

Bölüm 15

MERKEZİ SINIR SİSTEMİNDE FAZ KONTRAST MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME İLE BOS AKIM DİNAMİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Serkan ÖNER¹

Giriş

Merkezi sinir sistemi (MSS) yapıları, yapı ve işlev bakımından oldukça benzer-sizdir ve bu nedenle periferik dolaşımından daha farklı bileşenlerden oluşan stabil bir ortam gerektirir. Kan-beyin bariyeri, diğer vücut fonksiyonlarının düzgün çalışabilmesi için gerekli olan bu homeostatik ortamı sağlayan önemli bir yapı olup periferik kanı, beyin omurilik sıvısından (BOS) ayıran yarı geçirgen bir zar olarak işlev görür. MSS’de temizleme ve koruma fonksiyonları olan BOS, homeostazın sağlanmasında yardım eder (Grosman & Yousem, 2003).

BOS Fizyolojisi

BOS, büyük oranda koroid pleksus olmak üzere beyin kapillerleri ve beyin boşluklarını döşeyen endim hücreleri sekresyonları ile hücrel metabolik işlemler sonucu oluşan intersitisyel sıvının karışımından oluşur. Erişkinde toplam BOS miktarı yaklaşık 150 ml kadardır. Bunun 75 ml’si spinal kord çevresinde, 25 ml’si ventriküler sistem içerisinde, 50 ml’si ise kortikal sulkuslar çevresinde ve sisternler içerisinde bulunmaktadır. Erişkinde BOS dakikada 0,3-0,4 ml salgılanmakta olup günlük BOS üretiminin yaklaşık 500 ml kadar olduğu düşünülmektedir (Grosman & Yousem, 2003, McComb, 1983, McComb, 1992). Ancak kantitatif Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) teknikleri BOS üretiminin sirkadiyen ritim gösterdiğini, üretimin saat 02.00’da maksimum, saat 18.00’da ise en az olduğunu ve günlük BOS üretiminin yaklaşık 650 ml olduğunu göstermektedir (Begg, 2001). Lateral ventriküller içerisinde oluşan BOS, foramen Monro aracılığıyla 3. ventriküle ve buradan da akuduktus serebri aracılığıyla 4. ventriküle ulaşmaktadır. Foramen Magendi ve Luschka’lar ile 4. ventrikülden sisternlere ve servikal subaraknoid aralığa geçmektedir.

BOS’un ventrikülosisternal hareketi ilk yapılan çalışmalarda “bulk flow” teorisi ile açıklanmıştır. “Bulk flow” teorisi 1960’lı yıllarda Welch ve Friedman’in araknoid granülasyonların mekanik valf görevi gördüğünü öne sürmesiyle ortaya çıkmıştır (McComb, 1983). Bu teoriye göre BOS koroid pleksuslarda yapılmakta ve araknoid granülasyonlarda emilmektedir. BOS’un ventriküler sistemden araknoid granülasyonlara hareketini ve emilimini sağlayan güç BOS’un üretildiği yerdeki basıncın

¹Dr. Öğr. Üyesi, Karabük Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı, serkanoner@karabuk.edu.tr

2D MRA yöntemi ile akım içeren herhangi bir noktadan (arter, ven, sistern) ölçüm yapılabilir. Ölçüm yapılan noktada akımın olup olmadığı, kardiyak siklusun değişik zaman noktalarında akımın yönü, hızı ve debisi hesaplanabilmektedir. Ölçüm noktasına göre hız duyarlılığı, aliasing artefaktını engellemek için farklı hızlarda belirlenebilmektedir. BOS akımı ölçümlerinde genelde 10-20cm/sn, venöz yapılarıdaki ölçümlerde 25-50 cm/sn, arteriyel ölçümlerde ise 75 cm/sn olarak belirlenmektedir. Son zamanlarda yapılan çalışmalarda intrakraniyal kompliyansı ve serebral kan akımını değerlendirmek amacıyla baziler arter, her iki karotid arterler, straight sinüs ve süperior sagital sinüsten kantitatif akım değerlendirilmesi yapılabilmektedir.

BOS akım fizyolojisi ve patolojilerinin FK-MRG yöntemiyle araştırılması özellikle son yıllarda hız kazanmış ve çok yavaş akımlara bile son derece duyarlı olan bu yöntem ile ilgili çalışmalar ventriküler sistem, subaraknoid boşluklar ve spinal kanalın yanı sıra akımın en düzenli seyir gösterdiği akuaduktus serebri üzerinde yoğunlaşmıştır. Akuaduktus serebri üzerinden akımın sayısal parametrelerle ifade edilmeye başlanmasıyla birlikte önce normal akım paternleri anlaşılmış, daha sonra da değişik patolojilerde akım değişiklikleri incelenmeye başlanmıştır. FK-MRG ile kommunike ve obstruktif hidrosefali, Chiari malformasyonu ve araknoid kistler çalışılmış ilk patolojilerdir (Schroth & Klose, 1992). Ayrıca günümüzde cerrahi sonrası klinik uygulamalara örnek olarak 3. ventrikülostomi açıklığının değerlendirilmesi ve endoskopik akuaduktoplasti sonrası akuduktal BOS akımının değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Chen & ark. 2013). BOS akım dinamiklerinin incelendiği yeni çalışmalar içerisinde multipl skleroz, nörobeçet, mukopolisakkaridoz, idiyopatik intrakranial hipertansiyon, spontan intrakranial hipotansiyon, serebral venöz tromboz, motor nöron hastalığı gibi birçok patoloji yer almaktadır (Oner & ark., 2018, Ünlü & ark., 2017, Corte & ark., 2017, Akay & ark., 2015, Tung & ark., 2014, Elsankari & ark., 2012, Sato & ark., 2012).

Kaynakça

- Akay, R., Kamisli, O., Kahraman, A., Oner, S., Tecellioglu, M. (2015). Evaluation of aqueductal CSF flow dynamics with phase contrast cine MR imaging in idiopathic intracranial hypertension patients: preliminary results. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.*, 19(18):3475-9.
- Barkhof, F., Kouwenhoven, M., Scheltens, P. (1994). Phase-contrast cine MR imaging of normal aqueductal CSF flow. Effect of aging and relation to CSF void on modulus MR. *Acta Radiologica*, 35(2):123-130.
- Begsneider, M. (2001). Evolving concepts of cerebrospinal fluid physiology. *Neurosurgery Clinics of North America*, 36:632-8.
- Bradley, W.G. (1999). Flow phenomena. *Magnetic Resonance Imaging*, 1:231-55.
- Bradley, W.G., Quencer, R.M. (1999). Hydrocephalus and cerebrospinal fluid flow. *Magnetic Resonance Imaging*, 3:1483-506.
- Brinkmann, G., Harlandt, O., Muhle, C., Brossmann, J., Heller, M. (2000). Quantification of fluid flow in magnetic resonance tomography: an experimental study of a flow model and liquid flow measurements in the cerebral aqueduct in volunteers. *Rofo*, 172:1043-51.
- Chen, G., Zheng, J., Xiao, Q., Liu, Y. (2013). Application of phase-contrast cine magnetic resonance imaging in endoscopic aqueductoplasty. *Exp Ther Med.*, 5(6):1643-1648.
- Corte, A.D., de Souza, C.F.M., Anés, M., et al. (2017). Correlation of CSF flow using phase-contrast MRI with ventriculomegaly and CSF opening pressure in mucopolysaccharidoses. *Send to Fluids Barriers CNS*, 18;14(1):23.

- Elsankari, S., Czosnyka, M., Lehmann, P., Meyer, M.E., Deramond, H., Balédent, O. (2012). Cerebral Blood and CSF Flow Patterns in Patients Diagnosed for Cerebral Venous Thrombosis - An Observational Study. *J Clin Imaging Sci.*, 2:41.
- Greitz, D. (2004). Radiological assessment of hydrocephalus: new theories and implications of the-raphy. *Neurosurg Rev.*, 27:145-65.
- Greitz, D. (1993a). Cerebrospinal fluid circulation and associated intracranial dynamics. A radiologic investigation using MR imaging and radionuclide cisternography. *Acta Radiol.*, 34:1-23.
- Greitz, D., Franck, A., Nordell, B. (1993b). On the pulsatile nature of the intracranial and spinal CSF circulation demonstrated by MR imaging. *Acta Radiol.*, 34:321-8.
- Greitz, D., Hannerz, J. (1996). A proposed model of cerebrospinal fluid circulation: observations with radionuclide cisternography. *Am J Neuroradiol.*, 17:431-8.
- Greitz, D., Greitz, T., Hindmarsh, T.V. (1997). A new view on the CSF circulation with the potential for pharmacological treatment of childhood hydrocephalus. *Acta Paediatr.*, 86:125-32.
- Greitz, D., Greitz, T. (1997). The pathogenesis and hemodynamics of hydrocephalus. A proposal for a new understanding. *Int J Neuroradiol.*, 3:367-75.
- Greitz, D., Wirestam, R., Franck, A., Nordell, B., Thomsen, C., Stahlberg, F. (1992). Pulsatile brain move-ment and associated hydrodynamics studied by magnetic resonance imaging. The Monro-Kellie doctrine revisited. *Neuroradiology*, 34:370-80.
- Grossman, R.I., Yousem, D.M. (2003). *Neuroradiology*. (2nd edit.). Philadelphia: Mosby.
- Henry-Feugeas, M.C., Idy-Peretti, I., Blanchet, B., Hassine, D., Zannoli, G., Schouman-Claeys, E. (1993). Temporal and spatial assessment of normal cerebrospinal fluid dynamics with MR imaging. *Magn Reson Imaging*, 11:1107-18.
- Kim, D.S., Choi, J.U., Ryoong, H.R., Yun, P.H., Kim, D.I. (1999). Quantitative assessment of cerebrospinal fluid hydrodynamics using a phase-contrast cine MR image in hydrocephalus. *Childs Nerv Syst.*, 15:461-7.
- Kizziar, R., Nesbit, G.M. (2000). The quantitative evaluation of cerebral spinal fluid flow. *Seminars in Ultrasound CT MRI*, 6:452-61.
- Lee, J.H., Lee, H.K., Kim, J.K., Kim, H.J. (2004). CSF flow quantification of the cerebral aqueduct in nor-mal volunteers using phase contrast cine MR imaging. *Korean Journal of Radiology*, 5(2):81-6.
- May, C., Kaye, J.A., Attack, J.R., Schapiro, M.B., Friedland, R.P., Rapaport, S.I. (1990). Cerebrospinal fluid production is reduced in healthy aging. *Neurology*, 40:500-3.
- McComb, J.G. (1983). Recent research into the nature of cerebrospinal fluid formation and absorpti-on. *J Neurosurg.*, 59:369-83.
- McComb, J.G. (1992). Cerebrospinal fluid physiology of the developing fetus. *AJNR.*, 12:595-9.
- McNeal, G., Johnson, K. (2002). MRI flow quantification techniques. *Siemens Magnetom FLASH*, 90-100.
- Men, S. (2006). BOS akım hastalıkları ve hidrocefali. *Nöroradyoloji manyetik rezonans uygulamaları*, 80-96.
- Nitz, W.R., Bradley, G.B., Watanabe, A.S., Lee, R.R., Burgoyne, B., O'Sullivan, R.M., et al. (1992). Flow dynamics of cerebrospinal fluid: Assessment with phase contrast velocity MR imaging performed with retrospective cardiac gating. *Radiology*, 183:395-405.
- Oner, Z., Kahraman A.S., Kose, E., Oner, S., Kavaklı, A., Cay, M., Ozbag, D. (2017). Quantitative Evaluation of Normal Aqueductal Cerebrospinal Fluid Flow Using Phase-Contrast Cine MRI According to Age and Sex. *Anat Rec (Hoboken)*, 300(3):549-555. doi: 10.1002/ar.23514.
- Öner, S., Kahraman, A.S., Özcan, C., Özdemir, Z.M., Ünlü, S., Kamışlı, Ö., Öner, Z. (2018). Cerebrospinal Fluid Dynamics in Patients with Multiple Sclerosis: The Role of Phase-Contrast MRI in the Differential Diagnosis of Active and Chronic Disease. *Korean J Radiol.*, 19(1):72-78.
- Papaiconomou, C., Bozanovic-Sosic, R., Zakharov, A., Johnston, M. (2002). Does neonatal cerebrospinal fluid absorption occur via arachnoid projections or extracranial lymphatics? *Am J Physiol.*, 283:869-76.
- Sato, K., Morimoto, N., Matsuura, T., Ohta, Y., Tsunoda, M., Ikeda, Y., Abe, K. (2012). CSF flow dynamics in motor neuron disease. *Neurol Res.*, 34(5):512-7.
- Schroth, G., Klose, U. (1992a). Cerebrospinal fluid flow. Part I Physiology of cardiac-related pulsation. *Neuroradiol.*, 35:1-9.
- Schroth, G., Klose, U. (1992b). Cerebrospinal fluid flow. Part II Physiology of respiration-related pul-sations. *Neuroradiol.*, 35:10-5.
- Schroth, G., Klose U. (1992c). Cerebrospinal fluid flow. Part III Pathological cerebrospinal fluid pulsa-tions. *Neuroradiol.*, 35:16-24.

Silverberg, G.D., Mayo, M., Saol, T., Rubinstein, E., McGuire, D. (2003). Alzheimer's disease, normal pressure hydrocephalus and senescent changes in CSF circulatory physiology: a hypothesis. *The Lancet Neurology*, 2:506-11.

Unal, O., Kartum, A., Avcu, S., Etlik, O., Arslan, H., Bora, A. (2009). Cine phase-contrast MRI evaluation of normal aqueductal cerebrospinal fluid flow according to sex and age. *Diagn Interv Radiol*, 15(4):227-31.

Ünlü, S., Doğan, M., Kapicioğlu, Y., Kamisli, S., Öner, S., Yildirim, I.O., Öztürk, M. (2017). CSF flow patterns in the brain in patients with neuro-Behçet disease and Behçet disease. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 21(17):3906-3910.

Tung, H., Liao, Y.C., Wu, C.C., Chang, M.H., Chen, C.C., Chen, P.L., Chen, H.C. (2014). Usefulness of phase-contrast magnetic resonance imaging for diagnosis and treatment evaluation in patients with SIH. *Cephalalgia*, 34(8):584-93.