emiliminin bozulması veya dolaşım yollarında tıkanıklık gibi çeşitli nedenlerle ortaya çıkabilir. Hidrosefalinin en sık cerrahi tedavisi ventriküloperitoneal şant (VPŞ) uygulamasıdır.

Bu çalışmada, hidrocefali nedeniyle VPŞ yerleştirilen ve en az 7 yıl izlenen hastaların kısa ve uzun dönem sonuçları değerlendirilmiş, prognozu etkileyen faktörler araştırılmıştır.

Metod: Çalışmaya Ocak 2011 – Aralık 2016 tarihleri arasında hidrocefali nedeniyle ventriküloperitoneal şant takılan 196 hasta dahil edilmiştir. Hastalar şant takılma etiyojisine göre kommunike ve non kommunike olmak üzere iki gruba ayrılmıştır.

Bulgular: Hastaların %45,9'u kadın, %54,1'i erkekti ve yaş ortalaması 152,1 ± 239,3 aydı. Ortalama cerrahi sayısı 2,05 ± 1,74 olup, %20,4'üne eksternal ventriküler drenaj uygulanmıştır. Hastaların %20,9'unda en az bir şant enfeksiyonu öyküsü mevcuttu. Hidrosefali tipine göre %24'ü obstrüktif, %76'sı kommunike olarak sınıflandırılmıştır. En sık etiyojiler spina bifida (%33,2), konjenital nedenler (%17,9) ve akuadukt stenozu (%11,7) idi.

Kommunike hidrocefali daha küçük yaş grubunda daha sık görülmekteydi (p = 0.003). Cinsiyet dağılımı kommunike tipte dengeliyken, obstrüktif tipte erkek baskınlığı gözlemlendi (p = 0.020). İki grup arasında operasyon sayısı, enfeksiyon oranı, eksternal ventriküler drenaj gereksinimi ve mortalite açısından anlamlı fark izlenmedi.

Operasyon sayısı arttıkça eksternal ventriküler drenaj ihtiyacı, enfeksiyon oranı ve erken dönem mortalite ile anlamlı ilişki saptandı (p < 0.01). Ayrıca enfeksiyon artışı mortalite ile de ilişkili bulundu (p < 0.01). Ortalama takip süresi 93,1 ± 40,9 ay olup, %14,3 oranında mortalite izlenmiştir.

Sonuç: Hidrosefali etiyojisi ve demografik faktörler, şant enfeksiyonları ve prognoz üzerinde etkili olup, gelecekteki çalışmaların, şant komplikasyonlarına bağlı mortaliteyi detaylı incelemesi, tedavi yaklaşımlarını geliştirmeye katkı sağlayacaktır.

Anahtar kelimeler: Hidrosefali, şant enfeksiyonu, hidrocefali prognozu

DOI: 10.5798/dicletip.1785324

Yazışma Adresi / Correspondence: Abdurrahman Arpa, Beyin ve Sinir Cerrahisi, Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi, Diyarbakır, Türkiye e-mail: abdurrahmanarpa@windowslive.com

The Impact of Hydrocephalus Etiology on Shunt Infection, Malfunction, and Prognosis: A 7-Year Follow-Up Study

Abstract

Introduction: Hydrocephalus can result from various causes, including increased cerebrospinal fluid production, impaired absorption, or obstruction within the cerebrospinal fluid (CSF) pathways. The most common surgical intervention for hydrocephalus is ventriculoperitoneal shunt placement. In this study, we evaluated the short- and long-term outcomes of patients who underwent ventriculoperitoneal shunt implantation for hydrocephalus and were followed for a minimum of seven years. We also investigated the prognostic factors influencing patient outcomes.

Methods: This retrospective study included 196 patients who underwent ventriculoperitoneal shunt surgery for hydrocephalus between January 2011 and December 2016. Based on the etiology, patients were categorized into two groups: communicating and non-communicating hydrocephalus.

Results: Complicated hydrocephalus was significantly more common in younger patients ($p = 0.003$). While gender distribution was balanced in the communicating group, obstructive hydrocephalus showed a male predominance ($p = 0.020$). No significant differences were observed between the groups in terms of the number of operations, infection rates, need for external ventricular drainage, or mortality.

As the number of surgical interventions increased, there was a significant association with the need for external ventricular drainage, higher infection rates, and early mortality ($p < 0.01$). Moreover, an increased incidence of infection was also significantly associated with mortality ($p < 0.01$). The mean follow-up duration was 93.1 ± 40.9 months, and the overall mortality rate was 14.3%.

Conclusion: The etiology of hydrocephalus and demographic characteristics significantly influence shunt-related infections and overall prognosis. Future studies focusing on mortality related to shunt complications in greater detail may contribute to the development of more effective treatment strategies.

Keywords: Hydrocephalus, shunt infection, prognosis of hydrocephalus.

GİRİŞ

Hidrosefali, beyin omurilik sıvısının (BOS) üretimi, dolaşımı veya emilimindeki bozulmalar sonucu gelişen kompleks bir nörolojik bozukluktur¹. BOS akış dengesinin bozulması, intrakranial basınç artışı ile sonuçlanmakta ve tedavi edilmediğinde ciddi nörolojik sekellere ya da mortaliteye yol açabilmektedir. Hidrosefali; BOS'un dolaşım paternine göre genellikle kommünike ve non-kommünike olmak üzere iki temel gruba ayrılmaktadır. Bu ayrım, hem klinik seyiri hem de cerrahi tedavi planlamasını doğrudan etkilemektedir. Prematürite, enfeksiyonlar ve konjenital anomaliler gibi etkenler özellikle kommünike hidrosefali gelişiminde önemli rol oynarken², non-kommünike hidrosefali sıklıkla BOS dolanım yollarını tıkayan anatomik veya neoplastik patolojilerle ilişkilidir³⁻⁷.

Hidrosefalide en sık kullanılan cerrahi tedavi yöntemi ventriküloperitoneal şanttır (VPŞ)^{8,9}. Şant implantasyonu sonrası ilk yılda %40

oranında şant disfonksiyonu görülmektedir. Sonraki yıllarda bu oran %50'leri bulmaktadır¹⁰. Çeşitli nedenlerle şant disfonksiyonu görülebilmektedir. Şant enfeksiyonu, mekanik obstrüksiyon, aşırı BOS drenajı, şant kataterinde bükülme ve migrasyona bağlı şant disfonksiyonu görülebilmektedir¹¹.

Şant disfonksiyonu ve şant enfeksiyonu çeşitli morbiditeler ve mortalite ile sonuçlanabilmektedir. Cerrahi ilişkili problemler, şant ilişkili problemler ve enfeksiyon ilişkili problemler görülebilmekte ve tekrarlayan cerrahiler, uzamış hastane yatışına neden olabilmektedir¹².

Bu çalışma ile hidrosefali nedeniyle VPŞ takılan ve en az 7 yıl süre ile takip edilen hastaların kısa dönem ve uzun dönem sonuçlarının değerlendirilmesi ile prognozu etkileyebilecek faktörlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

YÖNTEMLER

Çalışma için üniversitemiz girişimsel olmayan klinik araştırmalar etik kurulundan 15.05.2024 tarih 162 sayı numarası ile onay alınmış olup Helsinki Deklarasyonu prensiplerine uyulmuştur.

Çalışmaya Ocak 2011 – Aralık 2016 tarihleri arasında hidrosefali nedeniyle VPŞ takılıp takibi yapılan 196 hasta dahil edilmiştir. Hastalar şant takılma etiyojisine göre non-kommunike (aquadukt stenozu, ventrikül içi kitle, Dandy Walker Malformasyonu vb.) ve kommunike (spina bifida, merkezi sinir sistemi enfeksiyonu, travma vb.) olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Bununla birlikte 18 yaş altı ve üstü hastalar iki ayrı kategoride ayrıca değerlendirilmiştir.

Hastaların yaş (ay), cinsiyet, hidrosefali etiyojisi, operasyon sayısı (takip süreleri boyunca), eksternal ventriküler drenaj (EVD) ihtiyacı ve sayısı, spina bifida varlığı, geçirilmiş VPŞ enfeksiyonu sayısı ve takip süresi çalışmaya dahil edilmiştir.

Verileri eksik olan ve/veya en az 7 yıllık takipleri olmayan hastalar çalışma dışı bırakılmıştır.

Veriler hastane veri tabanından ve hasta dosyalarından elde edilmiştir. Veriler iki araştırmacı tarafından ayrı ayrı taranarak değerlendirilmeye alınmıştır.

İstatistiksel Analiz

Veriler IBM SPSS V20 (Chicago, USA) ile analiz edildi. Çalışmada tanımlayıcı istatistik olarak nitel veriler için sayı ve yüzde, nicel veriler için aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Analiz sonuçları nicel veriler için ortalama $\pm$ standart sapma olarak sunuldu. Kategorik verilerin değerlendirilmesinde Pearson Ki-Kare testi kullanılmıştır. Sürekli değişkenlerin analizi için One-way ANOVA testi kullanıldı. p değeri 0.05'ten küçük olması anlamlı olarak kabul edildi.

BULGULAR

Çalışmaya hidrosefali nedeniyle opere edilen 196 hasta dahil edilmiştir. Hastaların %45,9'u kadın, %54,1'i erkekti. En küçük hasta 0 aylık, en büyüğü 960 aylık olup yaş ortalaması $152,1 \pm 239,33$ 'tü.

Hastaların ortalama cerrahi sayısı $2,05 \pm 1,74$ idi. Hastaların %20,4'üne EVD takılmış olup, EVD sayısı ortalaması $0,32 \pm 1,74$ olarak saptanmıştır. Hastaların %20,9'unda enfeksiyon öyküsü mevcuttu. Takip süresince şant enfeksiyon öyküsü sayısı maksimum 5'ti.

Hastaların %24'ünde obstrüktif, %76'sında kommunike hidrosefali saptanmıştır. Hidrosefali etiyojisine bakıldığında; %33,2'si spina bifida, %17,9'u konjenital, %11,7'si aquadukt stenozu, %8,2'si intrakraniyal kitle, %5,1'i merkezi sinir sistemi enfeksiyonu, %4,6'sı normal basınçlı hidrosefali, %4,6'sı ensefalosel, %3,6'sı Dandy Walker malformasyonu, %3,6'sı araknoid kist, %7,7'si ise diğer nedenlere bağlı hidrosefali (travma, intraventriküler hemoraji vs.) olarak saptandı. Hastaların %38,3'ünde nöral tüp defekti saptanmıştır.

Hastalar en az 7 yıl takip edilmiştir. Ortalama takip süresi eksitus olanlar hariç $107,57 \pm 22,06$ aydı. Takip süresince eksitus olan hasta oranı %14,3'tü. Eksitus olan hastaların takip süresi $9,76 \pm 17,63$ aydı. Eksitus olan hastalar dahil toplam takip süresi ortalaması $93,09 \pm 40,88$ aydı.

Kommunike hidrosefalinin daha küçük yaş grubunda görülmesi istatistiksel olarak anlamlı saptanmıştır (p = 0.003, Tablo 1.)

Tablo 1: Hidrosefali tipine göre dağılım

	Kommunike	Non-kommunike	Total	p
Yaş (ay)	123,95±228,67	241,21±252,79	152,1±239,33	0.003
Operasyon sayısı	2,01±1,71	2,19±1,82	2,05±1,72	0.527
EVD	0,29±0,78	0,43±0,85	0,32±0,79	0.328
Enfeksiyon	0,36±0,85	0,38±0,89	0,36±0,86	0.850
Takip (Mortalite)	10,5±20,00	8,11±11,55	9,76±17,6	0.742
Takip (Yaşayan)	105,93±21,39	113,13±23,63	107,57±22,06	0.077
Takip (Toplam)	93,12±38,89	93,02±47,09	93,09±40,88	0.988

EVD: Eksternal ventriküler drenaj

Kommunike ve non-kommunike tip hidrosefali arasında operasyon sayısı, enfeksiyon sayısı, EVD sayısı, takip süresi arasında istatistiksel farklılık saptanmamıştır (Tablo 1).

Kommunike hidrosefali görülen hastaların %52,3'ü kadın iken %49,7'si erkekti. Non-kommunike hidrosefali görülen hastaların ise %31,9'u kadın, %68,1'i erkekti. Kommunike hidrosefalide kadın/erkek oranının neredeyse eşit olduğu, obstrüktif hidrosefalide erkek cinsiyet baskınlığının olduğu görülmüş olup istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p = 0.020$).

Kommunike hidrosefalide 7 yıllık mortalite %12,8 iken non-kommunike hidrosefalide bu oran %19,1 olarak saptanmıştır ($p = 0.194$).

Kommunike hidrosefalide hastaların %43,0'ü, non-kommunike hidrosefalide hastaların %51,1'i ilk şant cerrahisi dışında şant ilişkili operasyon geçirmiştir ($p = 0.210$). Kommunike hidrosefalide hastaların %18,1'inde, non-kommunike hidrosefalide hastaların %13,8'inde EVD gerekliliği olan bir problem gelişmiştir ($p = 0.115$). Kommunike hidrosefalide hastaların %20,8'inde, non-kommunike hidrosefalide hastaların %15,8'inde şant enfeksiyon öyküsü olmuştur ($p = 0.546$).

Operasyon sayısı arttıkça EVD ihtiyacının arttığı, enfeksiyon oranının arttığı ve erken dönem mortaliteyi arttırdığı bulunmuştur ($p < 0.01$). Enfeksiyon artışının mortalite ile ilişkili olduğu görülmüştür ($p < 0.01$).

TARTIŞMA

Hidrosefali, konjenital ve edinsel birçok etiyolojik faktöre bağlı olarak gelişebilen, BOS dolaşımının bozulmasıyla karakterize olan bir durumdur. Edinsel nedenler arasında intraventriküler kanama (İVK), menenjit, beyin tümörleri, subaraknoid kanama, koroid pleksus papillomları gibi patolojiler yer alırken; konjenital nedenler arasında aquaduktus stenozu, spina bifida, Dandy-Walker sendromu ve Arnold-Chiari malformasyonu öne çıkmaktadır.

Aquaduktus stenozu, koroid pleksus papillomları, beyin tümörleri ve Dandy-Walker malformasyonu gibi lezyonlar sıklıkla non-kommunike hidrosefaliye neden olurken; İVK geç dönemi, menenjit, subaraknoid kanama, spina bifida ve Arnold-Chiari malformasyonu gibi durumlar genellikle kommunike hidrosefali gelişimiyle ilişkilidir^{13,14}.

Hidrosefalinin prognozunu belirleyen en önemli faktörlerden biri altta yatan etiyolojidir. Bununla birlikte, hastanın yaşı, cinsiyeti ve diğer demografik özellikleri de hastalığın seyrini ve tedavi yanıtını etkileyebilmektedir¹⁵⁻¹⁷.

Hastanın yaşı, hidrosefalinin prognozu üzerinde belirleyici rol oynayan önemli bir demografik faktördür. Çalışmamızda opere edilen hastaların yaşları ile hidrosefali etiyolojisi arasında anlamlı bir ilişki saptanmıştır. Özellikle kommunike tip hidrosefali, daha küçük yaş grubunda daha sık görülmüştür. Bu bulgu, kommunike tipin sıklıkla BOS emilimindeki bozukluklardan kaynaklanmasıyla açıklanabilir. Prematüre doğan bebeklerde İVK oranlarının daha yüksek olması, BOS dolaşım ve emilim sisteminde

araknoid villusların henüz tam gelişmemiş olması gibi faktörler, kommunike hidrosefali gelişimi için önemli risk oluşturur^{18,19}. Ayrıca, prematüre bebeklerde ilk üç ayda maternal IgG geçişinin sınırlı olması nedeniyle patojenlere karşı savunma mekanizmasının yetersizliği, neonatal sepsis ve menenjit gibi ciddi enfeksiyonların gelişimini kolaylaştırmakta, bu da sekonder olarak kommunike hidrosefaliye zemin hazırlamaktadır²⁰. Nitekim prematüre doğumların enfeksiyon riskini yaklaşık 4,72 kat artırdığı bildirilen yayınlar mevcuttur²¹. Konjenital anomaliler ve nöral tüp defektlerine eşlik eden hidrosefali vakalarında da genellikle kommunike tip hidrosefali gelişmektedir ve bu da daha küçük yaş gruplarında saptanan yaygınlığı açıklamaktadır²².

Hidrosefalinin prognoz üzerinde belirleyici rol oynayan bir diğer demografik faktör cinsiyettir. Mulugeta ve ark.'larının yaptığı çalışmada hidrosefali vakalarının %62,4'ü non-kommunike tip olarak saptanmış ve cinsiyetler arasında anlamlı bir fark bildirilmemiştir²³. Benzer şekilde, Bidabadi ve ark.'larının çalışmasında da non-kommunike hidrosefali oranı %55,2 olarak belirlenmiş, cinsiyet farklılığı açısından anlamlı bir bulguya ulaşılamamıştır²⁴. Nöral tüp defektlerinin kadın cinsiyetinde daha sık görülmesi nedeniyle non-kommunike tip hidrosefalinin kadın cinsiyette daha fazla görülmesi beklenirken²⁵ çalışmamızda non-kommunike tipte erkek cinsiyet baskınlığının istatistiksel olarak anlamlı bulunduğu saptanmıştır.

Yedi yıllık takip sonuçlarına göre, çalışmamızda kommunike hidrosefali grubunda mortalite oranı %12,8, non-kommunike hidrosefali grubunda ise %19,1 olarak saptanmıştır. Literatürde çocukluk çağı non-kommunike hidrosefali için bildirilen 10 yıllık mortalite oranı %5,2 civarındadır²⁶. Kahle ve ark.'larının yaptığı çalışmada çocukluk çağı hidrosefali vakalarında (konjenital + edinsel) mortalite oranı %20-40 arasında bildirilmektedir⁴.

Dewan ve ark'ları ise ülkelerin gelişmişlik düzeyine göre bu oranın %10 ile %50 arasında değiştiğini bildirmişlerdir²⁷. Hastanemizin bölge hastanesi olması ve komorbiditesi fazla olan grubun bize yönlendirilmesi, sosyoekonomik koşullar nedeniyle aile bakımının iyi olmamasına rağmen mortalite oranımız literatür verileriyle paralellik göstermektedir. Mortalite oranları, hidrosefaliye yol açan altta yatan etiyojolojiye göre farklılık göstermektedir. Özellikle İVK ve miyelomeningosel gibi durumlar, daha yüksek mortalite oranlarıyla ilişkilidir²⁶. Olgu bazlı değerlendirmelerde, kommunike hidrosefalide nöral tüp defekti varlığında eşlik eden ek anomalilerin mortaliteyi artırdığı; non-kommunike hidrosefalide ise primer hastalık (intrakraniyal kitle, travma vb.) kaynaklı komplikasyonların mortaliteyi etkilediği görülmektedir. Yalnızca şant komplikasyonları ile ilişkili mortaliteyi değerlendiren yeni çalışmaların planlanması, bu alandaki bilgi eksikliğini gidermek açısından önemlidir.

Şant revizyon oranları da hidrosefalinin etiyojolojisine göre anlamlı farklılıklar göstermektedir. Kurtuluş ve arkadaşlarının çalışmasında miyelomeningosel olgularının %28,2'si, konjenital hidrosefali olgularının %30,4'ü, İVK olgularının %32,4'ü ve enfeksiyona bağlı hidrosefali olgularının %50'si şant revizyon cerrahisi geçirmiştir. Aynı çalışmada, revizyon cerrahisi geçiren hastaların %32,4'ü birden fazla revizyon geçirmiştir²⁸. Şant revizyon sayısının artması, enfeksiyon riskini de belirgin olarak artırmaktadır. İlk revizyon sonrası enfeksiyon oranı 4 kat artarken, ikinci ve daha fazla revizyonlarda bu oran 13 katına çıkmaktadır²⁹. Bu nedenle, özellikle şant yerleştirilen hastalarda ilk cerrahinin başarılı olması ve enfeksiyonların önlenmesi uzun dönem prognoz açısından hayati öneme sahiptir. Yapılan bir başka çalışmada 15 yıl boyunca takip edilen 64 pediatrik hastanın %84,5'inin en az bir kez şant

revizyonu geçirdiği bildirilmiştir³⁰. Çalışmamızda da benzer şekilde operasyon sayısı arttıkça enfeksiyon oranının da arttığı ve bu durumun erken dönem mortalite ile doğrudan ilişkili olduğu gözlemlenmiştir.

Çalışmanın kısıtlılıkları

Mortalite ve uzun dönem takiplerde hidrosefali ilişkili sonuçların ek patolojilerden izole edilememesi çalışmayı etkilemiştir. Hastanın mortalitesinin primer hastalığa veya ek morbiditelere bağlı olup olmadığı tespit edilememiştir. Geniş hasta grubu ile istatistiksel olarak daha anlamlı sonuçlar elde edebilmek amacıyla hidrosefali etiyolojisi geniş tutulmuştur. Spesifik etiyolojilerle ve daha yüksek hasta sayılarıyla yapılacak çalışmalarda daha anlamlı sonuçlara ulaşılabilir.

SONUÇ

Hidrosefali etiyolojisi ve hastaların demografik özellikleri, şant enfeksiyonları ve hastalığın prognozu üzerinde belirleyici etkiye sahiptir. Çalışmamızda, cerrahi müdahale sayısındaki artışın enfeksiyon insidansını artırdığı, enfeksiyon öyküsünün ise mortalite oranlarını anlamlı şekilde yükselttiği gözlemlenmiştir. Gelecekte yapılacak prospektif çalışmalarda, yalnızca şant komplikasyonlarına bağlı mortalitenin ayrıntılı olarak değerlendirilmesi, tedavi stratejilerinin optimize edilmesine katkı sağlayacaktır.

Etik Kurul Kararı: Çalışma için üniversitemiz girişimsel olmayan klinik araştırmalar etik kurulundan 15.05.2024 tarih 162 sayı numarası ile onay alınmış olup Helsinki Deklarasyonu prensiplerine uyulmuştur.

Çıkar Çatışması Beyanı: Yazarlar çıkar çatışması olmadığını bildirmişlerdir.

Finansal Destek: Bu çalışma herhangi bir fon tarafından desteklenmemiştir.

Declaration of Conflicting Interests: The authors declare that they have no conflict of interest.

Financial Disclosure: No financial support was received.

KAYNAKLAR

1. Kim M, Choi JH, Park JC, et al. Ventriculoperitoneal shunt infection and malfunction in adult patients: incidence, risk factors, and long-term follow-up of single institution experience. *Neurosurg Rev.* 2024;47(1):269. doi:10.1007/s10143-023-02168-z. Cited in: PMID: 37956233.
2. Rekate HL. A contemporary definition and classification of hydrocephalus. *Semin Pediatr Neurol.* 2009 Mar;16(1):9-15. doi:10.1016/j.spen.2009.01.002. Cited in: PMID: 19218027.
3. Rekate HL. Hydrocephalus in children: Pathophysiology and treatment. *Pediatr Clin North Am.* 1992;39(3):677-703. doi:10.1016/S0031-3955(16)38325-7. Cited in: PMID: 1593165.
4. Kahle KT, Kulkarni AV, Limbrick DD Jr, et al. Hydrocephalus in children. *Lancet.* 2016;387(10020):788-799. doi:10.1016/S0140-6736(15)60694-8. Cited in: PMID: 26382940.
5. Mulugeta H, et al. Pattern and outcome of pediatric hydrocephalus: A tertiary center experience. *Ethiop J Health Sci.* 2019;29(1):831-838. doi:10.4314/ejhs.v29i1.18. Cited in: PMID: 31818578.
6. Bidabadi E, Mashouf M, et al. Hydrocephalus patterns in Iranian children: A 10-year review. *Iranian J Child Neurol.* 2013;7(3):41-46. Cited in: PMID: 24684874.
7. Mitchell LE, Adzick NS, Melchionne J, et al. Spina bifida and gender: A US-based epidemiologic study. *Pediatr Neurosurg.* 2004;40(6):24750. doi:10.1159/000082479. Cited in: PMID: 15217472.
8. Hamilton MG. Treatment of hydrocephalus in adults. In: *Semin Pediatr Neurol.* 2009 Mar;16(1):34-41. WB Saunders.
9. Aydin Ozturk P, Asena M. Determination of ventriculoperitoneal shunt dysfunction using optic nerve sheath diameter measurement on CT scan in pediatric patients with hydrocephalus. *Childs Nerv Syst.* 2021;37:1895-900. Cited in: PMID: 33863114.
10. Erol FS, Ozturk S, Akgun B, et al. Ventriculoperitoneal shunt malfunction caused by fractures and disconnections over 10 years of follow-

- up. Childs Nerv Syst. 2017;33:475–81. Cited in: PMID: 28166991.
11. Piatt Jr JH, Garton HJ. Clinical diagnosis of ventriculoperitoneal shunt failure among children with hydrocephalus. *Pediatr Emerg Care*. 2008;24(4):201–10. Cited in: PMID: 18363125.
12. Chimaliro S, Hara C, Kamalo PJA. Mortality and complications 1 year after treatment of hydrocephalus with endoscopic third ventriculostomy and ventriculoperitoneal shunt in children at Queen Elizabeth Central Hospital, Malawi. *Acta Neurochir*. 2023;165(1):61–9. Cited in: PMID: 37318229.
13. Akade E, Aslani F, Verdi K, et al. Diagnosis of choroid plexus papilloma: Current perspectives and future directions. *Cancer Pathog Ther*. 2023;2(3):173–9. doi:10.1016/j.cpt.2023.09.005.
14. Blount JP, Maleknia P, Hopson BD, et al. Hydrocephalus in spina bifida. *Neurol India*. 2021;69(Suppl 2):S367–S71. Cited in: PMID: 33775501.
15. Kahilogullari G, Tuna H, Taskapilioglu O, et al. Etiology of hydrocephalus in adult patients: an epidemiologic study. *Turkish Neurosurgery*. 2008;18(1):31–5. Cited in: PMID: 18382982.
16. ReKate HL. A contemporary definition and classification of hydrocephalus. *Semin Pediatr Neurol*. 2009 Mar;16(1):9–15. doi:10.1016/j.spen.2009.01.002. Cited in: PMID: 19218027.
17. Isaacs AM, Riva-Cambrin J, Yavin D, et al. Age-specific etiology of pediatric hydrocephalus: 2001–2011. *J Neurosurg Pediatr*. 2018;22(2):206–15. Cited in: PMID: 29775191.
18. Langel SN, Blasi M, Permar SR. Maternal immune protection against infectious diseases. *Cell Host Microbe*. 2022;30(5):660–74. doi:10.1016/j.chom.2022.04.007.
19. Davson H, Welch K, Segal MB. Physiology and pathophysiology of the cerebrospinal fluid. No Title.
20. Warf BC, Alkire BC, Bhai S, et al. Costs and benefits of neurosurgical intervention for infant hydrocephalus in sub-Saharan Africa. *J Neurosurg Pediatr*. 2011;8(5):509–21. doi:10.3171/2011.8.PEDS11163.
21. Kulkarni AV, Drake JM, Lamberti-Pasculli M. Cerebrospinal fluid shunt infection: a prospective study of risk factors. *J Neurosurg*. 2001;94(2):195–201. doi:10.3171/jns.2001.94.2.0195.
22. Volpe JJ. Neural tube formation and prosencephalic development. *Neurol Newborn*. 1995;3-42.
23. Mulugeta B, Seyoum G, Mekonnen A, et al. Assessment of the prevalence and associated risk factors of pediatric hydrocephalus in diagnostic centers in Addis Ababa, Ethiopia. *BMC Pediatr*. 2022;22(1):145. doi:10.1186/s12887-022-03212-6.
24. Bidabadi E. Relative frequency of hydrocephalus in Rasht pediatric patients. *Iranian J Child Neurol*. 2010;4(4):37–41.
25. Greene ND, Massa V, Copp AJ. Understanding the causes and prevention of neural tube defects: Insights from the splotch mouse model. *Birth Defects Res A Clin Mol Teratol*. 2009;85(4):322–30.
26. Tully HM, Doherty D, Wainwright M. Mortality in pediatric hydrocephalus. *Dev Med Child Neurol*. 2022;64(1):112–7. doi:10.1111/dmcn.14975.
27. Dewan MC, Rattani A, Mekary R, et al. Global hydrocephalus epidemiology and incidence: systematic review and meta-analysis. *J Neurosurg Pediatr*. 2018;21(5):574–85. doi:10.3171/2018.1.PEDS1831. Cited in: PMID: 29537909.
28. Kurtuluş A, Tekiner A, Kul H, et al. Evaluation of shunt revisions in pediatric hydrocephalus cases. *Eskisehir Med J*. 2022;3(1):5–10. doi:10.48176/esmj.2022.46.
29. Simon TD, Butler J, Whitlock KB, et al. Hydrocephalus Clinical Research Network. Risk factors for first cerebrospinal fluid shunt infection: findings from a multi-center prospective cohort study. *J Pediatr*. 2014;164(6):1462–8.e2. doi:10.1016/j.jpeds.2014.02.013.
30. Stone JJ, Walker CT, Jacobson M, et al. Revision rate of pediatric ventriculoperitoneal shunts after 15 years. *J Neurosurg Pediatr*. 2013;11(1):15–9. doi:10.3171/2012.9.PEDS1298.