



Pediyatrik Hidrosefali Sınıflaması ve Patofizyoloji

Classifications of Pediatric Hydrocephalus and Pathophysiology

Selçuk GÖÇMEN¹, Ahmet ÇOLAK²

¹Gülhane Askeri Tıp Akademisi, Haydarpaşa Eğitim Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, İstanbul, Türkiye

²Medical Park Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Elazığ, Türkiye

Yazışma Adresi: Selçuk GÖÇMEN / E-posta: s_gocmen@yahoo.com

ÖZ

Hidrocefali, pediyatrik beyin cerrahisi pratiğini en sık meşgul eden problemdir. Hidrosefali, beyin omurilik sıvısının (BOS) dolaşımında bozuklukla seyreden, fizyopatolojisi karışık olan bir hastalıktır. BOS fizyolojisi ve hidrocefali ile ilgili çalışmalar ve deneysel araştırmalar yaklaşık 100 yılı bulmaktadır. Hidrosefalide etiyopatogeneze yönelik araştırmalarda hedef, hem risk faktörlerini belirlemek ve önlemine almak, hem de uygun tedavi için strateji oluşturabilmektir. Bu derlemede, pediyatrik hidrocefali'nin fizyopatoloji ve sınıflamasında ki güncel araştırmaların sonuçları tartışılmıştır.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Hidrosefali, BOS, Hidrosefali sınıflaması, Hidrosefali etiyoloji

ABSTRACT

Hydrocephalus is the most common problem that has occupied the practice of pediatric neurosurgery. Hydrocephalus is a complex pathophysiology with disturbed cerebrospinal fluid (CSF) circulation. The studies and experimental researches about CFS physiology and hydrocephalus have been found nearly 100 years. The goals of etiological studies dealing with hydrocephalus are to determine the risk factors and taking preventive measures in risk groups and building up a strategy for accurate treatment. This review is discussed the results of current studies on the pathophysiology and classification of pediatric hydrocephalus.

KEYWORDS: Hydrocephalus, CSF, Classification of hydrocephalus, Etiology of hydrocephalus

GİRİŞ

"Beyinde su" olarak bilinen hidrocefali pediyatrik beyin cerrahisi pratiğini en sık meşgul eden problemdir. Hidrosefali, beyin omurilik sıvısının (BOS) dolaşımında bozuklukla seyreden, fizyopatolojisi karışık olan bir hastalıktır. Klasik hidrocefali BOS dolanım yollarında tıkanma ya da BOS yapımı ve emilimi arasındaki dengenin bozulmasına bağlı olarak gelişen, ventriküllerde genişleme ve kafa içi basıncın (KIB) artmasıyla seyreden bir klinik tablo olarak tanımlanabilir (2). Gerçek konjenital hidrocefalinin görülme sıklığı her 1000 canlı doğumda 1-1.5 arasında bildirilmiştir (2). Bununla birlikte, diğer konjenital nörolojik hastalıklarla birlikte olan ve edinilmiş birçok intrakraniyal patolojiye bağlı olarak gelişen hidrocefali ile bu oran her 1000 canlı doğumda 3-4'e ulaşmaktadır (2).

BOS fizyolojisi ve hidrocefali ile ilgili çalışmalar ve deneysel araştırmalar yaklaşık 100 yılı bulmaktadır. Bu süreç içinde birçok çalışma yapılmış olup, bu konuyla ilgili en çok kabul olan çalışmalar Tablo 1'de gösterilmiştir. Bu derlemede, pediyatrik hidrocefali'nin fizyopatoloji ve sınıflamasında ki güncel gelişmeler tartışılmıştır.

PATOFİZYOLOJİ

Klasik olarak, BOS dinamiği çoğunlukla Monro-Kellie doktrini ile açıklanmıştır. Bu doktrinde, beyin içinde 4 ana yapı; beyin, BOS, arteriyel ve venöz kan dolaşımı BOS'un tüm hacmini sürekli sabit olarak kontrol altında tutar (17).

BOS'un %80'i koroid pleksuslar tarafından üretilir. Geri kalan %20-30 BOS üretimi interstisyel sıvı (ekstrakoroidal) ve endodima tarafından yapılır (3,15,27). Erişkinlerde günlük BOS üretimi yaklaşık 500 cc dir. Günde 3-4 kez sirkadiyan bir ritmi vardır.

BOS dolaşımı ve hidrocefali ile ilgili birçok hayvan deney çalışmaları vardır (27). Bu çalışmalarda 3 ana tema; 1) BOS'un üretimi; 2) BOS'un emilimi ve 3) BOS'un dolaşımıdır. BOS hidrodinamiğinde klasik hipotez basitçe; BOS, beyin ventriküllerinden üretilip, BOS sistemi boyunca dolaşarak, kortikal subaraknoid aralığa gider ve venöz sinüslerden emilir (27). Dandy 1919 yılında yaptığı deneysel çalışmada klasik hipotezi bulmuş ve obstrüksiyon sonucunda hidrocefali oluştuğunu göstermiştir (9).

Son zamanlarda, BOS hidrodinamiği ile ilgili yeni hipotezler geliştirilmiştir (4,16,26). Greitz, 2004 yılında modern BOS fizyolojisinde; BOS'un esas olarak koroid pleksus'ta olmak üzere santral sinir sisteminde (SSS) her yerde üretildiğini ve SSS'nin kapiller dolaşımından BOS'un emiliminin gerçekleştiğini bildirmiştir (13). Subaraknoid aralıkta BOS'un hızlı transportu ise vasküler pulsasyonla olduğunu belirtmiştir (13). BOS, beyni yastık vazifesi göreyerek mekanik hasarlardan korumasının dışında, değişik nörotransmitterler ve beyinde üretilen diğer metabolitlerin transportunu da sağlamaktadır (13).

BOS'un %99'nun su olduğu unutulmamalıdır (5). Bu nedenle, BOS hidrodinamiği demek, suyun hidrodinamiği demektir (5).

Tablo I: Yaklaşık 100 Yıl İçinde Birçok Çalışma Yapılmış Olup, Bu Konuyla İlgili En Çok Kabul Olan Çalışmalar Gösterilmiştir (25,35)

Yazar&Yıl	Katkı
Faivre, 1854	BOS, Koroid pleksus tarafından üretilir.
Key&Retzius, 1875-76	BOS, pacchionian granülasyonundan emilir.
Dandy&Blackfan, 1914 Dandy, 1919	Hidrosefali sınıflaması: Komünikan/Nonkomünikan. Deneysel Hidrosefali.
Cushing, 1925 Weed, 1935 O'Connell, 1943	Üçüncü Dolaşım. BOS'un emilimi ile ilgili kuvvetler Ventrikülde basınç artışı komünike hidrosefaliye neden olur.
Russell, 1949 Bering, 1962 Bering&Sato, 1963 Hakim&Adams, 1965	Hidrosefali sınıflaması: Obstürktif/Non-obstürktif. Koroid pleksus ventrikül genişlemesi için sıvı akışında kuvvet oluşturur. Serebral ventriküllerde BOS'un emilim ve üretilmesinde değişiklikler gösterdiler. Normal Basıncılı Hidrosefali.
DiChiro, 1966 Sato&Bering, 1975 Di Rocco ve ark., 1979 Oi ve ark., 1991 Greitz, 1991 Raimondi, 1994 Oi ve ark., 1996 Oi ve ark., 1998 Oi ve ark., 2000 Oi ve ark., 2004 Oi&Di Rocco, 2006	BOS dolaşımını radyonüklid sisternografi ile göstermiş ve spinal kanala 2 yönlü akış olduğunu önerdi. BOS sisteminde toplu akış. Hiperdinamik ventriküler pulsasyonu gösterdi. Hidromyelik Hidrosefali. BOS'un karışması ve pulsatil akımı için beyinin piston benzeri hareketinin önemini vurguladı. "Birleştirici Teori"- Ekstraparankimal ve intraparakimal sıvı dolaşımı. Konjenital hidrosefalinin deneysel modeli. Konjenital hidrosefali'nin perspektif sınıflaması "PCCH I-V Evre". Yetişkinlerde uzun süredir belirgin ventrikülomegali ("LOVA"). "Hidrosefali-Parkinson Kompleksi". "BOS dinamiğinde evrim teorisini" ve immatür beyinde minör yol hidrosefalisini öne sürdüler.
Rekate ve ark., 2008 Rekate, 2009 Oi, 2010	Kortikal subaraknoid boşluğun önemini gösterdiler. "Bir Hidrolik devre olarak BOS dinamiği." "Multi-kategorili Hidrosefali Sınıflaması".

Oreskovic'in hipotezinde ise, BOS çoğunlukla koroid pleksus'ta üretilmez ve BOS dolaşımından sonra emilmez. Kapillerdeki kan, interstisyel sıvı ve BOS arasındaki hidrostatik ve osmotik basınca bağlı olarak, tüm BOS sistemi boyunca ortaya çıkar veya emilir (27). BOS'un tüm hacmi, beyin ventriküllerinden BOS sekresyonuna ve BOS'un subaraknoid aralıkta pasif emilimine bağlı değildir, daha ziyade tüm BOS sistemi boyunca su hacminde olan kalıcı dinamik değişikliklere bağlıdır (27). Osmotik ve hidrostatik basınç, BOS-İnterstisyel sıvının düzenlenmesinde esastır. Sıvı değişim kapasitesinde, serebral kapiller damarların önemli yeri vardır ve koroid pleksus'un ise bu süreçte daha az yeri bulunmaktadır (27).

BOS dolaşımının iki ana mekanik yolu vardır: Majör (Büyük) ve minör (Küçük) yol. Majör yol; koroid pleksus'lar ile bilateral lateral ventriküllerden başlar, ventriküler sistemden çıkarak sisternlere veya subaraknoid aralığa geçer (24). BOS emilimi ise büyük yolda, araknoid granülasyon (Pacchionian cisimciği) veya sinüsteki vililer (özellikle superior sagittal sinüs) tarafından yapılır (24). Transependimal intraparakimal BOS yolu (minör yol) alternatif BOS dolaşımında önemli rol oynar (24). Bu yol, ventriküler ependim, interstisyel ve perivasküler aralık ile perinöral lenfatik kanalı içerir (24). Burada emilim ise; pia-araknoid kapiller/leptomeningler ve koroid pleksustan olur.

Hidrosefalide oluşan patolojik değişiklikler ile ilgili çalışmalarda intrakraniyal basınç artışına bağlı gelişen mekanik distorsiyon, iskemi ve ekstraselüler ortamda olan metabolik değişiklikler sonucunda olduğu gösterilmiştir (2,28). Bu çalışmalar, açıkça ependimal hücrelerde ve periventriküler alanda ilerleyen bir hasar olduğunu göstermektedir (11). Akut hidrosefalide, KİB artışı serebral kan akımında azalma ve iskemik hasara neden olur. Bu dönemde periventriküler beyaz maddede ödem dikkat çekici bulgudur (2). Subakut ve kronik hidrosefalide ise patolojik değişiklikler daha tedrici ama daha belirgindir. Fibrozis, aksonal dejenerasyon ve fokal nöronal doku kaybı bu döneme has patolojik değişikliklerdir (2). Hidrosefali tedavi edilmezse, mikrodamarların sayı ve çapında azalmaya ve periventriküler beyaz maddede kan akımının azalmasına ve tahribata, ependimal hücre kaybı, subependimal gliozis ve korpus kallozumda incelme meydana gelir (2). Miyelin, sinaps ve nöronlarda oluşan sekonder değişiklikler özellikle önemlidir (2).

ETİYOLOJİ ve SINIFLAMA

Hidrosefali tek bir klinik antite olmayıp, geniş bir patoloji grubunu içerir. Son 100 yılda, anomali ile birlikteliğine, altında yatan lezyonlara, BOS dolaşımı/kafa içi basınç paterni, klinik özelliklerine ve diğer kategorileri de içeren değişik kriterlere göre hidrosefalinin birçok sınıflaması yapılmıştır (25).

Hidrosefalinin, BOS dinamiği ile ilgili olarak, Dandy tarafından yapılan "komünikan/nonkomünikan" ve daha sonra Russel tarafından yapılan "obstrüktif/nonobstrüktif" klasik sınıflandırmaları nöroşürjide yaygın olarak kullanılmaktadır (10,32). Bu değişik kriterleri kapsayan kesin bir sınıflama yoktur. Symss ve Oi, BOS dinamiği ve hidrosefali ile ilgili tarihsel gelişmeleri 4 döneme ayırmıştır (35).

I. Dönem (1950 ve öncesi): hidrosefali'nin 2 önemli klasik sınıflaması yapılmıştır; Dandy'nin komünikan ve nonkomünikan ile Russell'in obstrüktif ve nonobstrüktif tip sınıflamalarıdır.

II. Dönem (1950-1974): Majör BOS dolaşımının teorilerinin temeli atılmış ve ventrikülostomi tedavisine odaklanılmıştır.

III. Dönem (1975-1999): Özellikle prematür infantlarda olduğu gibi bazı hidrosefali'nin spesifik tiplerinde ventrikülostominin uygun olmadığı bulunmuştur.

IV. Dönem (2000-2008): tedavi yaklaşımlarının seçimi daha fazla değişti ve matür beyin ile emilim yollarındaki farklılıklar ve BOS dinamiğinde kronolojik değişikliklerin analizleri yapıldı. Otörler, immatür beyinde "hidrosefali minör yolu" üzerine yoğunlaştılar (35).

Nöroşürji ve Neonatoloji bölümlerinin işbirliği ile takip ve tedavi gerektiren yenidoğan hidrosefalisinin en sık rastlanan sebepleri arasında: konjenital hidrosefali (akuadakt stenozu, Dandy Walker anomalisi, Arnold Chiari malformasyonları), spinal disrafizm (meningosel, meningomyelosele, ensefalosel ...vb), menenjit, ventrikülit, yenidoğan sepsisi gibi enfeksiyonlar, intrakranial kanamaları takiben görülen hidrosefaliler ve nadiren konjenital intrakranial tümörler sayılabilir (2). Özellikle prematür infantlarda, intraventriküler kanama (IVK) post-hemorajik hidrosefaliye neden olan en önemli komplikasyondur (34).

Evre I: Hafif kanama, intraventriküler lümende kanama yok.

Evre II: Orta subependimal kanama, lateral ventriküllerde minimal kanama (%10-40) vardır ve ventriküllerde genişleme yoktur veya çok azdır.

Evre III: Ciddi subependimal kanama, lateral ventriküllerde önemli kanama (>%50) ve ventriküllerde belirgin genişleme vardır.

Evre IV: IVK nedeni ile intraparaknimal venöz hemoraji sonucu periventriküler hemorajik infarkt vardır. Evre 3-4'de şant tedavisi gerekmektedir (34).

Rekate ise esas olarak, hemen hemen tüm hidrosefali olgularının (BOS'un aşırı üretilmesi dışında) obstrüktif tipte olduğunu bildirmiştir (30). Obstrüksiyon, ventriküler düzeyde olabileceği gibi sisternalarda ya da araknoid vililerde ya da major drenaj venleri ve sinüslerde de olabilir. Rekate sınıflamasına göre, obstrüksiyon yerine bağlı olarak 6 tip hidrosefali ve koroid pleksus papilloması vardır (30) (Tablo II).

Fakat bu sınıflamalar, fetal, neonatal ve erken infantil dönemdeki (Majör BOS yolu daha tam gelişmemiştir) BOS dolaşımı bozulmasını açıklamamaktadır. Tam gelişmemiş (immatür) formda BOS emilimi; subpial aralık→perivasküler aralık→subaraknoid aralık→nöroepitelyum intraselüler aralık, koroid pleksus epitelyum→venöz fenestre kapiller→galenik sistem ve/veya perinöral aralık→lenfatik kanal şeklindedir (25). Geç infant dönemde Pacchionian cisimciği gelişmesi ile BOS emilimi (Majör BOS yolunda) artar (25).

Hidrosefali'nin altında yatan nedenler, fetal veya perinatal dönemde, çocukluk çağı ve erişkin dönemden tamamen farklıdır. Bu nedenle, Oi ve ark. konjenital hidrosefali için "Konjenital Hidrosefali'nin Perspektif Sınıflaması" (PCCH) şeklinde yeni bir sınıflama sistemi geliştirmişlerdir (20,25). Klinik-embriyolojik olarak yapılan bu sınıflamada konjenital hidrosefali 5 evreye ayrılmıştır.

Evre I: 8-21. hafta gestasyonel dönemdir. Nöral maturasyonda, hücre proliferasyonu ana süreçtir. Gebelik yasal olarak bu dönemde sonlandırılabilir.

Evre II: Gestasyon'un 22-31. haftalarıdır. Pulmoner maturasyon tamamlanmış, nöral maturasyon için hücreler farklılaşıp, göç ederler.

Evre III: 32-40. hafta gestasyonel dönemdir. Bu dönemde prematür/preterm hidrosefali görülebilir. Nöral maturasyonda ise, aksonal maturasyon devam eder.

Evre IV: Postnatal 0 ve 4. haftayı kapsar. Bu dönemde Neonatal hidrosefali görülebilir. Dendritik maturasyon süreci devam eder.

Evre V: Postnatal dönemde 5-50. haftayı kapsar. Bu dönem infantil hidrosefali dönemidir. Nöral maturasyon için,

Tablo II: Rekate (BOS'un Aşırı Üretilmesi Dışında) Obstrüksiyonu Yerine Göre 6 Tipe Ayırmıştır (30)

Obstrüksiyon Yeri	Patoloji
1) Foramen Monro	Tümör, Konjenital anomali, şant sonrası ventriküler asimetri
2) Akuaduktus silvius	Konjenital lezyon, tümöre sekonder ekstraventriküler obstrüksiyon
3) 4. ventrikül çıkışı	Kronik menenjit, Chiari Tip 2 malformasyon
4) Bazal sisternerler	Menenjit, subaraknoid hemoraji
5) Araknoid granülasyonlar	İnfanlarda, kanama veya enfeksiyon
6) Venöz akış	Kafa tabanı anomalileri, konjenital kalp hastalığı
Hiçbiri	Koroid pleksus papilloması

Tablo III: Multi-Kategorili Hidrosefali Sınıflaması *2011; Oi (25)

Tema	Kategoriler	Alt Tipleri			**/***(kaynak)
Hasta	I. Başlangıç (Pre-post-natal) Yaş	1 Konjenital	2 Edinsel		
		1 Fetal	2 Neonatal	3 İnfant	
		4 Çocuk	5 Yetişkin		** (Oi, S)
	II. Neden	1 Primer	2 Sekonder	3 İdiopatik	
	III. Altta yatan neden	1 Disgenetik	2 Posthemorajik	3 Postmenenjitik	4 Posttravmatik,
		5 Tümör/Kist/Kitle lezyon(lar)	Diğerleri ()		
Hasta	IV. Semptomlar (Baş) (Semptom) (Bilinç ve Mentalite) (Sendrom)	1 Makrosefali	2 Normosefali	3 Mikrosefali,	
		1 Gizli	2 Semptomatik	3 Çok belli	
		1 Komatöz	2 Stupor	3 Demans	
		4 Yavaşlamış,	5 Diğerleri ()		*** (Hakim, S)
BOS	V. Patofizyoloji BOS dolaşımı (Tıkanma) (Birikme) (İzole Kompartman)	1 Komünike	2 Non-komünike		*** (Dandy, WE)
		3 Non- obstrüktif	4 Obstrüktif		*** (Russel, DS)
		1 Eksternal	2 İnternal	3 İnterstisyel	*** (Raimondi, AJ) *** (Sato, O)
		4 Lokalize	5 Minör yol		** (Oi, S & Di Rocco, C)
		İzole Kompartman: [1 UH 2 IFV 3 IRV 4 ICCD 5 DCH 6 DLFV 7 HMH diğerleri ()]			*** (Rekate, H) ** (Oi, S)
		VI. Patofizyoloji (BOS dinamiği)	1 Yüksek Basıncılı	2 Normal Basıncılı	
BOS	VII. Kronoloji (Faz) (Progresyon)	1 Akut	2 Kronik	3 Uzun süren	
		1 İlerleyici	2 Spontan duran		** (Oi, S)
Tedavi	VIII. Şant sonrası	1 Şant bağımlı	2 Şant bağımsız		
		1 Slit ventrikül sendrom	2 Ameliyat sonrası subdural hematoma		
	IX. NEV sonrası	1 NEV bağımlı	2 NEV bağımsız		
	X. Diğerleri	Diğerleri ()			

***BOS:** Beyin omurilik sıvısı, **NEV:** Nöroendoskopik ventrikülostomi, **UH:** Unilateral Hidrosefali, **IFV:** İzole dördüncü ventrikül, **IRV:** İzole Rhombensefali ventrikül, **ICCD:** İzole Santral Kanal Dilatasyonu, **DCH:** Çift Kompartman Hidrosefali, **DLFV:** Oransız Geniş Dördüncü Ventrikül, **HMH:** Hidromyelik Hidrosefali.

- ** **Kaynak:** 1. Hidromyelik Hydrocephalus: Oi S et al: *Journal of Neurosurgery* 74: 371-379, 1991.
2. Experimental Models of Congenital Hydrocephalus and Compatible Clinical Types: Oi S et al: *Child's Nerv Syst* 12:292-302, 1996.
3. Perspective Classification of Congenital Hydrocephalus (PCCH Stage I-V): Oi S et al: *Journal of Neurosurgery* 88:685, 1998.
4. Long-standing Overt Ventriculomegaly in Adults (LOVA): Oi S et al: *Journal of Neurosurgery* 74: 371-379, 1991.
5. Hydrocephalus-Parkinsonism Complex: Oi, S et al: *Child's Nerv Syst* 20:37-40,2004.
6. Evolution Theory of CSF Dynamics and Minor Pathway Hydrocephalus: Oi, S and Di Rocco, C: *Child's Nerv Syst* 22:662-669,2006.
7. Multi-categorical Hydrocephalus Classification (Mc HC): Oi S et al: *Journal of Hydrocephalus* Vol.2 No.1, 2010.
*** **Kaynak:** 8. Communicating/Non-communicating Hydrocephalus: Dandy, WE: *Ann Surg* 70: 129-142, 1919 and Dandy, WE&Blackfan, KD: *Am J Dis Child* 8:406-482,1914
9. Obstructive/Non-obstructive Hydrocephalus: Russell, D: *Medical research council. Special report series No. 265. His Majesty's Stationery Office. London* pp112-113.
10. Normal pressure Hydrocephalus: Hakim, S&Adams, RD. *J. Neurol. Sci.* 2:307-327,1965.
11. Bulk Flow in CSF system: Sato, O and Bering, EA: *Acta Neurol Scand* 51:1-11,1975.
12. Ventriculomegaly induced by Pulse Pressure: Di Rocco C et al: *J Neurosurg* 42:683-689,1975.
13. A Unifying Theory-Extraparenchymal and Intraparenchymal Fluid Accumulation: Raimondi, AJ: *Child's Nerv Syst* 10,2-12,1994.
14. Dynamics of CSF as a Hydraulic Circuit: Rekate, HL. *Semin Pediatr Neurol* 16:9-15,2009

miyelinizasyon devam eder. Üç klinikopatolojik alt tipi vardır (25).

Oi S tüm bu kriterleri içeren "Multi-kategorik Hidrosefali Sınıflamasını" (Mc HC) geliştirmiştir (25) (Tablo III). Bu sınıflamada, 3 önemli temada (Hasta, BOS ve Tedavi) 10 kategori mevcut: Kategori I: Başlangıç (yaş, faz), II: Neden, III: Altta yatan lezyon, IV: Semptomlar, V: Patofizyoloji 1- BOS dolaşımı, VI: Patofizyoloji 2-Kafa içi basınç dinamikleri, VII: Kronoloji, VIII: Şant sonrası, IX: Nöroendoskopik ventrikülostomi (NEV) sonrası ve X: Diğerleri. Oi, bu 10 kategori içinde 54 alt tipi "Mc HC" sınıflamasını kullanarak olgular eşliğinde tartışmıştır (25).

SONUÇ

Hidrosefalide fizyopatolojik mekanizmalar önemlidir. Hastalık multifaktöriyel olduğu için, deneysel ve klinik çalışmalar zordur. Doğru sınıflama ile temel çalışmalar bu noktalara odaklanır. Yeni cerrahi yaklaşımlar geliştirilip, tedavi şekillerine karar verilebilir ve prospektif çalışmalar planlanabilir. Böylece, yeni teknolojik ve medikal çalışmalar tasarlanabilir. Hidrosefaliyi son çalışmalar göz önüne alındığında, "Minör yol Hidrosefali" (immatur beyinlerde görülürken) ve "Majör yol Hidrosefali" (bildiğimiz klasik komünike ve nonkomünike) olarak sınıflamak pratik görülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Bering EA Jr: Circulation of the cerebrospinal fluid. Demonstration of the choroid plexuses as the generator of the force for flow of fluid and ventricular enlargement. J Neurosurg 19:405-413, 1962
2. Bilginer B, Çataltepe O: Hidrosefali: Sınıflama, Patofizyoloji ve Tedavisi. Korfalı E, Zileli M (ed), TND Temel Nöroşirürji, ikinci baskı, Ankara:TNDER, 2010:1899-1910
3. Brown PD, Davies SL, Speake T, Millar ID: Molecular mechanisms of cerebrospinal fluid production. Neuroscience 129:957-970, 2004
4. Bulat M, Klarica M: Recent insights into a new hydrodynamics of the cerebrospinal fluid. Brain Res Rev 65:99-112, 2010
5. Bulat M, Lupret V, Oreskovic D, Klarica M: Transventricular and transpial absorption of cerebrospinal fluid into cerebral microvessels. Coll Antropol 31: 43-50, 2008
6. Celli P, Trillo G, Ferrante L: Spinal extradural schwannoma. J Neurosurg Spine 2:447-56, 2005
7. Cushing H: Studies on the cerebrospinal fluid. J Med Res 31:1-19, 1914
8. Cushing H: Cameron lectures. 1. The third circulation and its channels. Lancet 2:851-857, 1925
9. Dandy WE: Experimental Hydrocephalus. Ann Surg 70: 129-142, 1919
10. Dandy WE, Blackfan KD: Internal hydrocephalus. An experimental, clinical and pathological study. Am J Dis Child 8: 406-482, 1914
11. Del Bigio M: Neuropathological changes caused in hydrocephalus. Acta Neuropathol 85: 573-585, 1993
12. Di Rocco C, Di Trapani G, Pettorossi VE, Caldarelli M: On the pathology of experimental hydrocephalus induced by artificial increase in endoventricular CSF pulse pressure. Child's Brain 5:81-95, 1979
13. Greitz D: Radiological assessment of hydrocephalus: New theories and implications for therapy. Neurosurg Rev 27: 145-167, 2004
14. Hakim S, Adams RD: The special clinical problem of symptomatic hydrocephalus with normal cerebrospinal fluid pressure. Observations on cerebrospinal fluid hydrodynamics. J Neurol Sci 2:307-327, 1965
15. Johanson CE, Duncan JA 3rd, Klinge PM, Brinker T, Stopa EG, Silveberg GD: Multiplicity of cerebrospinal fluid functions: new challenges in health and disease. Cerebrospinal Fluid Res. 5:10, 2008
16. Klarica M, Oreskovic D, Bozic B, Vukic M, Butkovic V, Bulat M: New experimental model of acute aqueductal blockade in cats: Effects on cerebrospinal fluid pressure and the size of brain ventricles. Neuroscience 158:1397-1405, 2009
17. Monro A: Observations on the Structure and Function of the Nervous System. Edinburgh: Creech and Johnson, 1783
18. O'Connell JEA: The vascular factor in intracranial pressure and the maintenance of the cerebrospinal fluid circulation. Brain 66:204-228, 1943
19. Oi S, Kudo H, Yamada H, Kim S, Hamano S, Urui S, Matsumoto S: Hydromyelic Hydrocephalus. Correlation of hydromyelia with various stages of hydrocephalus in postshunt isolated compartments: Journal of Neurosurgery 74:371-379, 1991
20. Oi S, Yamada H, Sato O, Matsumoto S: Experimental models of congenital hydrocephalus and comparable clinical problems in the fetal and neonatal periods. Childs Nerv Syst 12:292-302, 1996
21. Oi S, Honda Y, Hidaka M, Sato O, Matsumoto S: Intrauterine high-resolution magnetic resonance imaging in fetal hydrocephalus and prenatal estimation of postnatal outcomes with "perspective classification". Journal of Neurosurg 88:685, 694, 1998
22. Oi S, Shimoda M, Shibata M, Honda Y, Togo K, Shinoda M, Tsugane R, Sato O: Pathophysiology of long-standing overt ventriculomegaly in adults. Journal of Neurosurg 92:933-940, 2000
23. Oi S, Kim DS, Hidaka M: Hydrocephalus-Parkinsonism Complex: Progressive hydrocephalus as a factor affecting extrapyramidal tract disorder-an experimental study. Childs Nerv Syst 20:37-40, 2004
24. Oi S, Di Rocco C: Proposal of evolution theory in cerebrospinal fluid dynamics and minor pathway hydrocephalus in developing immature brain. Childs Nerv Syst 22: 662-669, 2006
25. Oi S: Classification of hydrocephalus: Critical analysis of classification categories and advantages of "Multi-categorical Hydrocephalus Classification" (Mc HC). Childs Nerv Syst 27: 1523-1533, 2011

26. Oreskovic D, Klarica M: The formation of cerebrospinal fluid: Nearly a hundred years of interpretations and misinterpretations. *Brain Res Rev* 64:241–262, 2010
27. Oreskovic D, Klarica M: Development of hydrocephalus and classical hypothesis of cerebrospinal fluid hydrodynamics: Facts and illusions. *Prog Neurobiol* 94:238-258, 2011
28. Penn RD, Linninger A: The physics of hydrocephalus. *Pediatr Neurosurg* 45:161-174, 2009
29. Raimondi AJ: A unifying theory for the definition and classification of hydrocephalus. *Childs Nerv Syst* 10:2-12, 1994
30. Rekatte HL: The definition and classification of hydrocephalus: A personal recommendation to stimulate debate. *Cerebrospinal Fluid Res* 5:2, 2008
31. Rekatte HL: A contemporary definition and classification of hydrocephalus. *Semin Pediatr Neurol* 16:9–15, 2009
32. Russell DS: Observation on the pathology of hydrocephalus. Medical Research Council. Special report series No. 265. London: His Majesty's Stationery Office, 1949:112-113
33. Sato O, Bering EA Jr, Yagi M, Tsuqane R, Hara M, Amano Y, Asai T: Bulk flow in the cerebrospinal fluid system of the dog. *Acta Neurol Scand* 51:1–11, 1975
34. Shooman D, Portess H, Sparrow O: A review of the current treatment methods for posthemorrhagic hydrocephalus of infants. *Cerebrospinal Fluid Res* 6:1-15, 2009
35. Symss NP, Oi S: Theories of cerebrospinal fluid dynamics and hydrocephalus: Historical trend. *J Neurosurg Pediatr* 11:170-177, 2013
36. Weed LH: Forces concerned in the absorption of the cerebrospinal fluid. *Am J Physiol* 114:40–45, 1935