

Santral Sinir Sisteminin Monitörizasyon

Prof. Dr. R. Dinçer Yıldızdaş
Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi, Çocuk Yoğun Bakım BD, Adana

Nörolojik hasarı olan bir çocuğun değerlendirilmesi hem tanı hemde tedavi planı için çok önemlidir. Yıllarca birçok ölçüm sistemleri ya da monitörizasyonu geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu teknikler nörolojik muayene, elektrofizyolojik monitorizasyon, nörogörüntüleme ve serebral kan akımı ve metabolizmasının değerlendirilmesidir ve bunlar kritik çocuk hastanın yönetiminde yardımcı olabilmektedir.

Şu an ki nöromonitörizasyon teknikleri serebral fizyolojideki çalışmaların gelişmesi ve akut beyin hasarlanmasının patofizyolojisinin anlaşılması sonucu geliştirilmiş yeni tekniklerdir. Bu yeni teknikler, çeşitli santral sinir sistemi olaylarındaki örn. Travmatik beyin hasarlanmasında (TBH), stroke, SAK ve nörocerrahi sonrası meydana gelebilecek primer ve sekonder hasarlanmayı yönetmede ve erken tanımlanmasını sağlamada fizyolojik ve metabolik parametrelerin ölçümü ile ilişkilidir. Bazı monitörizasyon teknikleri uzun yıllardır mevcut olup hala kullanılmaktadır. Bunlar İntrakraniyal basınç (İKB), serebral perfüzyon basıncı (SPB) ve elektroensefalogram (EEG) idi. Hasarlanma sonrası meydana gelen metabolik ve hücrel bozuklukların anlaşılması ile beraber beyin metabolik bozukluklarını ortaya çıkarmasına çalışan yeni teknikler geliştirilmiştir. Bunlar beyin doku oksijen monitörü ve serebral mikrodializ yöntemidir.

Yeni nöromonitör tekniklerinin gelişmesinin en önemli nedeni, şu anki kullanılan standart monitör tekniklerin örn. İKB ve SPB'in, beyin hasarlanmasındaki ince noktalarını ortaya çıkarmada yetersiz veya fizyolojik parametreleri değerlendirmede yeterli bilgi verememesidir. Örn, SPB'ı, serebral kan akımı ölçümünde güvenli bir metod değildir. Son zamanlarda geliştirilen yeni teknikler beyin doku oksijen gerilimi (PbtO₂), juguler bulb venöz oksijen saturasyonu, (SjvO₂) monitorizasyonu, serebral mikrodializ ki bu teknikler serebral metabolik fonksiyonları konusunda daha ayrıntılı bilgi vermektedir. ideali bu yeni tekniklerin nöroyoğunbakım ünitelerinde yatan hastaların tedavisinde rutin kullanımı sağlamaya çalışmaktır. Ancak bunların rutin kullanımı konusunda yeterli, güvenilir bilgi ve aynı zamanda prognozu iyileştirdiğine dair güvenli ve yeterli veri de yoktur.

Buna ilaveten, bu yeni monitörler ile ilgili verilerin sayısı ve sıklığı artmakla beraber, bunların yorumu, kullanımı ve çok farklı metod uygulamasının sonucunda ne olacak bilinmiyor (Tablo-1).

Tablo 1. Akut Beyin Hasarlanmasında Monitörizasyon Teknikleri

Nörolojik Muayene	Pupiller, refleksler, kas tonusu, yeni fokal defisit
Genel Sistemik Monitörizasyon	Devamlı arteriyel kan basıncı, kalp hızı, solunum hızı, vücut ısı, kan gazı, laboratuvar testleri

Görüntüleme Teknikleri	Beyin tomografisi, manyetik rezonans görüntüleme, pozitron emisyon tomografi, serebral anjiyografi
Çok özel Serebral Monitorizasyon	İntrakraniyal basınç/serebral perfüzyon, beyin doku oksijen basıncı, juguler venöz oksijen saturasyonu, oksijen dengesi, elektroensefalografi, uyarılmış potansiyeller, transkraniyal doppler, mikrodializ(laktat, piruvat/glutamat), Near-infrared spectroscopy

Nörolojik Muayene

Kritik çocuk hastada en temel santral sinir sistemi metodu tekrarlayan fizik muayenedir. Kraniyal sinir, kas gücü, duyu ve bilincin değerlendirilmesi en önemli basamaklardır. Yeni bir nörolojik anormalliğin saptanması muayene eden kişinin tecrübesi ve deneyimi ile ilişkilidir.

Kritik çocuk hastada, kraniyal sinirin muayenesinin değerlendirilmesi önemlidir. Çünkü bunlardaki bozukluklar patolojinin önceden saptanmasına neden olabilir. Yoğun bakım ünitelerinde kullanılan birçok ajan (bilhassa sedatif ve anksiyolitik) nörolojik fonksiyonları değiştirse de, çok az ajan kraniyal sinir değerlendirmesini etkiler. Kraniyal sinir I. genellikle değerlendirilmez, ve nadiren etkilenir. II. sinir olan optik sinir, tek taraflı hasarlanmada görme alanı ilgili defektlere neden olabilir. Değerlendirmek zor olabilir. Ancak II. sinir pupil yanıtında önemli olup pupil yanıt olarak o gözde cevap vermez. III. sinir hasarlanmalarında pupil ışık reaksiyonu bozulur, sıklıkla serebral herniasyonda olur. IV. sinir trochlear olup sup oblique innerve eder, hasarlanması diplopiye neden olur, etkilenen göz dışarıya rotasyon olur. VI. sinir abducens olup göz dışı bakamaz. V ve VII. sinir korneal refleksler değerlendirilir. VIII. sinir işitme ve denge aynı zamanda taş bebek arazi ve soğuk su ile kulak yıkamaya cevapda değerlendirilir. IX-X. sinir yutma ve uvulanın orta hatta olup olmadığına bakılır, aynı zamanda X otonomik fiberlarla ilişkili olup kalp, damar, kan damarları, trakea, bronş, mide, ince bağırsak ve bağırsakların innervasyonunda görevli olup bozukluklarında bradikardi, hipotansiyon ve diğer semptomlar çıkabilir.

Kas gücü ve kuvveti her hastada mutlak değerlendirilmelidir. Ancak kas gevşetici veya sedasyon-analjezik alanlarda bu zor olabilir. Tüm kas gruplarının derin tendon refleksleri değerlendirilmelidir.

Yoğun bakım ünitelerinde standart olarak bilinç değerlendirmek için Glasgow Koma Skalası (GKS) kullanılmaktadır. İlk olarak erişkinlerdeki TBH da geliştirilmiş olup, bu skala çocuklarda da bilincin hızlı ve objektif değerlendirilmesini sağlar. GKS, çeşitli stimulus ile ya da stimulus olmadan verbal, motor ve göz hareketleri değerlendirilerek puanlanır. GKS'ı erişkinlerde TBI güvenilir olduğu kanıtlanmış olup çocuklarda çok fazla değerlendirilmemiştir. Ancak GKS'ı çocuklarda güvenilir olarak kabul edilmektedir. GKS'ı değerinde 3 birimden fazla düşüklük belirgin bir klinik nörolojik değişiklik kabul edilir ve tedavi gerektirir. GKS'ı preverbal ve komutları anlamayan çocuklar için de modifiye GKS'ı geliştirilmiştir.

Nöromüsküler Fonksiyon

Nöronlar ve kas hücrelerinin intrinsik elektriksel özellikleri nedeniyle, nöromüsküler fonksiyonlar spontan veya çeşitli stimulus sonrası elektriksel potansiyellerin ölçümü ile değerlendirilmelidir.

Elektroensefalogram

EEG beyin yüzeyel elektriksel aktivitesini değerlendirir. Çocuğun kafatasına yerleştirilen elektrotlar arasındaki potansiyel elektriksel farkı ölçer. 16-32 kanallı EEG'ler olabiliyor. Alpha, beta ve teta dalgaları olabiliyor. Teta dalgalarını daha çok küçük çocuklarda saptanıyor.

EEG aralıklı veya devamlı olarak uygulanabilir. EEG, nöbet veya epileptiform aktivitenin ortaya çıkmasında en önemli araç olup, başkası bunu ölçmez. Özellikle devamlı EEG monitorizasyonu non-konvulzif status epileptikusun saptanmasında önemlidir. EEG'nin diğer kullanım alanı ilaçların indüklediği komanın derinliğini ölçmede yararlıdır. EEG non-invazif olup hasta başında rahatlıkla sonuç verir. EEG monitorizasyonu fokal lezyonların ortaya konmasında, örn. herpes ensefalitte görülen paroksizmal lateralize epileptiform boşalma aktivitesini tanımlamasında yardımcıdır. Çoğu zaman pediatrik nörolog tarafından değerlendirilir. Son yıllarda pediatrik yoğun bakımçıların deneyimi artmıştır.

EEG'nin Klinik Uygulanımları

- 1) Serebral iskeminin monitorizasyonunda EEG gold standarddır.
- 2) Yoğun bakım ünitelerinde konvülzif ve non-konvülzif status epileptikusun monitorizasyonunda önemlidir. Subklinik nöbetler fark edilmez ise nörolojik kötüleşmeye neden olabilir.
- 3) Komanın gidişatın prognozunu takibi bakımından önemlidir.

Uyarılmış Potansiyeller

Uyarılmış potansiyeller, periferik stimulus uygulandıktan sonra ilgili beyin bölgelerinin elektriksel aktivitelerin ölçümüdür. Stimulus uygulamaları duyu siniri ile, visüel uyarı ile veya işitsel yol ile olabilir ve impulsların kortekse doğru iletimi ölçülür. SSS'deki duyu siniri veya nükleusundaki hasarlanma bölgesini gösterir.

Somatosensöriyel (SSEP), beyin sapı (BAEP) ve vizüel (VEP) uygulanmış potansiyelleri klinik prognozu etkileyen faktörler olarak saptanmıştır.

Çocuklardaki TBI'de SSEP'in yokluğu kötü nörolojik prognoz ile ilişkili bulunmuş. Buna benzer şekilde, hipoksik komada BAEP ve VEP'in kombine kullanımı prognoz ile ilişkili olduğu saptanmıştır. SSEP aynı zamanda sepsise sekonder gelişen ensefalopati ile de ilişkili bulunmuştur. Uyarılmış potansiyellerin en önemli avantajı, dalgaların sedatif ajanlardan etkilenmemesidir. Fakat bu testler

laboratuvar kökenli, tecrübe isteyen testler olup aynı zamanda ancak aralıklı yapılabilmektedir. Bazı seçilmiş hastalarda yoğun bakım ünitesinde yararlı olabilir.

Elektromyografi.

Kasların elektriksel aktivitesini ölçen bir yöntemdir. Nöronal veya musküler kas fonksiyon bozukluğunu ölçen bir sistemdir.

İntrakraniyal Basınç Monitörizasyonu

Çok farklı teknikler ile İKB ölçümü yapılabilir. Monitorizasyon intraventriküler, parankimal, subdural veya epidural yoldan yapılabilir. İntraventriküler kateterin birçok avantajı olup, sıklıkla İKB ölçümünde altın standard yöntemdir. Burr hole açılarak girilip, BOS ile dolana kadar beyin parankimine ilerletilir. Lateral ventriküllerden birinin frontal veya oksipital kısmına yerleştirilir. Uygun pozisyonda sıfırlanır ve ihtiyaç halinde tekrar kalibre edilir. Diğer bir avantajı BOS drenajı yapılabileceğinden İKB artışının kontrolünde yararlı olabilir. Dezavantajı infeksiyon ve beyin parankiminde hematoma veya kanamaya yol açabilir. İntraventriküler kateteri çok küçük ventrikülleri olan ya da komprese ventrikülleri olan belirgin \uparrow İKB'ında yerleştirmek çok güç olabilmektedir.

İKB Monitorizasyon Endikasyonları

Kafa Travması: Ciddi beyin travması olan hastaların 2/3'ünde İKB \uparrow (IKB>20 mmHg) gözükmemektedir. Yapılan çalışmalarda İKB < 15 mmHg tutulması nörolojik prognozu olumlu etkilediği bilinmektedir. Beyin travma topluluğu ve Amerikan Beyin Cerrahi Birliği kafa travmasında İKB monitorizasyonunu:

- 1) Anormal BBT bulgusu olan ve ciddi beyin travmasında (kardiyopulmoner resusitasyon sonrası GKS 3-8 olan) öneriyor. BBT'deki anormal bulgular hematoma, kontüzyon, ödem veya basal sistemlerin komprese olmasıdır.
- 2) Hafif veya orta derece kafa travmasında rutin İKB monitorizasyonu endike değildir. Yine de, doktor travmaya sekonder kitle lezyonun yani hematoma veya kontüzyonu var ise düşünebilir.

SPB'in takibi, beyin travmasında hem global hem de bölgesel iskemiyi önlemede yararlı olabilir.

Beyin Tümörü: Rutin İKB monitorizasyonu beyin travmasında önemi tam olarak belli değildir. Postoperatif dönemde beyin ödemi gelişen hastalarda yararlı olabilir.

Subaraknoid Hemoraji: Anevrizmaya sekonder gelişen SAK'larda, serebral vazospazma bağlı beyin ödeminin ve hidrosefalinin gelişmesi yönünden takip için İKB monitorizasyonu yapılabilir.

Hidrosefali: BOS drenajı yapmak içinde beraberinde kullanılabilir.

Nöromedikal Durumlarda: Diğer nöromedikal durumların rutin kullanımında çok yeri yoktur.

İKB Monitorizasyon Tekniği

İlk defa 1960 yılında Lundberg tarafından uygulanmıştır.

İntraventriküler Kateter: Perkütan intraventriküler kateter yerleştirilmesi altın standarddır. Lateral ventriküle yerleştirilir, ya frontal, oksipital, parietooksipital veya parasagital koronal yaklaşım yapılarak kanül yerleştirilir. Transducer eksternal meatus düzeyinde sıfırlanır. İntraventrikülerin avantajları: 1) Güvenilir, 2) İntrakraniyal kompliansı ölçer, 3) Ventriküler kateterden BOS drenajı yapılarak İKB azaltılabilir. İnvazif bir işlem olup infeksiyon ve travma riski vardır. Ventrikülleri komprese olan beyin ödeminde, yerleştirilse dahi kateterin tam yerleştiğine emin olunamaz. Subdural kateterin avantajı beyine travma riski az. Dezavantajı BOS drene edilemez, infeksiyon ve çalışmaması.

Fiberoptik cihazlar: Minyatür fiberoptik kateterler şu an mevcut olup, ventrikül, epidural veya subdural veya beyin parankimine yerleştirilir. Transducerin de belli bir düzeyde sıfırlanmasına gerek yok.

Anormal İKB Dalga Formları:

Normal fizyolojik durumlarda, İKB solunum komponenti ile superimpose olmuş pulsatil bir kayıt verir. Normalde solunum ossilasyonu kardiyak ossilasyondan daha büyüktür, fakat İKB artışı olduğu zaman arteriyel pulsasyon daha büyük amplitude haline gelir. Bu iki fizyolojik fluktuasyon dışında artmış İKB'da üç tane de patolojik dalga formu olur.

A dalgası- plato dalga, bölgesel serebral kan akımında değişikliklerin neden olduğu ciddi patolojik İKB artışında gözlenir. Özellikle de İKB 40'ın üstünde 5-20 dakikada devam ettiğinde olur.

B dalgası- Daha az anlamlı Cheyne-Stroke solunumu ile birlikteki senkronizasyonda görülür.

Hangi monitorizasyonu kullanırsak kullanalım, herhangi biri körü körü doğru değerı vermez. Basınç formları bakılmalı ve pulsatil dalga formu olmaksızın ölçülen değerler şüpheli bakılmalı. Trase, arteriyel dalga formu ile veya solunum değişiklikleri ile etkilenebilir, bu da sonuçları etkileyebilir. Ölçülen değerler daima diğer beraberindeki parametrelerle örneğin fizik muayene ile karşılaştırılmalıdır.

Nörogörüntüleme Çalışmaları

Çocuklarda beyni değerlendirmek için optimal düzenlenmiş olan görüntülemeler BBT ve MRG'dir. Süt çocukluğu döneminde fontanel kapanmadan önce kraniyal USG bize serebral hemoraji ve malformasyonu gösterebilir.

Bilgisayarlı Tomografi (BBT)

BBT ile kan, BOS, beyin, kaftası ve tüm intrakraniyal bileşimler değerlendirilebilir. BBT'nin, kritik yoğun bakım hastalarındaki monitorizasyonu tamamıyla değişmiştir. Hali hazırda kitle, BOS, tümörü tanımlar, stroke ve stroke tedavisinin yeterliliğini değerlendirir, cerrahi müdahale gerektirebilecek çoklu travmaya bağlı beyin ve kafatası hasarlanmalarını değerlendirilir. Aynı zamanda spinal kanal kompresyonu ve kitlesini de değerlendirir. BBT'nin radyasyon ve portable olmaması dışında çok az dezavantajı var. BBT kafatası kemiklerini ve subaraknoid aralığı değerlendirmede daha avantajlı görülmektedir. Çoğunlukla hastalar BT bölümüne transport edilmesi gerekirken, artık günümüzde hasta başı portable BT ile değerlendirme yapılabilmektedir. Son dönemlerde rezolüsyonları artan yeni BBT 'ler olsada hiçbir zaman MRG'deki rezolüsyona ulaşamaz.

Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG)

Pahalı bir sistem ve hastanın transport edilmesi gerekmektedir.

Positron Emisyon Tomografi (PET)

PET, BT prensipleri ile beraber beynin içindeki substratların metabolizması hakkında önemli bilgi veren bir yöntemdir. PET çok az yerde bulunan ve hasta transportu gerekebileceği için pek yoğun bakım alanında kullanılmaz.

Serebral Kan Akımı ve Metabolizması (SKA)

Yoğun bakım ünitelerinde serebral kan akımının değerlendirilmesi önemli olup, özellikle de stroke sonrası reperfüzyonu değerlendirme, beyin ölümünü saptamada, ve aynı zamanda TBH'da artmış İKB'in etkilediği beyin bölgelerinin tanımlanmasında yararlıdır. Çeşitli teknikler ile serebral kan akımını, serebral kan akımın metabolizma ile ilişkisi veya beynin spesifik metabolik durumları değerlendirebiliriz.

Transkraniyal Doppler Ultrasonografisi (TKD)

TKD, noninvazif bir yöntem olup büyük intrakraniyal arterlerdeki serebral kan akım hızını ölçer. TKD, ortalama serebral kan akım hızını ölçer ve sistolik-diastolik ve ortalama hızları verir ve akım yönünü saptar. Çocuklarda TKD, klinik kullanımı damar patensisini saptar ve intraserebral hemorajiden sonra fokal vazospazm alanları ortaya çıkarır. Beyin ölümünü desteklemek için kullanılır (Beyin ölümünde kriter diastolik akımın olmaması, pulsatil indeksin yüksek olması). TKD hastabaşı rahatlıklı yapılır, ancak yapan kişinin tecrübeli olması gerekmektedir.

PI: (Pik Sistolik Hız – End Diastolik Hız / Ortalama Hız)

İKB yüksek iken, diastolik hız düşer ve pulsasyon artar. Eğer İKB artışı çok yüksek olursa özellikle de diastolik kan basıncından yüksek, sistolik kan basıncından düşük ise önce bifazik dalga olur daha sonra da intrakraniyal dolaşım durur ise dalga yok olur. Kafa travmalarında PI ve İKB arasında iyi bir korelasyon mevcuttur.

TKD klinik uygulamaları

- 1) Serebral kan akımını noninvazif ölçer.
- 2) Serebral vazospazmın teşhisinde yardımcı olur ve kafa travması ve SAK'ı olan hastaların tedaviye yanıtını değerlendirmede yol gösterir.
- 3) CO₂'in serebral vasküler cevabı ve SKA'nın otoregülasyonu değerlendirilir.
- 4) Yüksek İKB'da intrakraniyal dolaşım durumu değerlendirilir.
- 5) Kafa travmalı hastalarda SPB'ı ve hiperventilasyonu optimize etmek için kullanılır.

Xenon BT Görüntüleme

Xenon-133 (Xe) difüze, durgun, lipid bazlı bir gaz olup serebral kan akımını değerlendirmede kullanılır. İnhal edildikten sonra (daha önce İV kullanılırken) hızlıca kan beyin bariyerine geçer ve serebral kan akımına dağılır. BBT'ye özel software programı eklenerek renkli olarak serebral kan akımı izlenir. Serebral kan akımı sayıya dökülürse mL/100 gr/doku/dakikadır ve lokal, bölgesel ve global ölçümler yapılabilir. Xenon BT işleminin fokal alanları saptamada, serebral otoregülasyonu değerlendirmede (seri olarak pH ve kan basıncı ölçümleri yapılarak) ve beyin ölümü tanısında kullanılır. En önemli dezavantajı yüksek maliyet, kritik çocuk hastalar için yoğun bakıma transport edilmesi gerekir. Eğer uygulanabilirse, XeCT kan akımı ölçümleri klinik seyri etkileyebilir.

Juguler Venöz Oksimetre (SjvO₂)

Serebral kan akımının yeterliliğinin ölçülmesi için yapılan serebral venöz oksijen saturasyonu ile oksijenin serebral metabolik hızı hesaplanır. $(A-V) D O_2 \times SKA = CMRO_2$. Yukarıdaki formüle göre, şu sonuç çıkarılabilir, $CMRO_2$ sabit iken SKA'daki herhangi bir değişiklik, serebral arterio-venöz oksijen farklılığındaki değişiklik ile ilişkilidir. Normal kardiyorespiratuvar fonksiyonu sırasında arteriyel oksijen içeriğinde çok az bir değişiklik olur. SKA hızı azaldığında, $CMRO_2$ sabit ise SjvO₂ de azalır.

Devamlı SjvO₂ ölçümü için kateter retrograde yol ile internal juguler venin juguler bulb yerine yerleştirilir. Doğru ölçüm yapabilmek için kateterin yeri juguler bulbin 1 cm içerisinde olmalıdır. Uygun yerleştirilmez ise ekstrakraniyal O₂ içeriği yansıtmayabilir. Aralıklı olarak ölçüm yapılabileceği gibi devamlı ölçüm yapılabilmektedir. Kateter uygun olarak yerleşmiş ise SKA'nın yeterliliği için en az parametre bakılması lazım.

- 1) Juguler venöz oksijen saturasyonu
- 2) Serebral arteriovenöz oksijen farkı (A-VDO₂) (arteriyel ve jugüler venöz oksijen farkı).
- 3) Serebral oksijen ekstraksiyonu (CEO₂) (SaO₂-SjvO₂) normal ve anormal değerleri tabloda verilmiştir.

Düşük SjvO₂, yüksek (A-V)DO₂ veya yüksek CEO₂ artmış oksijen ekstaksiyonunu gösterir, bu durumda serebral iskeminin erken bulgusu olabilir (Tablo-2).

Tablo-2. SjvO₂den elde edilip serebral kan akımının yeterliliğinin göstergesi

SjvO ₂	Normal: % 60-80 Hiperaemia : > % 90 Düşük akım: < % 50
A-VDO ₂ CMRO ₂ (SKA)	Normal: 5-7.5 Vol % Hiperaemia : < 5 Vol % Düşük akım: > 7.5 Vol %
CEO ₂	Normal: % 24-40 Hiperaemia : % 24 Düşük akım: > % 40

SjvO₂, kafa travmalı hastalarda SjvO₂ değerinin <50 olması kötü prognoz ile ilişkilidir. Yine hiperventilasyonun etkinliğinde ve SPB'ı optimize etmek içinde kullanılabilir.

SjvO₂'nin dezavantajı SKA'nın global olarak yeterliliği hakkında bilgi verir, fakat iskemik durumlarında yardımcı olmaz.

Beyin Doku Oksijen Monitörü (PbtO₂)

Yeni geliştirilmiş tekniklerden biri olan direk beyin doku oksijen geriliminin (PbtO₂) ölçümüdür. PbtO₂ ölçümü beyinin spesifik bölgelerinde direkt olarak fokal doku oksijen düzeyini ölçer.

Bu da dokudaki oksijen içeriği veya dağılımını değerlendirerek mikrovasküler perfüzyonun bozulması veya iskemi ile ilişkili sekonder hasarlanmanın değerlendirilmesini sağlar. Bununla ilgili iki cihaz mevcuttur. Biri LICOX sistemi, bu sistemde prob direkt olarak beyin parankimine yerleştirilir, tahminen duvarın 2-3 cm altına yerleştirilir, hedef alanı frontal beyin dokusudur. Aynı probe ile beyin ısıda ölçülür. Ancak hala optimal yerleştirme yeri tartışılmalıdır. Yaklaşımımız, travmatik bölgede hasarlanmanın yanındaki en az hasarlanma alanına yerleştirmek.

PbtO₂ ile ilgili klinik uygulamalar ve çalışmalar devam etmektedir. Yinede bazı gözlemsel çalışmalarda görülmüştür ki TBI ve SAK'da spesifik PbtO₂ eşiği kötü prognozu gösterirken diğer serebral lezyonlarda ise iyi prognozu göstermektedir. İlk gözlenimler PbtO₂'nin hastalığa spesifik olabileceği. Ancak PbtO₂ değeri verilen oksijen miktarı (FiO₂), serebral kan akımı ve özellikle serebral perfüzyon basıncı ile değişebilir. Genel olarak PbtO₂ değeri 10-15> ise kötü prognoz olarak değerlendiriliyor, bazı araştırmacılar ise iskemik eşik değeri olarak refere ediyorlar. PET ile ilgili yapılan bir çalışmada PbtO₂'nin 14 mmHg değeri kritik bir değer olduğu görülmüştür.

Birçok deneysel çalışmalarda, diğer beyin oksijen ölçümleri ile korele olduğu, örneğin S_{ijv}O₂ ile PbtO₂, SKA ve serebral oksijen ekstraksiyonu ile bariz ilişki olup, bu da serebral metabolik oksijen hızının değerlendirilmesinde önemli faktör.

PbtO₂ ölçümleri arteriyel oksijen içeriği, FiO₂, ortalama arteriyel basınç (OAB), SPB, SKA ve Hgb ile pozitif korele iken, PET'deki oksijen ekstraksiyonu ve dinamik BT perfüzyonundaki transit zamanı ile ters orantılıdır. Hipoventilasyon PbtO₂ azaltır, çünkü serebral vazokonstriksiyon neticesi serebral kan akımı hızı az almasına bağlı olarak. FiO₂ artmasını sekonder umulacak şekilde PbtO₂ oranı artmayabilir, bu da otoregülasyonun bozuk olduğunu ve kötü prognozu gösterir. İKB ile PbtO₂ ilişkisi de değişiktir. Eğer İKB ↑ ile beraber SPB ↓, PbtO₂ ↓, o nedenle PbtO₂ ile SPB ile ilişkilidir. Belirgin olarak azalmış PbtO₂ değeri serebral mikrodializ yöntemi ile ölçülen laktat/piruvat oranının yükselmesi ile ilişkilidir.

Birçok gözlemsel çalışma PbtO₂ ile klinik prognoz arasındaki ilişkiyi TBI, SAK ve daha az olarak intrakraniyal kanamada araştırsada, şu ana kadar yapılmış bir randomize kontrollü bir çalışma yoktur. Bazı çalışmalarda PbtO₂ değerinin 10-15 mmHg > TBI mortalite ve morbiditeyi artırdığı görülmüş. Bir çalışmada ciddi TBI'de PbtO₂ hedefli tedavi (PbtO₂ > 25 mmHg) ile İKB ve SPB hedefli tedavi ile karşılaştırıldığında daha düşük mortalite saptamışlar. Başka çalışmalarda ise buna benzer sonuçlar elde edilmiştir. Proben yerleştirilmesi özellikle beyaz cevhere olsa da, fokal ölçüm yapılması soru işaretidir. Ancak probunun yerleştirilmesi invazif olup, buna rağmen rutih İKP ile karşılaştırıldığında daha az hemoraji ve infeksiyon komplikasyonu olur. Şu an bu ölçümlere göre tedavi protokolü geliştirilmiştir (Tablo-3).

Tablo-3. Ciddi akut beyin hasarlanmasında, PbtO₂, intrakraniyal basınç, serebral oksijen ekstraksiyon oranı ile tedavi potokolü

<p>Normal PbtO₂ 20-25 mmHg</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ölüm riski artar <ul style="list-style-type: none"> - < 15 mmHg 30 dak - < 10 mmHg 10 dk • PbtO₂ < 5 mmHg yüksek mortalite • PbtO₂ < 2 nöronal ölüm <p>PbtO₂ < 20 mmHg İKB > 20 mmHg ↓</p> <p>Baş elevasyonu ve pozisyonu Havayolu ventilasyon kontrolü Sedasyon ve analjezi Ateşi kontrol et Hipotansiyonu kontrol et Nöbeti önle BOS drenajı Acil BBT Hiperosmolar tedavi Hiperventilasyon Barbiturat koma Hipotermi Kitleyi boşalt ± Dekompresif kraniektomi</p>	<p>PbtO₂ oksijen teyiti</p> <ul style="list-style-type: none"> • PbtO₂ < 0-20 mmHg teyiti ± 2 mmHg • PbtO₂ 21-50 mmHg teyiti ± % 10 • PbtO₂ 51-150 mmHg teyiti ± % 13 <p>Isı teyiti: ± 0.2°C</p> <p>PbtO₂ > 20 mmHg İKB < 20 mmHg ↓</p> <p>Monitorizasyona devam Baş elevasyonu ve pozisyonu Havayolu ve ventilasyon kontrolü Sedasyon-analjezi Ateşi kontrol et Hipertansiyonu kontrol et Nöbeti önle</p>
Serebral Oksijen Ekstraksiyonu Oranı	
<p>Serebral O₂ ER < % 40 İKB < 20 mmHg ↓</p> <p>Verilerin yorumu biraz zor Baş pozisyonunu kontrol et Ventilasyon, oksijenizasyon, ısı, kan basıncı, nöbetler nöromonitor verileri ile korele Veya prob yer değişmiştir Ya da çalışmıyor Herhangi bir çalışmada, İKB, yüksek kan PbtO₂'nin normal olduğu</p>	<p>Serebral O₂ER > % 40 ↓</p> <p>Baş elevasyonu ve pozisyonu Havayolu ve ventilasyon kontrolü Sedasyon-analjezi Ateş kontrolü Hipertansiyon kontrolü Nöbet kontrolü Acil BBT Hiperosmolar tedavi Hiperventilasyon Barbiturat koması</p>

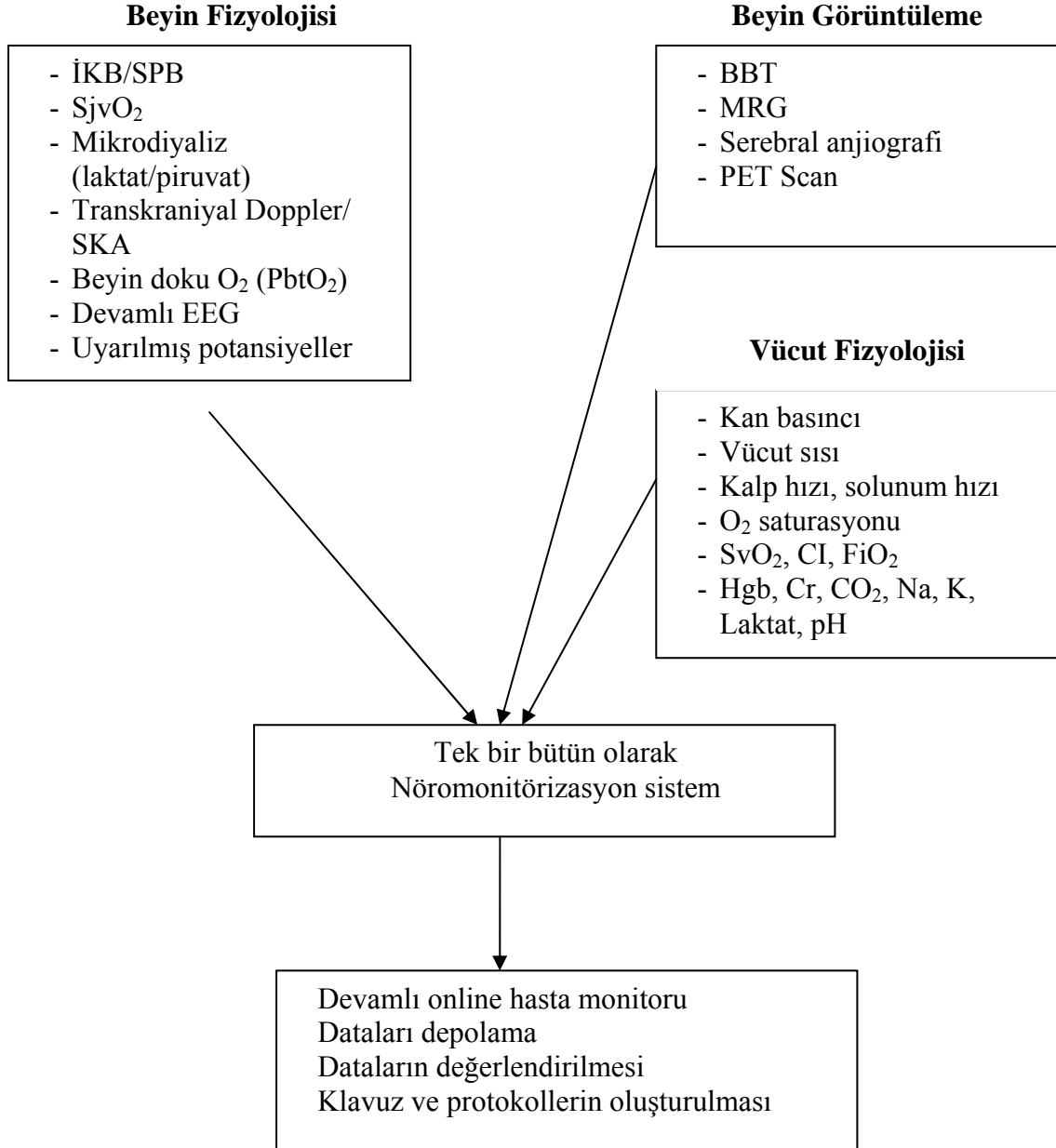
	Hipotermi Cerrahi kitlerin çıkartılması
--	--

Serebral Mikrodiyaliz

Serebral mikrodiyaliz yeni bir nöromonitorizasyon sistemi olup, kapiller teknik metodu ile çalışan ve beyin parankimindeki kimyasalların konsantrasyonunu ölçer ve bununla beraber primer ve sekonder beyin hasarlanmasında nörokimyasal değişiklikleri de ortaya koyar. En sık kullanılan sistem CMA 600 mikrodiyaliz analizler sistemidir (İsveç, Stockholm). Bu sistem yatak başında glikoz, glutamate, laktat, piruvat ve gliserol konsantrasyonlarını ölçer. Kateterin içinde yarı permeable membran olan ince bir tüp olup difüzyon metodu ile çalışır. Kateter burr hole açılarak, sıklıkla PbtO₂ veya İKB monitörü ile beraber yerleştirilir. İdeali, mikrodiyaliz kateterin hasarlanmanın penumbra alanına ya da normal beyine yerleştirilir, direk hasarlanma yerine yerleştirilmez. İşlem 20-30 dakika sürer. Genellikle saatlik değerlendirme yapılır. Komplikasyon olarak serebral metabolizmada fokal değişiklik, ki bu değerlendirmeyi zorlaştırabilir. Gelişmiş kortikal depresyon, SKA ↓ ve hemoraji. En önemli kısıtlaması kateterin yerleştiği alan, çünkü çok farklı sonuçlara neden olabilir. Yeri sağlam doku mu, penumbra mı yoksa hasarlanmış doku mu?

Mikrodiyaliz yöntem ile en sık bakılan glikozdur. SKA belirgin azalırsa glukoz düzeyi düşer, iskemik değişikliklerde laktat/piruvat oranı ve glutamat bakılırken, gliserol hücre membranının hasarlanmasında değerlidir. Mikrodiyaliz yöntemi daha çok deneysel araştırmalarda kullanılırken son zamanlarda klinik olarak TBI, SAK, stroke, iske mi ve perioperatif olarak kullanılmaya başlandı. Son konsensusda mikrodiyaliz yöntemi İKB/SPB takibi gerektiren ciddi beyin travmalarında kullanılabileceğidir. Patolojik değişiklikler, diğer nöromonitorizasyon sistemleri ile örn. PbtO₂, SjoO₂, İKB, kan basıncı, hipoksi ve SKA ile korele bulunmuştur. Son yapılan çalışmalarda TBI ve SAK'da artmış laktat/piruvat oranı anormal laktat ve glukamat düzeyleri kötü nörolojik prognoz ile ilişkili bulunmuştur. Goodman ve ark. yaptığı büyük bir çalışmada yüksek laktat/glutamat oranı ve yüksek laktat ile mortalitenin korele olduğu gösterilmiş. Glikoz ile ilişkili çalışmalarda anlamlı sonuç vermiştir. Genellik tedavi yönetiminde bir protokol oluşturulması için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

Sonuç olarak nörolojik hasarlı hastaların başarılı bir yoğun bakım tedavisi için hastalığın ilerleyişi ve komplikasyonlarının iyi anlaşılması gerekmektedir. Nöromonitörizasyon sistemleri hakkındaki ne teknik konusundaki bilgilerimiz tam değil, hem de hastaya göre ayrı ayrı değerlendirilmelidir. Belki gelecekte hepsi tek bir monitörde toplanabilecektir (Şekil-I).. Beyin doku oksijenizasyonunun, mikrodiyalizdeki metabolik markerların ve devamlı EEG monitorizasyonunun rolü kalıcı hasarlanma meydana gelmeden beyin hasarı olan hastada uyguladığımızda klinik gidişatı iyileştirebilmektedir. İleride bu ve bunun gibi parametreleri uygulanması ile daha iyi tedavi protokolleri çıkarılabilecektir.



Şekil-I. Nöromonitörizasyonun Gelecekteki Durumu

KAYNAKLAR

1. Umamaheswara Rao GS. Norological monitoring. Indian J Anaesth 2002;46(4):304-314.
2. Menon DK. Monitoring the central nervous system. Current Anaesthesia and Critical care 1997;8:254-263.

3. Friedman D, Claassen J, Lawrence JH. Continuous Electroencephalogram monitoring in the intensive care unit *Anesth Analg* 2009;109:506 –23
4. Guerguerian AM, Milly Lo TY and Hutchison JS. Clinical management and functional neuromonitoring in traumatic brain injury in children. *Current Opinion in Pediatrics* 2009, 21:737–744.
5. Figaji A. Brain Tissue Oxygen Monitoring in Children—A Review. *Brain trauma* 2009;43-46.
6. Constantinos C, Charalambides & Spyros S, Damianos S. Intracerebral microdialysis in children. *Childs Nerv Syst* 2010;26:215–220.
7. White H, Venkatesh B. Cerebral Perfusion Pressure in Neurotrauma: A Review. *Anesth Analg* 2008;107:979 –88.