



Transkranyal Doppler Ultrasonografinin Beyin Ölümü Tanısındaki Yeri

The Role of Transcranial Doppler Ultrasonography in the Diagnosis of Brain Death

Umud Sabri Kasapoğlu , Murat Haliloğlu , Beliz Bilgili , İsmail Cinel 

Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Yoğun Bakım Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Cite this article as: Kasapoğlu US, Haliloğlu M, Bilgili B, Cinel İ. The Role of Transcranial Doppler Ultrasonography in the Diagnosis of Brain Death. Turk J Anaesthesiol Reanim 2019; 47(5): 367-74.

Öz

Klinik bir tanı olan beyin ölümü tanısında nörolojik muayenenin ve apne testinin yapılamadığı durumlarda doğrulayıcı testlere başvurulmaktadır. Transkranyal doppler ultrasonografi (TKD) beyin ölümü tanısında kullanılan noninvasif, tekrarlanabilir, hasta başı uygulanabilen geçerli ve kullanışlı doğrulayıcı bir ek testtir. Beyin ölümü tanısında TKD'nin değişen oranlarda duyarlılığı ve özgüllüğü olsa bile yöntemin birçok üstünlüğünün olması nedeni ile yoğun bakım klinik pratiğinde kullanımının giderek artması kaçınılmazdır. Bu derlemede serebral sirkülasyonun arrest ve beyin ölümü tanısı için doğrulayıcı bir test olan TKD'nin kullanımı irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Beyin ölümü, doğrulayıcı test, Doppler, ultrasonografi, yoğun bakım

Abstract

Ancillary tests can be used for the diagnosis of brain death in cases wherein uncertainty exists regarding the neurological examination and apnoea test cannot be performed. Transcranial Doppler ultrasonography (TCD) is a useful, valid, non-invasive, portable, and repeatable ancillary test for the confirmation of brain death. Despite its varying sensitivity and specificity rates with regard to the diagnosis of the brain death, its clinical use has steadily increased in the intensive care unit because of its numerous superior properties. The use of TCD as an ancillary test for the diagnosis of brain death and cerebral circulatory arrest is discussed in the current review.

Keywords: Ancillary test, brain death, ultrasonography, Doppler, intensive care unit

Giriş

Beyin ölümü; beyin ve beyin sapı klinik fonksiyonlarının geri dönüşümsüz olarak durmasıdır. Tarihsel süreç içerisinde beyin ölümü tanımı ilk kez 1959 yılında Mollaret ve Goulon tarafından yapılmıştır. Tanımlamada mekanik ventilatör desteği altındaki bir grup hastada "Le coma depasse" adı altında günümüzdeki tanıma benzer şekilde ifadeler kullanılmıştır. Bu hasta grubunda spontan solunum olmaması, derin koma durumu, reflekslerin yokluğu, tansiyon düşüklüğü ve elektroensefalografide (EEG) aktivite kaybı saptamışlardır.

Organ naklinde yaşanan gelişmeler sonucunda beyin ölümüne olan ilgi artmıştır ve ilk kez 1963 yılında beyin ölümü gerçekleşen donörden organ nakli yapılması beyin ölümünün tanısı ve tespitinde düzenleme yapılması gereğini doğurmuştur. İlk kez 1968'de Harvard Raporu yayınlanmıştır ve tıp dünyasında büyük ölçüde kabul görmüştür. Son olarak 2010 yılında Amerikan Nöroloji Akademisi (AAN) tarafından beyin ölümünün saptanması için güncellenen kanıta dayalı bir rehber yayınlanmıştır. AAN kılavuzunda beyin ölümü tanısında nörolojik değerlendirmenin yapılamadığı durumlarda beyin ölümünün doğrulanması için ek test yapılması önerilmektedir. Benzer şekilde 2012 yılında ülkemizde yayınlanan organ ve doku nakli hizmetleri yönetmeliğinde apne testinin yapılamadığı durumlarda beyin dolaşımının durduğunu değerlendiren bir destekleyici test yapılması önerilmektedir (1-6).

Beyin ölümü tanısında kullanılan destekleyici testler ile serebral kan akımı veya nöral fonksiyonlar değerlendirilmektedir. Nöral aktivitenin değerlendirildiği testler EEG ve uyarılmış potansiyellerdir. Nöral aktivitenin değer-

lendirildiği testlerin başlıca kısıtlılıkları artefakt içermeleri, metabolik değişikliklerden ve ilaçlardan etkilenmeleridir. Serebral kan akımını değerlendiren serebral anjiyografi beyin ölümü tanısında altın standart yöntem olarak kabul edilmektedir. Bu yöntemin en büyük dezavantajı hastanın yoğun bakım ünitesi dışına çıkarılması gerekliliği ve kontrast madde kullanılmasıdır (4-8).

Serebral kan akımını ultrasonografi ile değerlendiren bir yöntem olan transkraniyal doppler ultrasonografi (TKD) invazif olmayan, hasta başı uygulanabilen, tekrarlanabilen ve opak madde gerektirmeyen; bu nedenle serebral dolaşım durmasının saptanmasında başvurulabilecek güvenilir yöntemdir (Tablo 1) (1, 3, 5, 8, 9).

Transkraniyal Dopplerin Beyin Ölümü Tanısında Tarihsel Süreci

Beyin ölümü saptanması için ilk ultrasonografi incelemesi ekstrakraniyal arterlere yönelik olarak yapılmıştır. Yoneda ve ark. (10) beyin ölümü tanısı almış hastalarda ekstrakraniyal arterlere yönelik olarak doppler ultrasonografi incelemesi yapmışlar, ana ve internal karotid arterde sistolik pikler, ileri geri akım spektralleri izlemişlerdir. İntrakraniyal arterlerin doppler ile incelenmesi Rune Aaslid'in 1982 yılında TKD'yi klinik kullanıma sunması ile mümkün olmuştur. TKD ile beyin bazal arterleri incelenerek akım hızları dinamik bir şekilde izlenebilmiştir. Günümüzde ise; TKD sadece beyin ölümü tespitinde doğrulayıcı bir yöntem olarak değil aynı zamanda artmış intrakraniyal basıncın tanı ve takibinde, serebral vazospazm tanısında, sepsis ve ilişkili ensefalopati tanısında kullanılmaktadır (9, 11).

Serebral Dolaşım Durması Tanısında Transkraniyal Doppler İncelemesi Öncesinde Aranılan Koşullar

Beyin ölümü tanısında yapılan nörolojik muayene öncesinde belirlenmiş olan önkoşulların sağlanması gerekmektedir. Benzer şekilde transkraniyal doppler ultrasonografi ile serebral dolaşımın durduğunun tespitinin doğru bir şekilde yapılabilmesi için bazı önkoşulların sağlanmış olması gerekmektedir. Bu koşullar: (1) serebral fonksiyonların kalıcı kaybına neden olan ve sebebi gösterilmiş bir koma olmalı (2) intoksikasyon, ciddi hipotansiyon, metabolik durumlar ve hipotermi dışlanmalı (3) serebral fonksiyonların olmadığı iki deneyimli doktor tarafından değerlendirilmelidir. Bu önkoşullar sağlandıktan sonra transkraniyal doppler incelemesi sırasında hasta supin pozisyonda, hemodinamik olarak stabil (ortalama arter basıncı ≥ 70 mmHg veya kan basıncı $>90/50$ mmHg, PaCO_2 : 35-45 mmHg), kalp hızı >60 /dak ve periferik oksijen saturasyonu $>95\%$ olmalıdır (1, 3, 5, 12).

Transkraniyal Doppler Uygulama Tekniği

Klinik pratikte transkraniyal doppler ultrasonografik incelemelerinde en sık kullanılan prob düşük frekanslı (2.0–3.5 MHz) sektör problemlerdir (13). Ekstrakraniyal vasküler yapıların incelemesinde yüksek frekanslı doppler problemleri kullanışlı değildir, çünkü yüksek frekanslı ses dalgaları kafatasına yeterince penetre olamamaktadır (Resim 1) (14).

Transkraniyal doppler ultrasonografi incelemesi ses dalgalarının kafatasından kolaylıkla geçebildiği akustik pencerelerden yapılması gerekmektedir, bu akustik pencereler kafatası kemiğinin en ince olduğu bölgelerdir. TKD uygulamasında kullanılan akustik pencereler; transorbital, transtemporal ve

Tablo 1. Beyin ölümü tespitinde kullanılan doğrulayıcı testler

	Avantajlar	Dezavantajlar
EEG	Hasta başı uygulanabilir Noninvazif, risk yok	Yoğun bakım ortamında elektriksel parazit riski Yanlış pozitif sonuç Metabolik değişiklik ve hipotermiden etkilenir
Serebral anjiyografi	Beyin ölümü tanısında altın standart	İnvazif, kontrast gerektirir Beyin ölümü saptanmasında değişken kriterler
MR anjiyografi	Kontrast gerektirmez	Sınırlı sayıda merkezlerde mevcut Kritik hasta için pratik değil Beyin ölümü saptanmasında değişken kriterler
BT anjiyografi	Birçok hastanede mevcut	Kısıtlı sayıda çalışma Kontrast madde gerektirir Beyin ölümü saptanmasında değişken kriterler
Transkraniyal doppler	Hasta başında uygulanabilir Noninvazif, risk yok	Akustik pencere yetersizliği
Uyarılmış potansiyeller	Hasta başında uygulanabilir Noninvazif, risk yok	Beynin sadece belirli bölgesini yansıtır Yüksek sensitivite, düşük spesifite

EEG: elektroensefalografi; MR: manyetik rezonans; BT: bilgisayarlı tomografi



Resim 1. Düşük frekanslı transkranyal renkli doppler ultrason probu

suboksipital pencerelerdir (14). Her bir akustik pencerenin farklı arter ve endikasyon için avantajları olsa bile detaylı TKD incelemesi akustik pencerelerin hepsinin değerlendirilmesini içermeli ve Willis poligonunu oluşturan arterlerin kan akım hızları incelenmelidir (13). Willis poligonunu oluşturan beyin bazal arterlerinin TKD'de tanımlanmasında bazı kriterler kullanılmaktadır: (1) doppler probunun yönü ve insonasyon derinliği (2) kan akımının doppler probuna yaklaşması veya probtan uzaklaşması (3) anterior ve posterior kan dolaşımının ayırt edilmesinin mümkün olmadığı durumlarda karotis kompresyonuna kan akışının cevabını değerlendirilmesi (14).

Transorbital akustik pencere: Enerji %10'a kadar indirildikten sonra hastanın gözü kapalı olacak şekilde prob üst göz kapağına yerleştirilir, göz küresi üzerinden inferior ve medial yönde inceleme yapılır. Transorbital akustik pencereden oftalmik arter ve internal karotid arterin sifon kısmı incelenebilmektedir. Oftalmik arter 3-5 cm derinlikte, internal karotid arterin sifon kısmı 6-7 cm derinlikte izlenir ve doppler probuna doğru yaklaşan bir akım görülmektedir (1, 5, 14, 15).

Transtemporal akustik pencere: Arcus zygomaticus'un üzerinde kış kulak yolu ile orbita arasında kalan temporal kemiğin skuamöz parçasından inceleme yapılmaktadır. Ön, orta ve arka pencere olmak üzere üç kısma ayrılmaktadır. Ancak klinik pratikte genellikle bir pencere kullanılabilir. Doppler probu transtemporal pencereye yerleştirildikten sonra Willis poligonunu oluşturan vasküler yapıların belirlenmesinde kullanılan anatomik noktalar sfenoid kemik, temporal kemiğin petroz parçası ve serebral pedinküllerdir. Transtemporal pencerede 3-7 cm derinlikte orta serebral arter kan akımı proba doğru yaklaşan, 6-8 cm derinlikte anterior serebral arter kan akımı probtan uzaklaşan, 6-7,5 cm derinlikte posterior serebral arterin kan akımı proba doğru yaklaşan şeklindedir. Orta serebral arter klinik pratikte transkranyal doppler ultrasonografi ile en sık değerlendirilen arterdir ve transtemporal akustik pencerede zigomatik arkin hemen üzerinde kolaylıkla görüntülenebilmektedir (1, 4, 14, 15).

Suboksipital akustik pencere: Hasta oturur pozisyonda olmalıdır ve baş hafif fleksiyondadır, mastoid çıkıntı medialinde 6-10 cm derinlikte vertebral arter ve baziller arter akımı probtan uzaklaşan akım olarak izlenir (1, 14, 15).

Serebral dolaşım durmasının tespit edilmesi için TKD uygulamasında bilateral transtemporal akustik pencereden her iki ön sistem ve suboksipital akustik pencereden arka sistem değerlendirilmelidir. Eğer bilateral transtemporal pencere ve suboksipital pencereden inceleme yapılamıyorsa değerlendirme suboptimal olarak kabul edilmektedir (Resim 2).

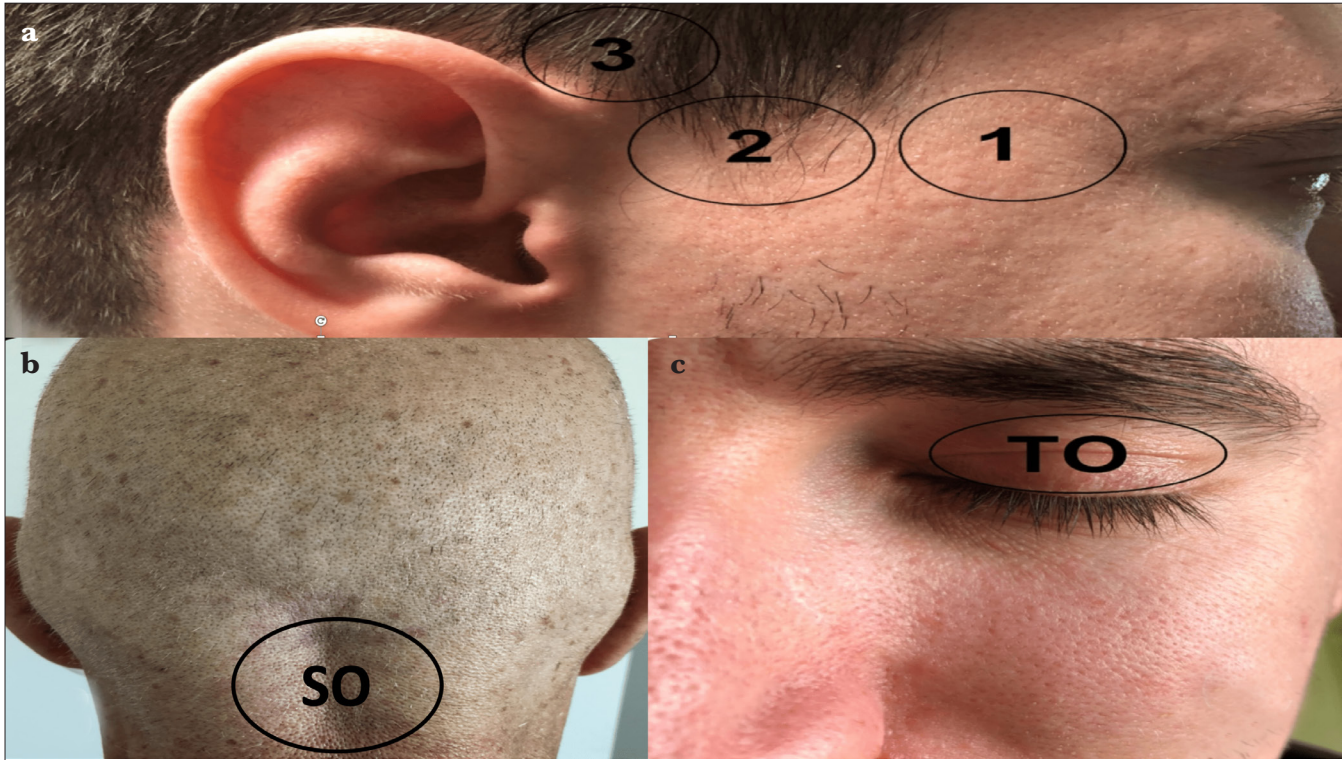
Transorbital akustik pencereden beyin ölümü tespitinin yapılması rutin olarak önerilmemektedir. Oftalmik arterin akım sinyali ve ekstrakranial internal karotid arterin akım formları yanlış pozitif sonuç alınmasına sebep olabilmektedir (12).

Serebral Dolaşım Durması Tanısında Transkranyal Doppler Ultrasonografi

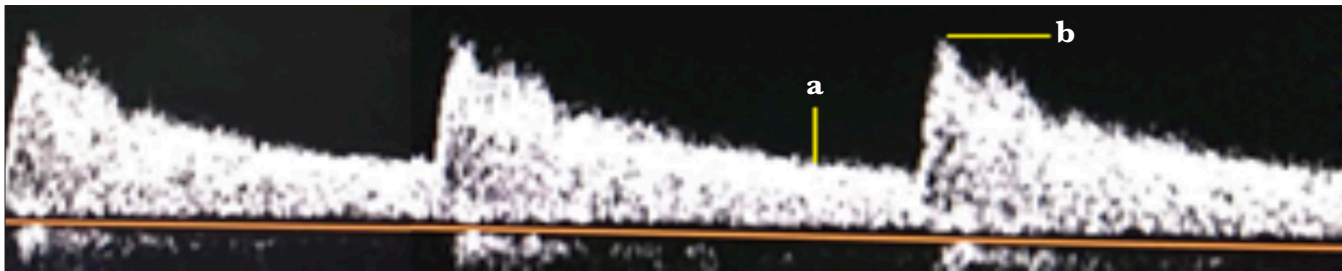
Serebral dolaşım durması; intrakranial basıncın serebral perfüzyonu engelleyecek düzeyde yükselmesi sonucunda serebral kan akımının durması sonucu gelişmektedir. Serebral dolaşım durmasının tanısı için TKD'nin ilk kullanımı 1974'te olmuştur ve sonraki yıllarda birçok çalışmada TKD'nin kullanışlı bir yöntem olduğu gösterilmiştir (1, 3, 10, 16, 17).

Serebral dolaşım durmasının gelişimi sırasında TKD ile serebral kan akımının değerlendirilmesinde dört evre bulunmaktadır ve her birinin karakteristik akım paternleri bulunmaktadır (1, 3).

1. İntrakranial basıncın (IKB) normal olduğu durumda TKD spektrasında beyine doğru sistolde ve diyastolde tek fazlı bir akım izlenmektedir (Resim 3). Herhangi bir nedenden dolayı intrakranial basınç artmaya başladığında TKD'de diyastol



Resim 2. a-c. Transkranyal doppler ultrasonografi incelemesinde kullanılan akustik pencereler. (a) Transtemporal akustik pencere, arcus zygomaticusun hemen üstünde kış kulak yolu ile orbita arasında kalan alanda inceleme yapılır. Transtemporal pencere 1: Ön, 2: Orta ve 3: Arka olmak üzere üç bölüme ayrılır. (b) Suboksipital pencere, mastoid kemiğin hemen medialinden inceleme yapılmaktadır. (c) Transorbital pencere, hastanın gözleri kapalı olacak şekilde ultrason probu hastanın üst göz kapağına yerleştirilerek inceleme yapılır
SO: suboksipital; TO: Transorbital



Resim 3. Transkranyal doppler ultrasonografide (TKD) sistolik piklerin (a) ve diyastol sonu akımının (b) izlendiği normal TKD spektrası. İntrakranial basıncın normal olduğu serebral perfüzyonun normal bir şekilde sağlandığı durumda; TKD’de sistolde ve diyastolde tek fazlı bir akım izlenmektedir

sonu akım hızında (EDV) azalma görülür, IKB diyastolik kan basıncına eşitlendiğinde EDV sıfır olur ve IKB diyastolik kan basıncını üzerine çıktığında beyin sadece sistolde kanlanmaktadır. Bu durumda TKD spektrasında görülen sistolik akıma “sistolik pik” denir. Serebral perfüzyon basıncı halen IKB’den yüksek olduğu için halen ileri doğru net bir akım mevcuttur (Resim 4).

2. İntrakranial basınç progresif olarak artmaya devam ettiğinde TKD spektrasında sistolik pik süresi kısalmaktadır ve sonrasında diyastolik geri akım görülmektedir. Transkranyal doppler ultrasonografide sistolik ileri diyastolik geri akım

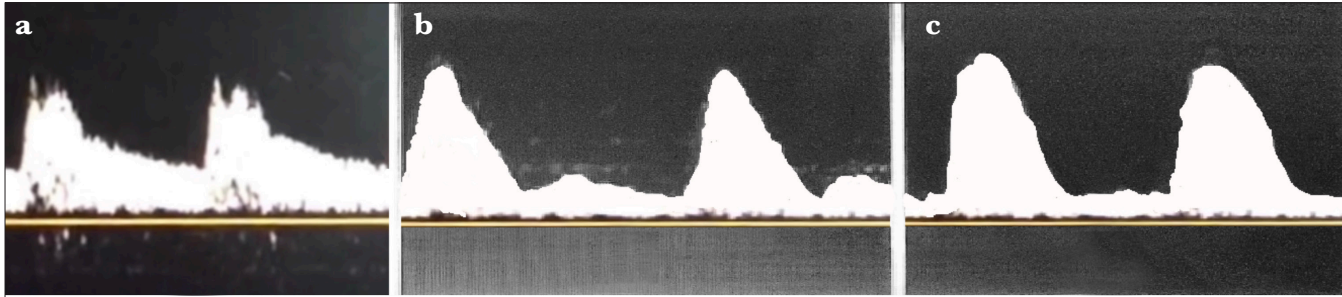
spektraların gözlemlendiği akıma “osilasyon gösteren akım” denilmektedir. Osilasyon gösteren akım paterninde sıfır çizgisinin üst ve alt kısmında akımlar birbirine eşitlendiğinde ileri net akım sıfırdır ve IKB serebral perfüzyon basıncını geçmiştir ve serebral dolaşım durmuştur (Resim 5).

3. İntrakranial basınç artmaya devam ederek sistolik kan basıncına yaklaştığında diyastolik ters akım da kaybolmaktadır ve TKD’de izole “sistolik dikenler” izlenmeye başlar (Resim 6).

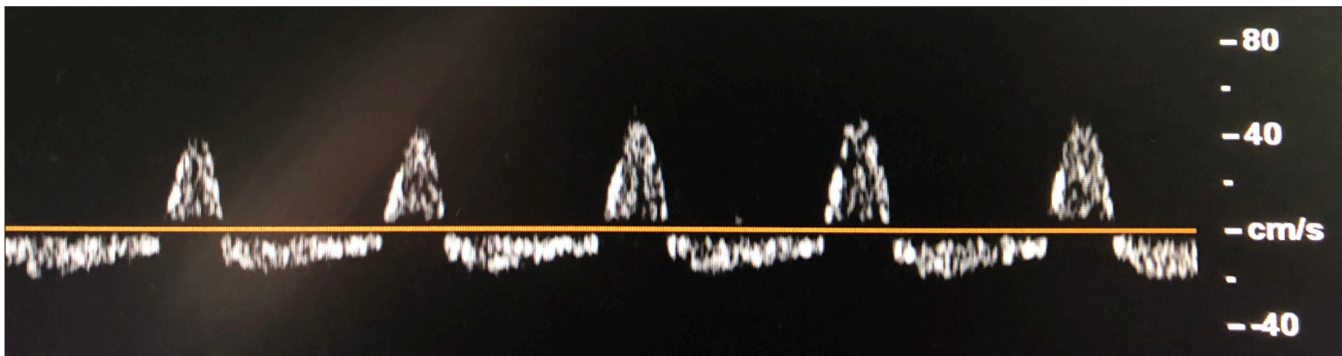
4. Çok yüksek intrakranial basınç durumunda sistolik dikenlerin amplitüdü giderek azalmaktadır ve intrakranial bazal

arterlerde kan akışının tamamen durmuş olduğu durumda TKD'de sinyal alınmamaktadır. TKD'de sinyal alınmamasını serebral dolaşımın durması olarak kabul etmek için

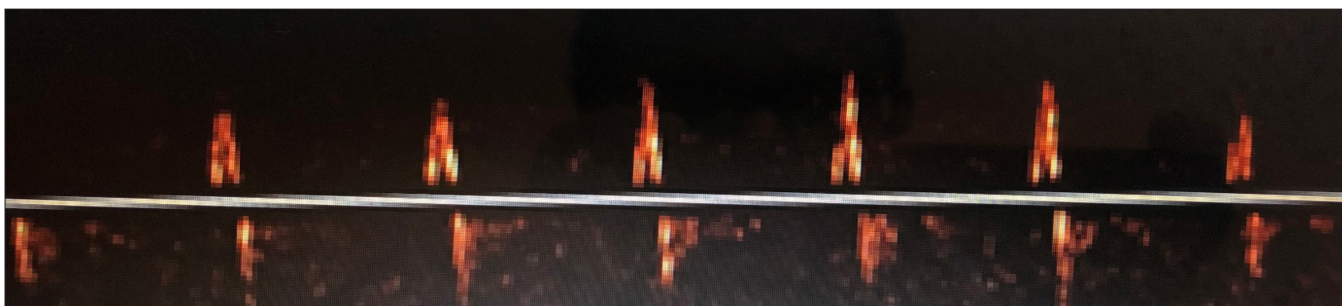
TKD'nin aynı klinik koşullar altında aynı klinisyen tarafından en az 30 dakikalık aradan sonra tekrar yapılması gereklidir (Resim 7).



Resim 4. a-c. Transkraniyal doppler ultrasonografi (TKD) spektrası. (a) İnttrakranial basıncın normal olduğu olgularda TKD'de sistolde ve diyastolde tek fazlı bir akım vardır. (b) İnttrakranial basınç artmaya başladığı zaman ilk olarak diyastol sonundaki akım hızı azalmaya başlar. (c) İnttrakranial basınç diyastolik kan basıncına eşit olduğunda TKD spektrasında sistolik pikler izlenmeye başlar



Resim 5. Transkraniyal doppler ultrasonografide (TKD) osilasyon gösteren akım. TKD'de sistolde ileri diyastolde geri akımın gözlemlendiği osilasyon gösteren akım



Resim 6. Transkraniyal doppler ultrasonografide (TKD) sistolik dikenler. İnttrakranial basınç sistolik kan basıncına yaklaştığında diyastolik ters akım kaybolmakta TKD'de sistolik dikenler izlenmeye başlar



Resim 7. İnttrakranial arterlerde kan akımı tamamen durduğunda transkraniyal doppler ultrasonografide sinyal alınmamaktadır

Serebral dolaşım durmasında TKD'de görülen spesifik spektraller osilasyon gösteren akım, sistolik diken ve TKD'de sinyal alınmamasıdır. TKD spektralarında osilasyon gösteren akım dalgaları izlendiğinde serebral dolaşımın durduğunun söylenebilmesi için sistolik ileri akım diyastolik geri akıma eşit olmalı ve net akım sıfır olmalıdır. Sistolik dikenler erken sistolde görülen 200 ms'den kısa, 50 cm/sn'den yavaş TKD spektralarıdır. Transkraniyal doppler ultrasonografide akım sinyal kaybı denilebilmesi için ultrasonografik iletim sorunlarının dışlanması gerekmektedir (1, 3, 4, 14).

Beyin Ölümü Tanısında Transkraniyal Doppler Ultrasonografi

Beyin ölümü tanısında serebral kan akımını değerlendiren serebral anjiyografi altın standart yöntem olarak kabul edilmesine rağmen hastanın yoğun bakım ünitesi dışına çıkarılması gerekliliği, kontrast madde kullanılması ve tekrarlanabilir olmaması gibi kısıtlılıklarının olması nedeni ile transkraniyal doppler ultrasonografi sık tercih edilen bir yöntem olmaktadır. Bu durumun en sık sebebi TKD'nin noninvazif, opak madde gerektirmeyen, hasta başı uygulanabilen ve tekrarlanabilen bir yöntem olmasıdır. Transkraniyal doppler ultrasonografi ile özellikle kritik hastalarda serebral kan akımı hasta başında kolaylıkla değerlendirilebilmekte ve hasta için herhangi bir risk oluşturmamaktadır (1, 3, 12, 16, 18).

Yapılan birçok çalışmada TKD'nin serebral dolaşım durması ve beyin ölümü tanısında kullanışlı ve geçerli bir yöntem olduğu ve beyin ölümünün tespitinde serebral anjiyografi için uygun zamanı belirlemek adına kullanılabileceği gösterilmiştir (1, 18-22).

Amerikan Nöroloji Akademisi'nin 2004'te yayınlamış olduğu transkraniyal doppler ultrasonografi değerlendirme raporunda; TKD'nin serebral dolaşım durması ve beyin ölümü tanısında duyarlılığının %91-100, özgüllüğünün %97-100 olduğu açıklanmıştır. Ayrıca kanıt II A düzeyinde öneri ile TKD'nin beyin ölümü ile ilişkili serebral dolaşım durması değerlendirilmesinde yararlı olabileceği belirtilmiştir (16).

Poullas ve ark. (20) beyin ölümü tespitinde TKD ile serebral anjiyografiyi karşılaştırdıkları çalışmalarında; TKD'nin beyin ölümü tanısında özgüllüğünü %100 olarak saptarken, tanının ilk üç saatinde duyarlılığını %75, tekrarlayan ölçümlerde ise %100 olarak bulmuştur. Ayrıca TKD ve serebral anjiyografinin beyin ölümü tanısı için korelasyonunu %100 olarak saptamışlardır.

Transkraniyal doppler ultrasonografinin beyin ölümünü doğrulamadaki yerinin değerlendirilmiş olduğu ilk meta analiz 2006 yılında Monteiro ve ark. (23) tarafından yapılmıştır. Bu meta analizde 1980-2004 yılları arasındaki 10 çalışma ve 684 vaka incelenmiştir. Yüksek kalitedeki çalışmalar değerlendirildiğinde beyin ölümü tespitinde TKD'nin duyarlılığı %95, özgüllüğü %99 olarak saptanırken, TKD tüm olgularda

ölümcül beyin hasarını doğru bir şekilde göstermiştir. Ayrıca beyin ölümü tanısında serebral anjiyografi için uygun zamanı belirlemek adına TKD'nin kullanılabileceği belirtilmiştir.

Orban ve ark. (24) 2012'de yapmış oldukları TKD'in beyin ölümünün klinik tanısı ile anjiyografi olarak doğrulama arasındaki zamana etkisini değerlendirdikleri çalışmada; TKD'nin beyin ölümünün klinik tanısı ve anjiyografi ile doğrulama arasında geçen zamanı önemli ölçüde kısalttığını ve böylece TKD'nin serebral anjiyografi için uygun zamanın belirlenmesinde kullanılabileceğini göstermişlerdir.

2016 yılında Chang ve ark. (18) transkraniyal doppler ultrasonografinin beyin ölümü tanısındaki etkinliğini değerlendirdikleri meta analizde; 1987-2014 yılları arasında yapılmış 22 çalışmadaki 1671 olgu incelenmiştir. Bu meta analizde TKD'nin doğrulayıcı bir test olarak beyin ölümü tanısında duyarlılığı %89, özgüllüğü %98 olarak bulunmuştur ve TKD'nin beyin ölümü tanısı için son derece güvenilir bir doğrulayıcı test olduğu gösterilmiştir.

Transkraniyal Doppler Ultrasonografinin Kısıtlılıkları

Transkraniyal doppler ultrasonografinin en önemli iki kısıtlılığı operatör bağımlı, tecrübe gerektiren bir uygulama olması ve olguların %10-20'sinde kafatası kemiğinin kalınlığından ve gözenekli yapısından kaynaklanan akustik pencere yetersizliğidir. Ayrıca Willis Poligonu'nun %50 oranında varyasyon gösterdiği akıldan çıkarılmamalıdır.

Özellikle subaraknoid kanamanın akut fazında veya tekrar kanamanın sebep olduğu ani intrakraniyal basınç artışlarında TKD'de geçici olarak beyin ölümü ile uyumlu dalga formları

Tablo 2. Beyin ölümü tespitinde transkraniyal doppler ultrasonografinin avantaj ve dezavantajları

Avantajları

- Hasta başında uygulanabilen, portatif bir yöntem
- Intrakraniyal arterlerin akım hızları noninvazif olarak değerlendirilebilir
- Kolaylıkla tekrar edilebilen ve sürekli olarak ölçüm yapılabilen bir teknik
- Kontrast madde gerektirmemekte ve diğer yöntemlere ucuz bir yöntem
- Santral sinir sistemini baskılayan ilaçlardan etkilememekte

Dezavantajları

- Tecrübe gerektiren bir uygulama
- Olguların %10-20'sinde akustik pencere yetersizliği mevcut
- Anoksik hastalarda ve dekompresif cerrahi geçirenlerde yanlış negatif sonuç
- Yanlış pozitif sonuç
- Willis Poligonu'nu oluşturan vasküler yapılar olguların %50'sinde varyasyon göstermekte

izlenmektedir. Bu gibi durumlarda TKD incelemesinin anterior ve posterior sistemi içerecek şekilde tam olarak yapılması ve 30 dakika sonra incelemenin tekrarlanması önerilmektedir.

Dekompresif cerrahi geçirmiş hastalarda klinik olarak beyin ölümü tanısı konulsa bile TKD incelemesinde serebral arterlerde kan akımı izlenebilmektedir. Benzer durum kalp durması sonrasında anoksik ensefalopatide izlenmektedir. Bu olgularda TKD beyin ölümü tanısını koymada başarısız olabilmekte dahası beyin ölümü tanısının gecikmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle özellikle dekompresif cerrahi geçiren olgularda serebral kan akımının olduğu ancak fonksiyonel olmayan durumda beyin ölümü tespiti için TKD uygulaması yerine serebral anjiyografi önerilmektedir (Tablo 2) (3, 5, 12, 14, 17).

Sonuç

Klinik bir tanı olan beyin ölümünde nörolojik muayenenin yeterli bir şekilde yapılamadığı durumlarda ihtiyaç duyulan destekleyici testlerden biri olan ve serebral kan akımını değerlendiren transkraniyal doppler ultrasonografi yatak başı uygulanabilen, tekrarlanabilen, noninvazif bir yöntem olması ile öne çıkmaktadır. Ayrıca bazı kısıtlılıkları olsa bile TKD ile beyin ölümü tanısında altın standart yöntem olan serebral anjiyografi için uygun zaman kolaylıkla belirlenebilmekte ve kaynakların boşuna kullanılması engellenmiş olmaktadır. Transkraniyal doppler ultrasonografi sahip olduğu avantajlar sayesinde yakın gelecekte beyin ölümü tanısında yoğun bakım uzmanlarınca kullanımının giderek artması kaçınılmazdır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkıları: Fikir - U.S.K., M.H., B.B.; Tasarım - M.H., B.B.; Denetleme - İ.C., B.B.; Kaynaklar - B.B., U.S.K.; Malzemeler - M.H., U.S.K.; Veri Toplanması ve/veya İşlemesi - U.S.K., M.H.; Analiz ve/veya Yorum - İ.C., B.B., M.H.; Literatür Taraması - U.S.K., M.H., B.B.; Yazıyı Yazan - U.S.K., M.H.; Eleştirel İnceleme - İ.C., B.B.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Finansal Destek: Yazarlar bu çalışma için finansal destek almamışlardır.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Concept - U.S.K., M.H., B.B.; Design - M.H., B.B.; Supervision - İ.C., B.B.; Resources - B.B., U.S.K.; Materials - M.H., U.S.K.; Data Collection and/or Processing - U.S.K., M.H.; Analysis and/or Interpretation - İ.C., B.B., M.H.; Literature Search - U.S.K., M.H., B.B.; Writing Manuscript - U.S.K., M.H.; Critical Review - İ.C., B.B.

Conflict of Interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Financial Disclosure: The authors declared that this study has received no financial support.

Kaynaklar

1. Volz KR. Intracranial Cerebral Evaluation. In: Rumack CM, Levine D Eds. Diagnostic Ultrasound, Philadelphia, USA: Elsevier, 2018: 983-1005.
2. Mollaret P, Goulon M. The depassed coma (preliminary memoir). Rev Neurol 1959; 101: 3-15.
3. Escudero D, Otero J, Quindos B, Vina L. Transcranial Doppler ultrasound in the diagnosis of brain death. Is it useful or does it delay the diagnosis? Med Intensiva 2015; 39: 244-50.
4. Çil O, Görkey Ş. Beyin ölümü kriterlerinin tarihsel gelişimi ve kadavradan organ nakline etkisi. Marmara Med J 2014; 27: 69-74. [\[CrossRef\]](#)
5. Ünal A, Dora B. Beyin ölümü tanısında destekleyici bir test olarak transkraniyal doppler ultrasonografisi. Türk Beyin Damar Hastalıkları Dergisi 2012; 18: 49-58.
6. Organ ve doku alınması, saklanması, aşlanması ve nakli hakkında kanun. Kanun Numarası 2238 Resmi Gazete: 3.6.1979-16655.
7. Erdoğan A. Yoğun bakım ünitelerinde beyin ölümünün teşhisi. SDÜ Tıp Fak Derg 2014; 21: 158-62.
8. Kramer AH. Ancillary testing in brain death. Semin Neurol 2015; 35: 125-38. [\[CrossRef\]](#)
9. Robba C, Cardim D, Sekhon M, Budohoski K, Czosnyka M. Transcranial Doppler: a stethoscope for the brain-neurocritical care use. J Neuro Res 2018; 96: 720-30. [\[CrossRef\]](#)
10. Yoneda S, Nishimoto A, Nukada T, Kuriyama Y, Katsurada K. To-and-fro movement and external escape of carotid arterial blood in brain death cases. A Doppler ultrasonic study. Stroke 1974; 5: 707-13. [\[CrossRef\]](#)
11. Aaslid R, Markwalder TM, Nornes H. Noninvasive transcranial Doppler ultrasound recording of flow velocity in basal cerebral arteries. J Neurosurg 1982; 57: 769-74. [\[CrossRef\]](#)
12. Ducrocq X, Hassler W, Moritake K, Newell DW, von Reutern GM, Shiohara T, et al. Consensus opinion on diagnosis of cerebral circulatory arrest using Doppler-sonography: Task Force Group on cerebral death of the Neurosonology Research Group of the World Federation of Neurology. J Neurol Sci 1998; 159: 145-50. [\[CrossRef\]](#)
13. Bathala L, Mehndiratta MM, Sharma VK. Transcranial doppler: Technique and common findings (Part 1). Ann Indian Acad Neurol 2013; 16: 174-9. [\[CrossRef\]](#)
14. Purkayastha S, Sorond F. Transcranial Doppler ultrasound: technique and application. Semin Neurol 2012; 32: 411-20. [\[CrossRef\]](#)
15. D'Andrea A, Conte M, Cavallaro M, Scarafilo R, Riegler L, Cocchia R, et al. Transcranial Doppler ultrasonography: From methodology to major clinical applications. World J Cardiol 2016; 8: 383-400. [\[CrossRef\]](#)
16. Sloan MA, Alexandrov AV, Tegeler CH, Spencer MP, Caplan LR, Feldmann E, et al. Assessment: transcranial Doppler ultrasonography: report of the Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee of the American Academy of Neurology. Neurology. 2004; 62: 1468-81. [\[CrossRef\]](#)
17. Wijdicks EF, Varelas PN, Gronseth GS, Greer DM; American Academy of Neurology. Evidence based guideline update: de-

- termining brain death in adults: report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology* 2010; 74: 1911-8. [\[CrossRef\]](#)
18. Chang JJ, Tsivgoulis G, Katsanos AH, Malkoff MD, Alexandrov AV. Diagnostic Accuracy of Transcranial Doppler for Brain Death Confirmation: Systematic Review and Meta-Analysis. *AJNR Am J Neuroradiol* 2016; 37: 408-14. [\[CrossRef\]](#)
 19. de Freitas GR, André C. Sensitivity of transcranial Doppler for confirming brain death: a prospective study of 270 cases. *Acta Neurol Scand* 2006; 113: 426-32. [\[CrossRef\]](#)
 20. Poularas J, Karakitsos D, Kouraklis G, Kostakis A, De Groot E, Kalogeromitros A, et al. Comparison Between Transcranial Color Doppler Ultrasonography and Angiography in the Confirmation of Brain Death. *Transplant Proc* 2006; 38: 1213-7. [\[CrossRef\]](#)
 21. Lovrencic-Huzjan A, Vukovic V, Gopcevic A, Vucic M, Kriksic V, Demarin V. Transcranial Doppler in brain death confirmation in clinical practice. *Ultraschall Med* 2011; 32: 62-6. [\[CrossRef\]](#)
 22. Li Y, Liu S, Xun F, Liu Z, Huang X. Use of Transcranial Doppler Ultrasound for Diagnosis of Brain Death in Patients with Severe Cerebral Injury. *Med Sci Monit* 2016; 22: 1910-5. [\[CrossRef\]](#)
 23. Monteiro LM, Bollen CW, van Huffelen AC, Ackerstaff RG, Jansen NJ, van Vught AJ. Transcranial Doppler ultrasonography to confirm brain death: a meta-analysis. *Intensive Care Med* 2006; 32: 1937-44. [\[CrossRef\]](#)
 24. Orban JC, El-Mahjoub A, Rami L, Jambou P, Ichai C. Transcranial Doppler shortens the time between clinical braindeath and angiographic confirmation: a randomized trial. *Transplantation* 2012; 94: 585-8. [\[CrossRef\]](#)