

Uyku Kayıtlarının Skorlanması

Scoring of Sleep Recordings

Oğuz Köktürk

Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara

ÖZET

Polisomnografi, uyku sırasında oluşan biyofizyolojik değişikliklerin kapsamlı olarak kaydedildiği ve özellikle uykuda solunum bozukluklarının tanısında altın standart bir testtir. Kayıtların değerlendirilmesinde ilk aşama uyku evrelerinin skorlanmasıdır. Uyku evrelerinin skorlanması için ilk standart metod Rechtschaffen and Kales (R&K) tarafından 1968 yılında geliştirilmiştir. Bu metodla bütün polisomnogram epoklara bölünür ve her bir epoka skor verilir. Her bir skor uykunun temel evrelerinden birini gösterir. Bu evreler elektroensefalogram (EEG), elektrookülogram (EOG) ve elektromyogram (EMG) kayıtlarının incelenmesi ile belirlenir. 2007 yılında Amerikan Uyku Tıbbi Akademisi (AASM), uyku kayıt teknikleri ve skorlamada standardizasyon sağlayan yeni bir skorlama el kitabı yayınlamış, 2012 yılında ise revize etmiştir. Bu derlemede 2012 yılında “AASM Manual for the Scoring of Sleep-Version 2.0” adı ile yayınlanan el kitabında yer alan kriterlere göre uyku kayıtlarının skorlanması sunulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Polisomnografi, uyku skorlaması, uyku evreleri

ABSTRACT

Polysomnography is a comprehensive recording of the biophysiological changes that occur during sleep and is the gold standard test for diagnosing especially sleep related breathing disorders. The first step of evaluation of recordings is scoring sleep stages. The first standard method for scoring sleep stages was developed in 1968 by Rechtschaffen and Kales (R&K). With this method, the entire polysomnogram is divided into epochs, and each epoch is assigned a score. Each score represents one of the basic stages of sleep. These stages are identified by examining the electroencephalogram (EEG), the electrooculogram (EOG), and the chin electromyogram (EMG) tracings. In 2007, the American Academy of Sleep Medicine (AASM) published a new scoring manual which provided standardization in sleep monitoring techniques and scoring and was revised in 2012. In this review, the scoring of sleep will be presented according to the criteria of “the AASM Manual for the Scoring of Sleep-Version 2.0”, published in 2012.

Keywords: Polysomnography, sleep scoring, sleep stages

GİRİŞ

Uyku bozukluklarının tanısı için “altın standart” yöntem olan polisomnografi (PSG); uyku sırasında, nörofizyolojik, kardiyopulmoner, diğer fizyolojik ve fiziksel parametrelerin belli bir periyod, genellikle gece boyunca, eş zamanlı ve devamlı olarak kaydedilmesi” şeklinde tanımlanabilir (1-3).

Bu yöntemle uyku evreleri ve birçok fizyolojik parametre ayrıntılı olarak izlenmekte ve çeşitli organ sistemlerinin fonksiyonu, uyku ve uyanıklık sırasındaki etkileşimleri konusunda bilgi sağlanmaktadır (1-3). Uyku evrelemesine geçmeden önce, bu konuda sık kullanılan bazı terimleri ve bazı temel bilgileri hatırlatmak konuyu daha anlaşılır kılacaktır.

A. Tanımlar:

- **Toplam kayıt süresi (Total recording time=TRT):** Hastanın tüm elektrodları bağlanıp yattıktan sonra kayda başlandığı andan kaydın sonlandırıldığı ana kadar geçen süredir. Dakika ile ifade edilir. Genellikle kayıtlarda, başlangıç zamanı “light off” ve bitiş zamanı “light on” şeklinde belirtilir.
- **Yatakta geçen süre (Time in bed):** Hastanın yatağa yattığı andan yataktan kalktığı ana kadar geçen süredir. TRT ile yaklaşık olarak aynı olması tercih edilir. Dakika ile ifade edilir.
- **Toplam uyku süresi (Total sleep time=TST):** Hastanın gece boyunca ara ara uyandığı zamanlar da çıkarılmak üzere uyku da geçirdiği toplam süredir. Yani evre I, II, III ve REM’in toplamıdır. Dakika ile ifade edilir.

Yazışma adresi / Address for correspondence: Oğuz Köktürk, Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye; E-posta: okokturk@superonline.com

© Telif hakkı 2013 Türkiye Solunum Araştırmaları Derneği (TÜSAD) • © Copyright 2013 Turkish Respiratory Society (TRS)

Solunum 2013; 15 (Supplement 2): 14-29 • DOI: 10.5152/solunum.2013.031

Makalelerin tam metinlerine www.solunum.org.tr/dergi adresinden ulaşabilirsiniz. • Available online at www.solunum.org.tr/dergi

- *Uyku yeterliliği (Sleep efficiency=SE)*: TST'nin, TRT'nin % kaçını oluşturduğu hesaplanır: $TST/TRTX100$. “%” olarak ifade edilir. Normalde %85 ve üzeridir.
- *Uyku latansı (Sleep latency=SL)*: Kayıda başladığı andan yani “light off” anından ilk uyku evresinin izlendiği (Genellikle evre I'dir) epoka kadar geçen süredir. Dakika olarak ifade edilir. Genellikle 15. dakikada uykuya dalınır.
- *REM latansı (REM latency=RL)*: Uykuya daldıktan ilk REM evresinin saptandığı epoka kadar geçen süredir. Dakika olarak ifade edilir. Normalde ilk REM 90-120. dakikada izlenir (4-6).

B. Temel Bilgiler:

Analizde ilk adım, ölçüm tekniği, sinyal kalitesi ve kalibrasyonun incelenmesidir. Kayıt süresi, ışıkların söndürülme ve yanma zamanı ve bazı özel durumlar biyolojik sinyallerin değerlendirilmesi için bir zemin oluşturur.

Analog sistemlerle yapılan klasik PSG'de skorlama uyku teknisyeni tarafından manuel olarak yapılır. Ancak son yıllarda dev adımlarla gelişen bilgisayar teknolojisi sayesinde bu zahmetli, zaman alıcı işlem daha kısa sürelerde yapılabilmektedir. Klasik PSG ile aynı esaslar dahilinde kayıt ve skorlama yapan bu sistemlerde iki tür skorlama yapılabilir.

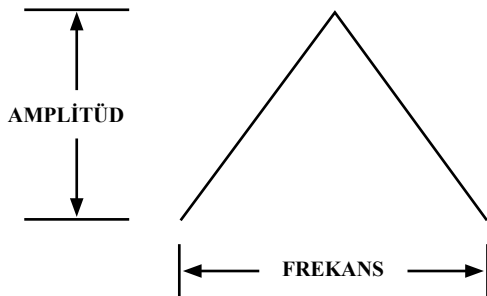
Bilgisayar destekli skorlama: Kayıt teknisyen tarafından monitörde epok epok izlenerek skorlama yapılır. Deneyimli bir teknisyen tarafından analog sistemlerle tüm gece PSG skorlamanın 80-180 dk., bilgisayar destekli skorlamanın ise 50-80 dk. zaman aldığı gösterilmiştir.

Otomatik skorlama: Teknisyen desteği olmadan, programlanan bazı standart kriterlerle otomatik skorlama yapılır. Ancak bu skorlamanın bazı dezavantajları vardır. Uyanıklıktan NREM evre-1 ve REM uykusuna geçişin tanınmasında, arousal, epileptik aktivite ve parasomnilerin ayırımında yanılgılar olabilir.

Araştırmacıya göre değişmekle birlikte, uygun bir zaman aralığı kaydın bir sayfası olarak kabul edilir ve buna 1 epok (Epoch-süresi ayarlanabilir sayfa) denir. Uyku skorlamasında bu süre genellikle 30 saniyedir. Daha uzun süreli epoklarda kısa süreli bazı değişiklikler atlanabileceğinden önerilmemektedir. Önerilen skorlama bir kaydın epok-epok skorlanmasıdır (3,6-8).

a. Dalga özellikleri: Dalgaların amplitüd ve frekans olmak üzere iki temel özelliği vardır (**Şekil 1**).

- Amplitüd*: Dalganın voltajı ile aynı anlamda kullanılır. Daha yüksek bir amplitüd, daha büyük bir dalga anlamına gelir. Örneğin 10 voltluk bir sinyal ile oluşturulan dalganın boyu, 5 voltluk bir sinyal ile oluşturulan dalgadan



Şekil 1. Dalgaların amplitüd ve frekansı

2 kat daha büyük olacaktır. Dalganın yüksekliği PSG'de sensitivite ayarları ile değiştirilebilir. Dalga amplitüdü mikrovolt (μV) olarak ölçülür.

- Frekans*: Dalganın 1 sn içinde kaç kez tekrar ettiğini ifade eder. Daha hızlı bir dalga daha yüksek bir frekansa sahip demektir. Ardarda gelen iki dalganın en yüksek, ya da en alçak iki noktası esas alınarak ölçülür ve 1 sn içinde kaç kez tekrar ettiğine bakılır. Hertz (Hz) veya cps (Cycles per second) olarak kullanılır. Örneğin frekansı 8 Hz olan bir dalga, frekansı 4 Hz olan bir dalgaya kıyasla 2 kat daha hızlı bir dalgadır.

b. Filtreler: Yüksek ve düşük olmak üzere iki tip frekans filtresi vardır.

- Yüksek frekans filtresi (High frequency filter-HFF)*: Yüksek frekanslı dalgalar için filtreleme yapılır. HFF'nin artırılması ile daha hızlı dalgalar görüntülenirken, azaltılması ile bu hızlı dalgalar filtre edilecektir. HFF'nin çok azaltılması ile görüntülenmek istenen dalgalar da filtre edilecek, çok artırılması ise istenmeyen sinyallerinde kanalda görüntülenmesine yol açacaktır.
- Düşük frekans filtresi (Low frequency filter-LFF)*: Düşük frekanslı dalgalar için filtreleme yapılır. LFF'nin azaltılması daha yavaş dalgaların kanalda görüntülenmesine, artırılması ise bu dalgaların filtre edilmesine yol açacaktır. LFF'nin çok artırılması ile görüntülenmek istenen dalgalar da filtre edilecek, çok azaltılması ise istenmeyen sinyallerinde kanalda görüntülenmesine yol açacaktır.

c. Amplifikatörler: PSG'de kaydedilen sinyallerin çoğu çok düşük voltajlıdır. Bu nedenle daha iyi tanınabilir dalgaların elde edilebilmesi için bu sinyallerin büyütülmesi ve filtre edilmesi gereklidir.

d. Sensitivite (Duyarlılık): Gain (Kazanç) olarak da bilinir. Dalganın monitörde veya kayıt yapılan kağıt üzerinde görüntülenmesi istenen yüksekliği ile ilgili ayarları içerir. Yani bu ayarla dalganın gerçek amplitüdü değişmemekte, yalnızca monitörde istenilen şekilde görüntülenmektedir. Bu ayarla dalganın 1 sn içindeki mikrovolt sayısı artırıldıkça dalganın amplitüdü küçülmemekte, aksine mikrovolt sayısı azaltıldıkça daha yüksek bir dalga amplitüdü elde edilmektedir.

e. Montaj: Çalışmada yer alması istenen tüm kanalların konfigürasyonunu içerir. Çeşitli çalışmalarda uygulanan farklı montajlarda (Standart montaj, CPAP, MSLT, nöbet, REM davranış bozukluğu montajları vb.) kanal isimleri, referansları, filtre ve sensitivite ayarları, dalgaların renk ayarları yer alır (7-11).

C. Temel Kanallar:

a. Elektroensefalogram (EEG):

Uyku EEG'si nörolojide kullanılan klinik EEG'den önemli farklılıklar gösterir. Klinik EEG'de başın üzerine çok sayıda elektrod yerleştirilir ve nispeten küçük alanlar arasındaki potansiyel farkları kaydedilir. Oysa uyku EEG'sinde yalnızca birkaç elektrod yerleştirilir.

Elektrodların yerleştirilmesinde uluslararası federasyonun 10-20 sistemi kullanılmaktadır. Santral elektrodlar için C, oksipital için O, auricular bölge için A (Yeni terminolojide M=Mastoid) harfleri kullanılır. Kayıt elektrodu başın bir tarafına yerleştirilirken, karşı taraf kulak veya mastoid bölgeye referans elektrodu yerleştirilir (A1, A2; yeni terminolojide M1 ve M2).

Uyku evrelemesi için en az bir kanal EEG olmalıdır. Bu amaçla en sık, uyku içciklerinin ve K komplekslerinin en iyi kaydedildiği C3 veya C4 bölgeleri kullanılır. Bu durumda tavsiye edilen derivasyonlar C3A2 veya C4A1'dir. Örneğin C3A2 denildiğinde, kayıt elektrodunun sol tarafa yerleştirilmiş santral elektrod olduğunu ve referans elektrodunun da sağ kulak bölgesine yerleştirildiğini ifade eder. Ayrıca alfa dalgalarının en iyi kaydedildiği alan olan oksipital bölgeye de elektrodlar yerleştirilebilir (O1 ve O2).

EEG değerlendirmesi dalga amplitüd ve frekansı ve bazı spesifik paternler gözönüne alınarak yapılır. EEG aktivitesi alfa, beta, teta ve delta dalgaları olarak tanımlanabilir (**Tablo 1**). Yüzeysel uykudan derin uykuya gidildikçe dalgaların amplitüdü artmakta, frekansı azalmaktadır. REM evresinde ise uyanıklık evresine benzer düşük amplitüdü ve karışık frekanslı bir EEG aktivitesi izlenmektedir (**Şekil 2**).

Uyku içcikleri (sleep spindle) 0,5 saniyeden (sn) daha fazla süren 12-14 Hz'lik aktivitelere K kompleksleri bifazik dalgalar olup, ilk kısmı olan negatif defleksiyonu (EEG'de yukarı doğru) pozitif bir komponent (EEG'de aşağı doğru) takip eder ve en az 0,5 sn. sürer. Heriki patern de NREM evre-2 uykusu için karakteristik özelliklerdir. Vertex keskin dalgaları ise keskin negatif defleksiyonlar olup NREM evre-1 uykusuna işaret ederler (**Tablo 2**) (**Şekil 2, 3**).

b. Elektrookülogram (EOG):

Uyku sırasında göz hareketleri kaydının iki temel nedeni vardır. Birincisi; REM döneminin en karakteristik bulgusu olan fazik hızlı göz hareketleri saptanır. Böylece uyku evrelemesi için çok önemli bir kriter kaydedilmiş olur. İkincisi ise; uykunun başlangıcında yavaş göz hareketleri (SEM) görülür ve NREM evre-1'e geçişin bulgusudur. Skorlama için kesin kriter olmakla birlikte oldukça değerli bilgi sağlar. EOG kaydı için en az 2 kanal gereklidir.

Tablo 1. EEG dalga özellikleri

Dalga tipi	Özellliği	Görüldüğü Evre
Beta	>13 Hz	Uyanık, aktif kişi
Alfa	8-13 Hz	Gözler kapalı, sakin uyanıklık
Teta	3-7 Hz,	Hafif uyku
Delta	<4 Hz, en az 75 µV	NREM derin uyku

Tablo 2. Spesifik EEG paternleri

EEG Paterni	Özellliği	Görüldüğü Evre
Uyku içcikleri	12-14 Hz, >0,5 sn.	NREM evre-2
K kompleksleri	Keskin negatif, daha yavaş pozitif, >0,5 sn.	NREM evre-2
Vertex keskin dalgaları	Keskin negatif defleksiyonlar	NREM evre-1

EOG kayıtlarında; korneanın retinaya kıyasla daha pozitif yüklü olması nedeniyle, hasta elektroda doğru baktığında (yani elektroda yaklaştığında) pozitif bir defleksiyon kaydedilir (Bu PSG kaydında aşağı doğru bir dalga şeklinde izlenir. Aksine elektrodun ters tarafına bakıldığında (yani elektrodan uzaklaştığında) negatif bir defleksiyon kaydedilir (Bu PSG kaydında yukarı doğru bir dalga şeklinde izlenir) (**Şekil 4**).

c. Elektromyogram (EMG):

REM uykusunun skorlanması için standart kayıtlarda genellikle çene EMG'si kullanılır. Bu dönemdeki tonüs kaybını saptamak amacıyla çeneye yerleştirilen (mental veya submental) bir kanal EMG yeterlidir. Uyanıkken oldukça aktif bir EMG kaydı izlenirken, REM döneminde aktivitenin hemen tamamen kaybolduğu, ince-düz bir çizgi şeklinde kayıt alındığı izlenir (**Şekil 5**). REM davranış bozukluğu gibi çok özel durumlarda normalin aksine REM döneminde de yüksek EMG aktivitesi izlenebilir.

Diğer EMG kayıtları daha çok uyku bozukluklarının ayırıcı tanısı için kullanılır. Örneğin tibialis anterior kası üzerine yerleştirilen EMG elektrodu ile uyku sırasındaki periodik bacak hareketleri araştırılır ve OSAS'la karşılan bazı klinik tabloların (PLMS vs.) ayırımı sağlanır (7-13).

D. Skorlama Kuralları:

1968 yılında Rechtschaffen ve Kales'in (R&K) editörlüklerini yaptığı 12 araştırmacı, insan uyku evrelerinin standart terminoloji, teknik ve skorlama el kitabını hazırlamışlardır. Yakın geçmişe kadar uyku evrelerinin skorlaması bu grubun belirlediği prensipler esas alınarak yapılmakta ve sağlıklı bir kişide normal uyku; NREM 1, 2, 3, 4 ve REM olmak üzere iki ana bölüm ve 5 evreden oluşmaktaydı (14).

Amerikan Uyku Tıbbı Akademisi'nin (American Academy of Sleep Medicine-AASM), Dr. Iber Conrad başkanlığında oluşturduğu bir çalışma grubu uzun süren çalışmalar sonunda, uyku ve ilişkili olayların skorlanması konusunda yeni kuralları belirlemiş ve 2007 yılında bir el kitabı olarak yayınlanmıştır (15).

AASM 2012 yılında, bu defa Dr. Richard B. Berry başkanlığında yeni bir güncelleme yaparak bu kitabın 2. versiyonunu yayınlamış ve akredite uyku laboratuvarlarının en geç 1.10.2013 tarihine kadar bu yeni kuralları kullanır hale getirmesini istemiştir. Artık günümüzde güncellenen bu uzlaş raporunun kuralları esas alınmaktadır (16). Bu raporlara göre;

A. Uyku evreleri uyanıklık (W), evre I (N1), evre II (N2), evre III (N3) ve REM (R)'den oluşmaktadır (NREM evre 4 uyku terminolojisinden kaldırılmıştır).

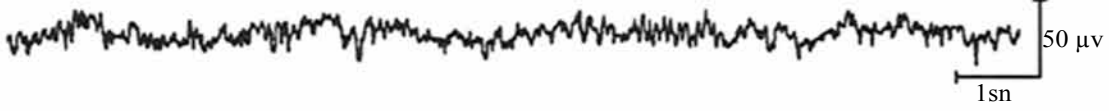
B. Epoklara göre skorlanır

1. Uyku evrelerinin skorlanması için 30 saniyelik epoklara ihtiyaç vardır.
2. Her epok bir evre ile isimlendirilir
3. İki evre aynı epokta yer alıyorsa, epokun yarısından fazlası hangi evre ise o evre olarak adlandırılır.

Tüm gece uykusunun %2-5'ini evre-I, %45-55'ini evre-II, %20-25'ini evre-III, %20-25'ini de REM oluşturur.

Uyku evrelerini skorlayabilmek için polisomnografide en az iki elektroensefalogram (EEG), sağ ve sol göz için birer elektro-

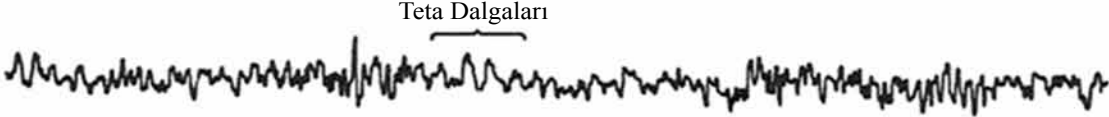
Uyanık (Gözler açık) (Beta Dalgaları)



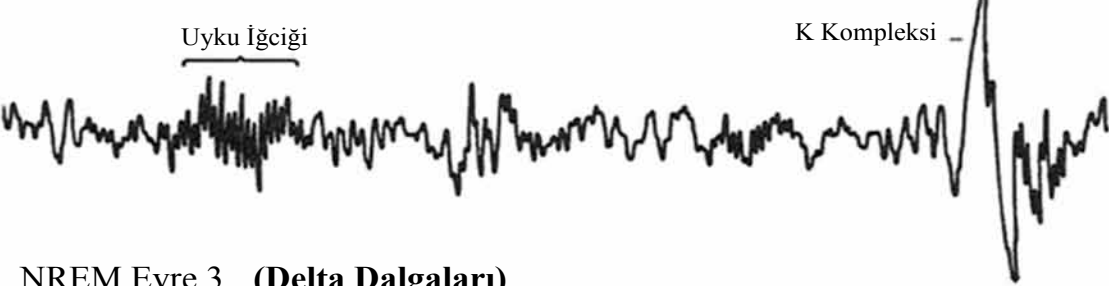
Uyanık (Gözler Kapalı) (Alfa Dalgaları)



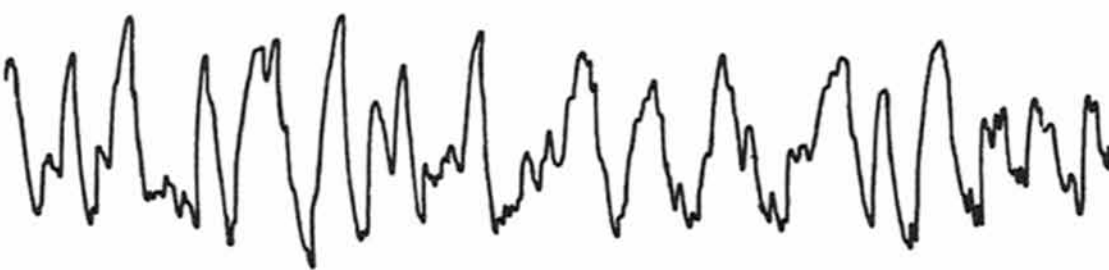
NREM Evre 1 (Teta Dalgaları)



NREM Evre 2 (Uyku İçiciği ve K Kompleksi)



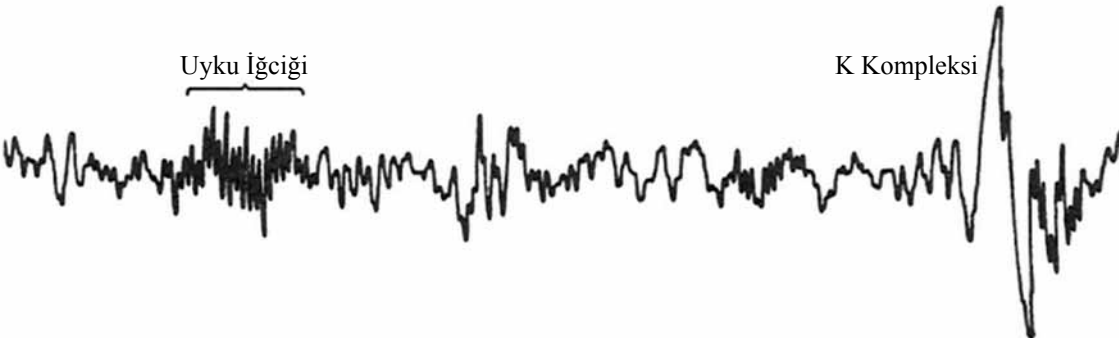
NREM Evre 3 (Delta Dalgaları)



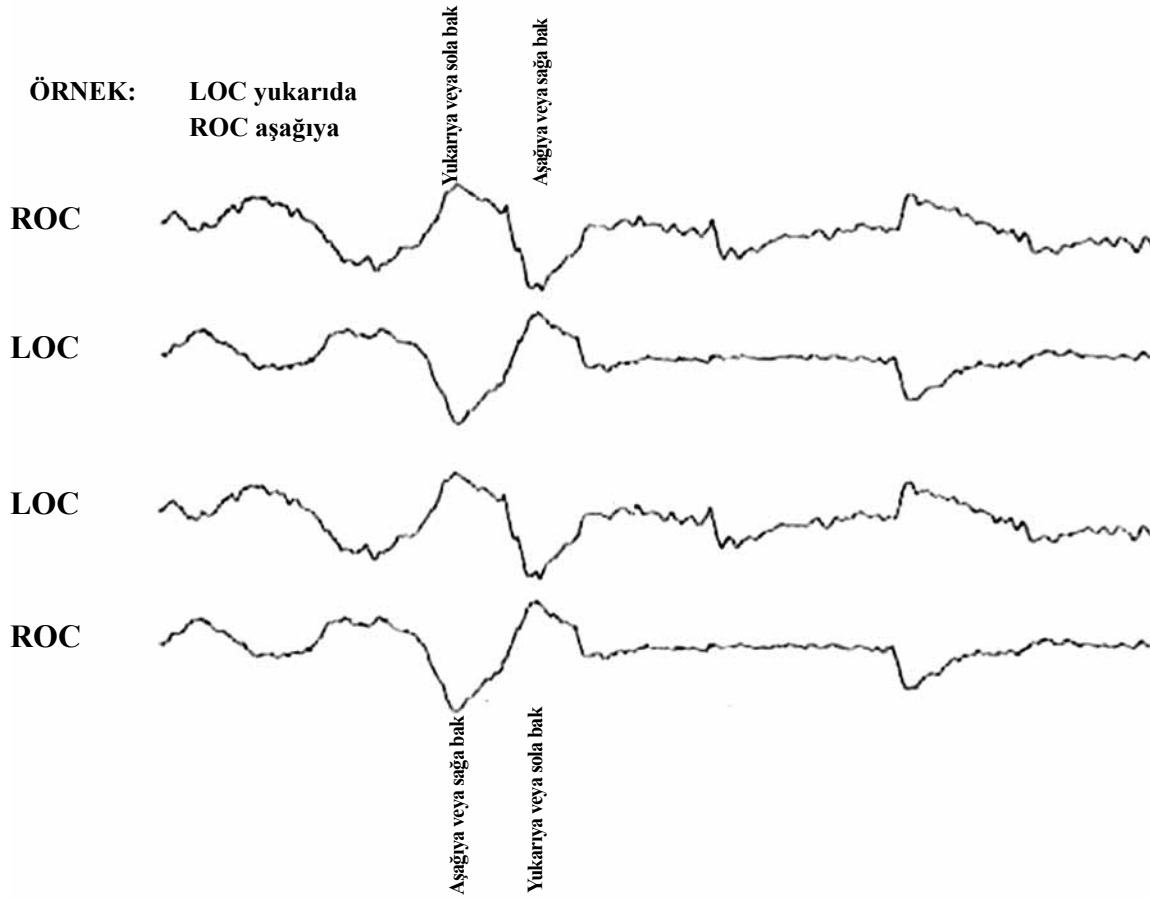
REM (Testere Dişi Dalgaları)



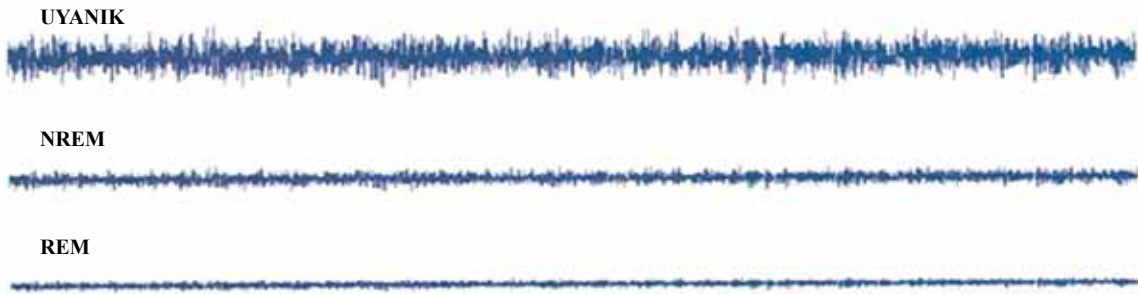
Şekil 2. Uyku evrelerine göre EEG dalgaları
 EEG: elektroensefalografi



Şekil 3. Uyku içiciği ve K kompleksi



Şekil 4. Göz hareketlerine göre EOG kaydı
EOG: elektrookülografi



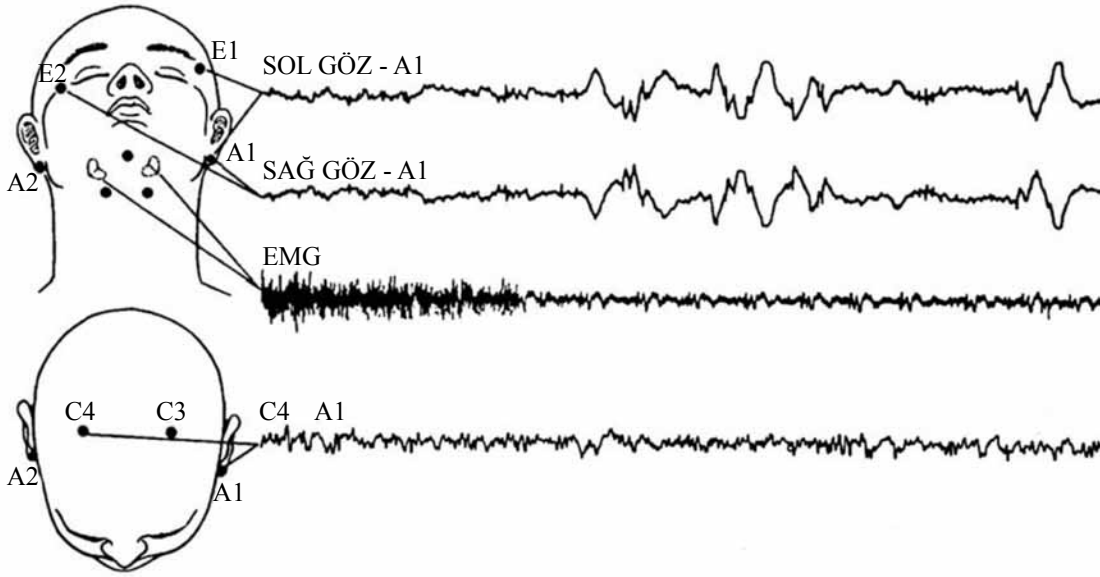
Şekil 5. Uyku evrelerine göre EMG kaydı
EMG: elektromiyografi

okülogram (EOG) ve submental elektromyogram (EMG) kanallarına ihtiyaç vardır (**Şekil 6**).

Uykunun değişik evrelerinde izlenen dalgaların özellikleri aşağıda görülmektedir (**Şekil 2**) (5,13,15-17).

- **Beta aktivitesi:** Frekansı 13-30 cps arasında değişen ve daha çok frontal ve santral bölgelerden kaynaklanan dalga şeklindedir. Trankilizan ve barbitürat kullananlarda daha fazla görülür.
- **Alfa aktivitesi:** Frekansı 8-13 cps arasında değişen ve oksipital bölgeden yayılan dalga şeklindedir. Yaşla birlikte frekansı azalır.
- **Teta aktivitesi:** En çok görülen uyku EEG dalgasıdır. Frekansı 3-7 cps arasında değişir, amplitüdü için belirli sınırlar yoktur. Santral vertex bölgesinden kaynaklanır.

- **Uyku içcikleri:** Frekansı 12-14 cps arasında değişir. Evre II'nin belirleyicisidir. Santral vertex bölgesinden kaynaklanır, süresi 0,5-3 saniyedir.
- **K kompleksi:** Önce negatif ardından pozitif defleksiyondan oluşan keskin yavaş dalga şeklindedir. Amplitüd için belirlenmiş bir kriteri yoktur. Süresi en az 0,5 saniyedir. Santral vertex bölgesinden kaynaklanır. Evre II'nin belirleyicisidir.
- **Delta aktivitesi:** Frekansı 0,5-2 cps arasındadır. Amplitüdü 75 mV'dan büyüktür. Daha çok frontal bölgeden kaynaklanır.
- **Vertex dalgası:** Keskin açılı negatif dalga gösteren teta aktivitesidir.



Şekil 6. Polisomnografide EEG, EOG ve EMG kayıtları
 EEG: elektroensefalografi, EMG: elektromiyografi, EOG: elektrookülografi

- **Testere dişi dalgası:** Düşük-orta amplitüdlü testere dişi gibi görünüm veren dalgalardır.

Uyku Evreleri

Amerikan Uyku Tıbbı Akademisi'nin (AASM), uyku ve ilişkili olayların skorlanması ile ilgili esasları içeren ve 2007 yılında yayınladığı el kitabında uyanıklık ve tüm uyku evreleri için belirlediği "tanımlar", "kurallar" ve "notlar" aşağıda sunulmuştur (2-6,13,15-18).

Bu kitabın 2. versiyonunda "tanımlar" ve "kurallar" skorlama kuralları olarak birlikte ele alınmış, kurallar ve notlarda bazı değişiklikler veya ilaveler yapılmıştır (16). 2007 yılından beri bu kurallara uygun skorlama yapan arkadaşlarımıza kolaylık sağlamak amacıyla asıl kurallar korunmuş, kitabın 2. versiyonunda yapılan değişiklikler ise ileride ayrı bir bölüm halinde ele alınmıştır. Uyku skorlaması için fazla değişiklik olmaması nedeniyle, ayrı bir bölüm halinde okunması kitabın yeni versiyonuna daha kolay adapte olunmasını sağlayacaktır.

Evre W: Uyanıklık (Şekil 7)

Tanımlar:

- Alfa ritmi: 8-13 Hz frekansındadır. Gözler kapalı iken ve oksipital bölgeden alınır, gözler açılınca zayıflar
- Göz kırpması: 0,5-2 Hz'lik vertikal göz hareketleridir
- Okuyan göz hareketleri: Ters istikametlerde önce yavaş sonra takibinde hızlı faz içeren göz hareketleridir.
- Hızlı göz hareketleri: R evresinde geçerli olmakla beraber uyanık, göz açık ve kişi çevreyi gözleri ile tararken de görülür. İrregüler, sert, keskin pikler tarzında dalgalar mevcuttur.

Kurallar:

- A: Epoğun %50'sinden fazlası alfa ise
- B: Alfa belirgin değilken aşağıdakilerden biri varsa:
 - 1) Göz kırpması
 - 2) Okuyan göz hareketi
 - 3) Normal veya yüksek çene kas tonusu ile birlikte hızlı göz hareketleri

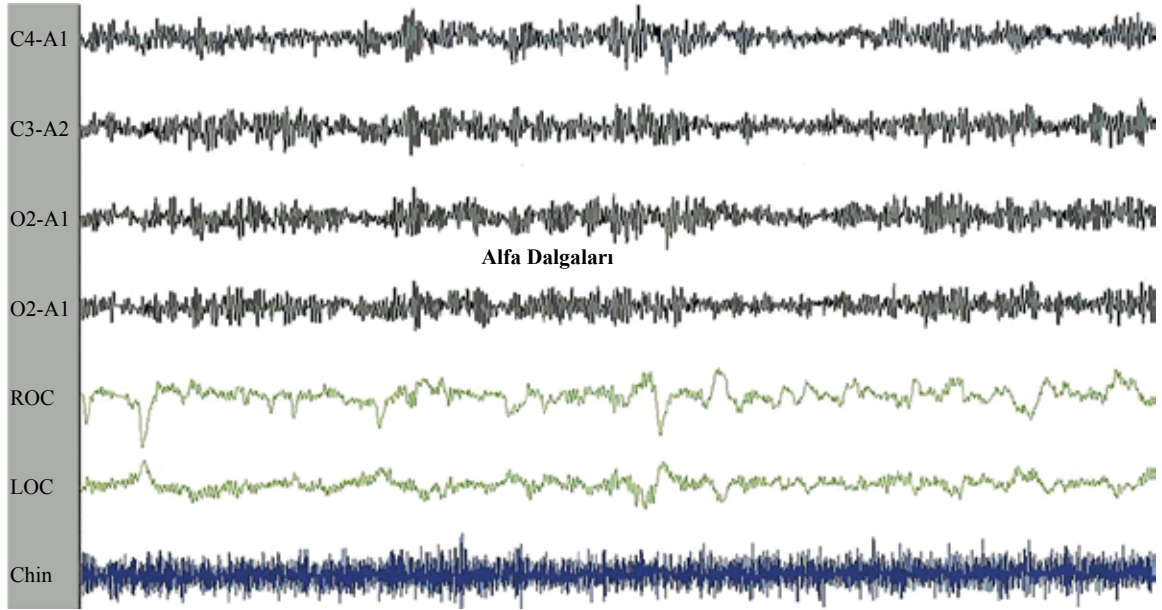
Notlar:

1. W evresi, uyanıklık evresidir ve en alert durumdan uykuya dalmak üzere olan duruma kadar değişen bir yelpaze içerir.
2. W evresinde, gözler kapalıyken genellikle alfa ritmi izlenir. Gözler açıkken alfa'nın ritmisitesi olmaksızın düşük amplitüdlü aktivite içeren EEG paterni izlenir. İnsanların %10'unda gözler kapalı iken alfa dalgaları izlenmez, %10'unda ise çok azdır. Bu kişilerde göz açık ya da kapalı iken EEG paterni aynıdır.
3. W evresinde, EOG'de 0,5-2 Hz frekansında hızlı göz hareketleri (göz kırpmaları) izlenir. Uykuya dalmak üzereyken göz kırpmaların sıklığı yavaşlar, göz kırpmaların yerini yavaş göz hareketleri alır, bu arada alfa ritmi sebat eder. Eğer gözler açıksa istekli hızlı göz hareketleri ya da okuyan göz hareketleri izlenebilir.
4. EMG aktivitesi değişkendir ama uyku evrelerine göre amplitüdü yüksektir.

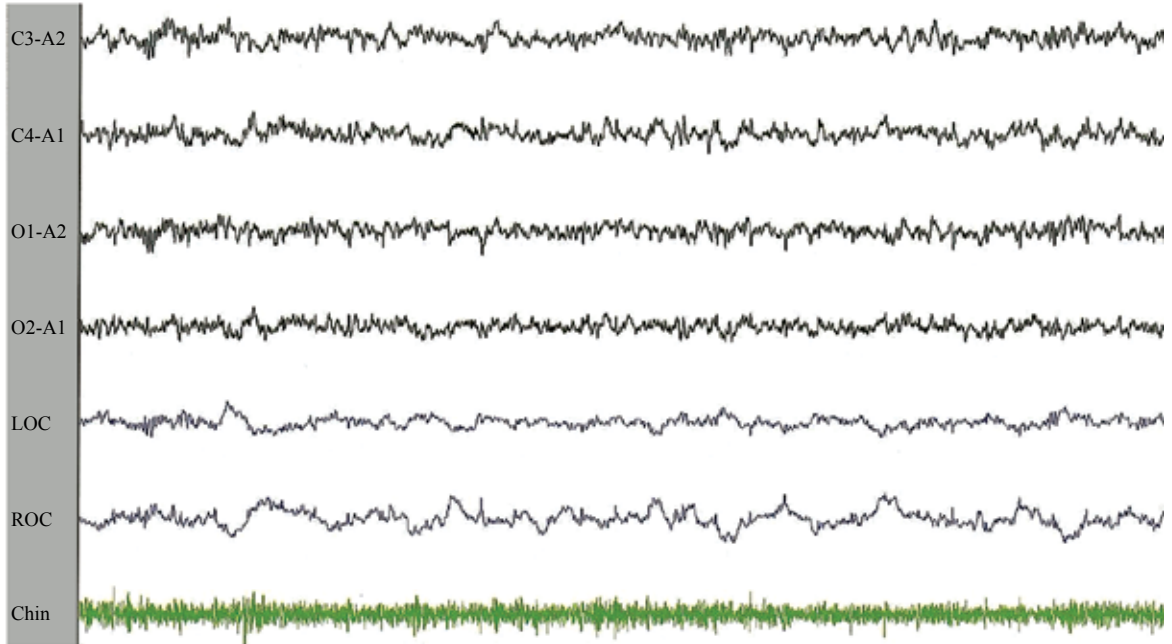
Evre N1 (Şekil 8,9)

Tanımlar:

- Yavaş göz hareketleri (SEM): En az 0.5 sn'nin üstünde bir defleksiyonla başlayan konjuge, düzenli, sinüzoidal göz hareketleridir.
- Düşük amplitüd, karışık frekanslı aktivite: 4-7 Hz'lik aktivite baskın durumda



Şekil 7. Evre W: Uyanıklık (2,9)



Şekil 8. Evre N1 (2,9)

- Verteks keskin dalgaları (V dalgaları): Maksimum 0,5 saniyelik keskin uçlu dalgalar, santral bölgelerden alınır, bazal aktiviteden net olarak ayrılabilir.
- Uyku başlangıcı (sleep onset): W dışındaki herhangi bir uyku evresinin ilk görüldüğü epok (olguların çoğunda, genellikle evre N1)

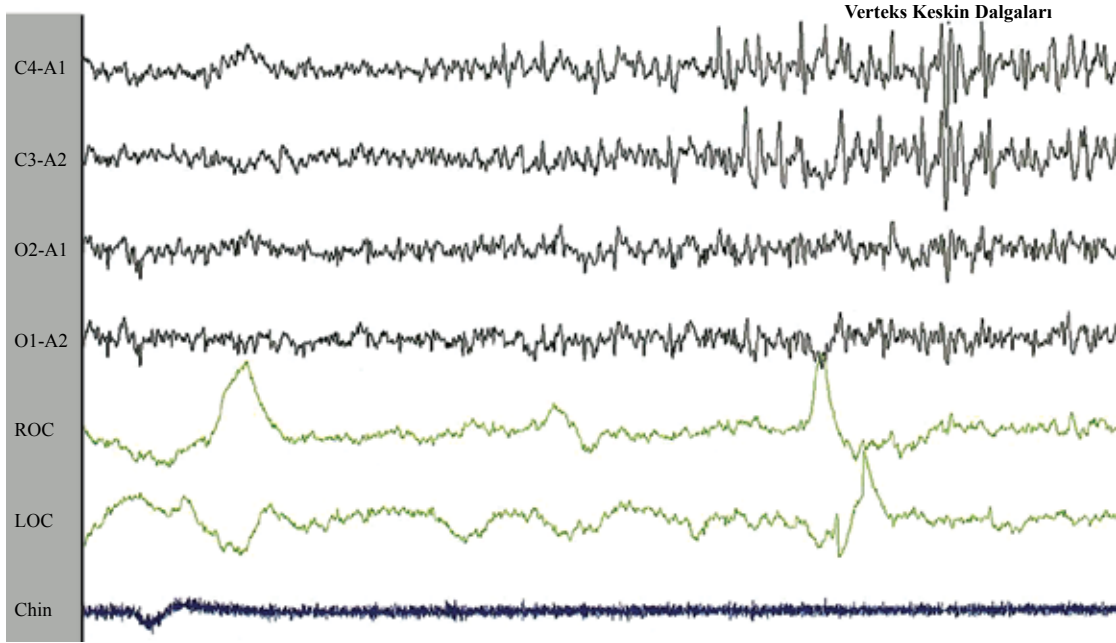
Kurallar:

- A: Alfa ritmi olan bir kişide, epogun %50'sinden fazlasında alfa ritminin yerini düşük amplitüde, karışık frekanslı aktivitenin aldığı durumlar
- B: Alfa ritmi oluşturamayan kişilerde, N1 aşağıdakilerden birinin görülmesiyle başlar:
1. W evresinden en az 1 Hz daha fazla olacak şekilde (4-7 Hz),

- bazal frekansın yavaşladığı durum
2. Verteks keskin dalgaları
3. Yavaş göz hareketleri

Notlar:

1. Verteks keskin dalgaları bulunabilir ama N1 evresini skorlamak için gerekli değildir.
2. EOG'de, N1'de yavaş göz hareketleri izlenir ama N1 diye skorlamak için şart değildir
3. N1 evresi boyunca çene EMG aktivitesi değişkendir ama sıklıkla W evresine göre amplitüdü düşüktür.
4. Tıpkı alfa ritimlerinin yavaş göz hareketlerinden önce başlaması gibi uyku latansı alfa ritmi oluşturamayanlara göre daha kısa olabilir.



Şekil 9. Evre N1 (2,9)

Evre N2 (Şekil 10)

Tanımlar:

- K Kompleksi: İyi ayırt edilen negatif keskin ve onu takip eden pozitif komponenti vardır, toplam süresi 0,5 saniyeden uzundur, maksimum amplitüd frontal derivasyonlardan sağlanır. Bir arousal'ı K kompleksine eşlik eden arousal kabul etmek için K kompleksinden sonra en fazla 1 saniye içinde gelişmiş olması gerekir.
- Uyku içiği: 12-14 Hz'lik (11-16 da olabilir) frekanstadır, 0,5 saniyeden uzun süren, en yüksek amplitüdün santral derivasyonlardan alındığı peşpeşe küçük dalgalarından oluşur.

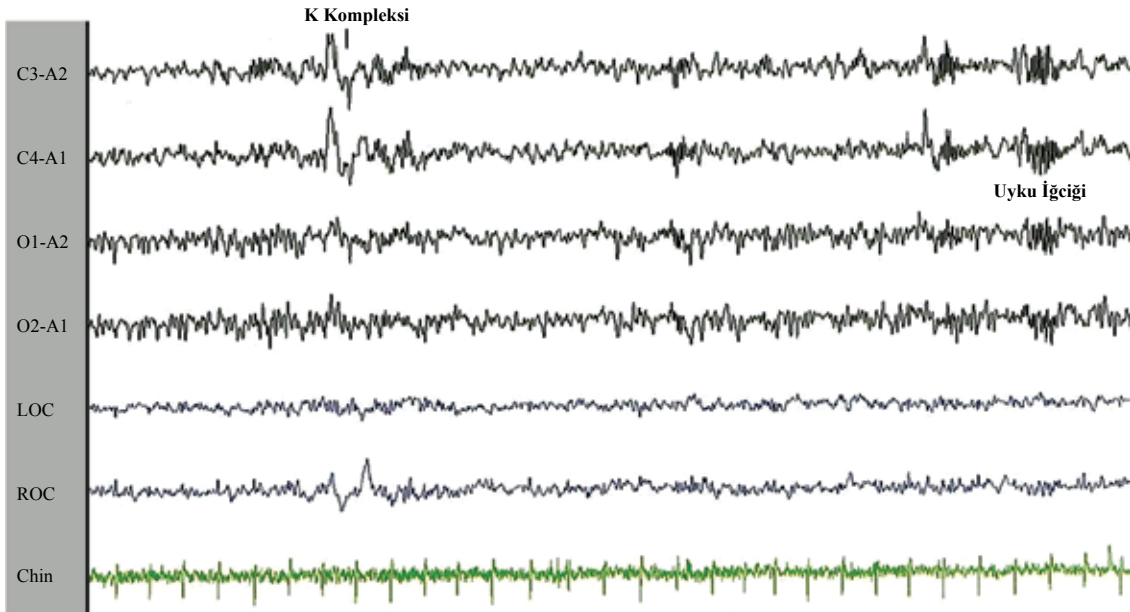
Kurallar:

A: Aşağıdaki kurallar bir periyodun N2 olarak evrenlenmesini sağlar

1. N2 evresinin başlaması için ya mevcut epoğun ilk yarısında ya da bir önceki epoğun ikinci yarısında aşağıdakilerden en az birinin olması
 - a) Arousal'ın eşlik etmediği K kompleksi
 - b) Uyku içicikleri

Notlar:

1. Eğer K kompleksi veya uyku içiği yok ama arousal'la ilişkili K kompleksi varsa N1 olarak skorlamaya devam edilir



Şekil 10. Evre N2 (2,9)

B: N2 evresinin devam etmesini sağlayan kurallar

1. K kompleksi veya uyku içiği olmaksızın düşük amplitüdlü, karışık frekanslı EEG aktivitesinin N2 olarak skorlanmaya devam etmesi için
 - a) K kompleksi (arousal'sız) veya
 - b) Uyku içiği'nin bir öncekinde olması gerekir

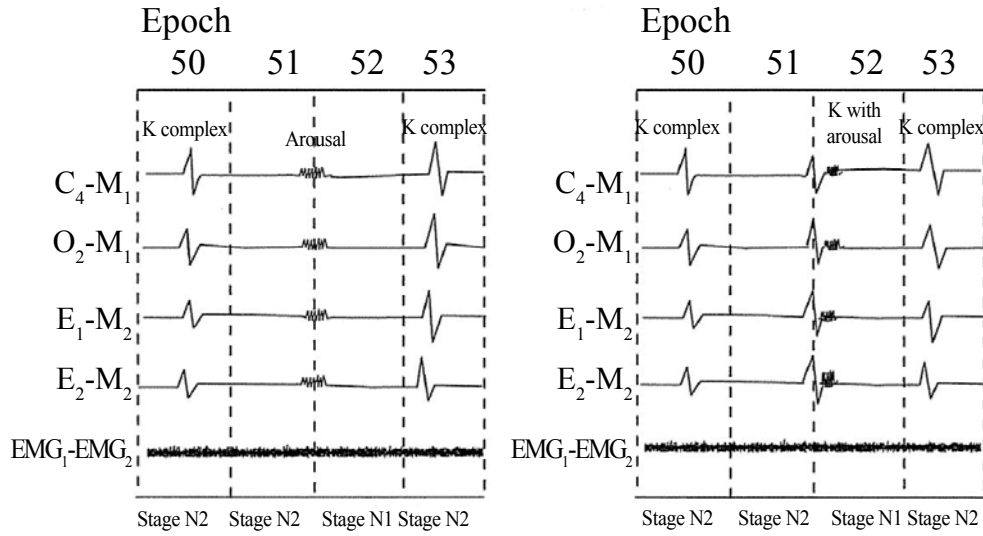
C: N2 evresinin sonlanma kuralları

1. Aşağıdakilerden en az birinin oluşmasında N2 sona erer
 - a) W evresine geçiş
 - b) Arousal (K kompleksi veya uyku içiği ortaya çıkana kadar N1 evresine dönüşür) (**Figür 1**)

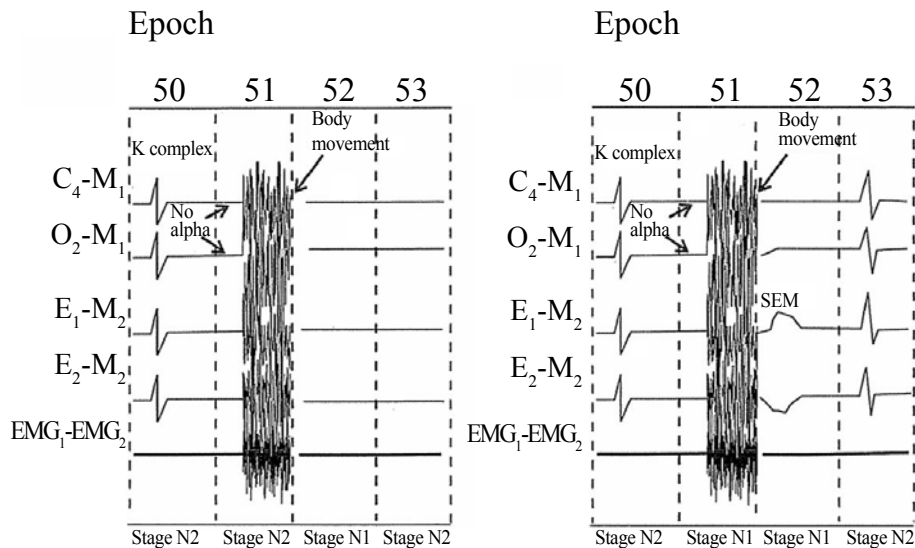
- c) K kompleksi ya da uyku içiği olmaksızın düşük amplitüdlü karışık frekanslı EEG'e yavaş göz hareketlerinin takip ettiği major vücut hareketi (major vücut hareketi ile başlayan epok N1'dir, yavaş göz hareketleri yoksa N2'dir) (**Figür 2**)
- d) N3 evresine geçiş
- e) R evresine geçiş

Notlar:

1. EOG'de genellikle N2'de göz hareketleri aktivitesi yoktur, ama bazen SEM sebat eder
2. N2 evresinde, EMG amplitüdü değişkendir, ama genellikle W'den düşük hatta R kadardır



Figür 1. Açıklama metinde (15,16)



Figür 2. Açıklama metinde (15,16)

N3 Evresi (Şekil 11)**Tanımlar:**

- Yavaş dalga aktivitesi: Frekansı 0,5-2 Hz'dir. Frontal bölge- den alınan amplitüdü >75 mikrovolttur.

Kurallar:

A: Yaştan bağımsız olarak epogun %20'sinden fazlası yavaş dalga aktivitesi ile N3 olarak skorlanır

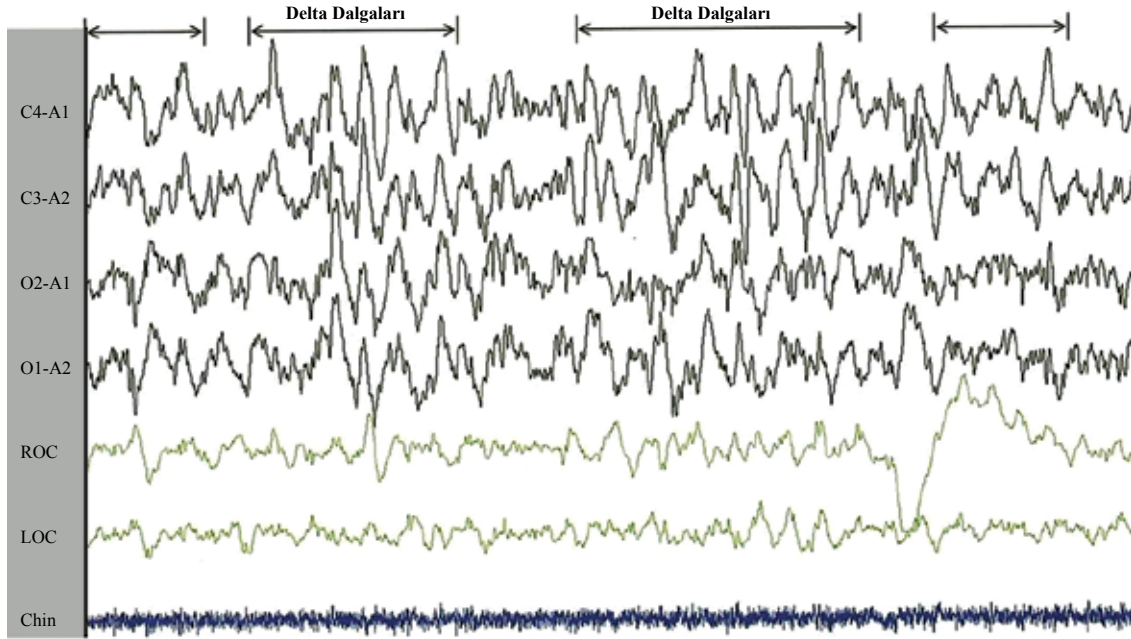
Notlar:

1. N3'de uyku içcikleri sebat edebilir
2. N3'de göz hareketleri tipik değildir

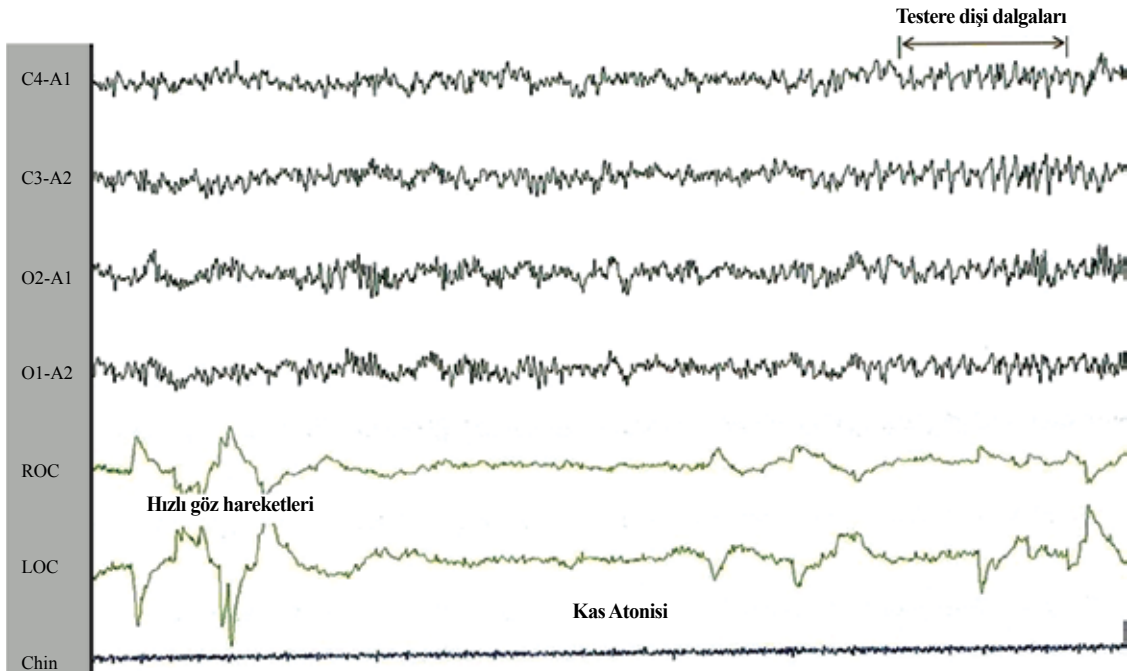
3. N3'de EMG amplitüdü değişkendir, sıklıkla N2'dekine göre düşük hatta bazen R'deki kadardır

R Evresi (Şekil 12)**Tanımlar:**

- REM: 0,5 sn'lik defleksiyonla başlayan konjüge, düzensiz, keskin pikli göz hareketleridir
- Düşük EMG tonüsü: EMG aktivitesi diğer herhangi bir evre- den daha yüksek değildir, genellikle bütün kaydın en düşük seviyesine sahiptir.



Şekil 11. N3 Evresi (2,9)



Şekil 12. R Evresi (2,9)

- Testere dişi dalgalar: Santral bölgelerden alınan, maksimum 2-6 Hz dalgalı keskin uçlu, üçgenimsi, genellikle REM göz hareketlerine eşlik eden dalgalardır.
- Geçici kas aktivitesi: Genellikle 0,25 saniyeden kısa süreli bazaldeki düşük EMG tonüsüne süperpoze kısa, irregüler EMG aktivitesi patlamaları şeklindedir. Çene ve bacak EMG'sinde olduğu kadar EEG ve EOG'de de izlenebilir. Bu aktivite hızlı göz hareketleri ile beraber maksimumdur.

Kurallar:

A: R evresi aşağıdaki parametrelere göre skorlanır:

- Düşük amplitüd, karışık frekanslı EEG
- Düşük çene EMG tonüsü
- Hızlı göz hareketleri

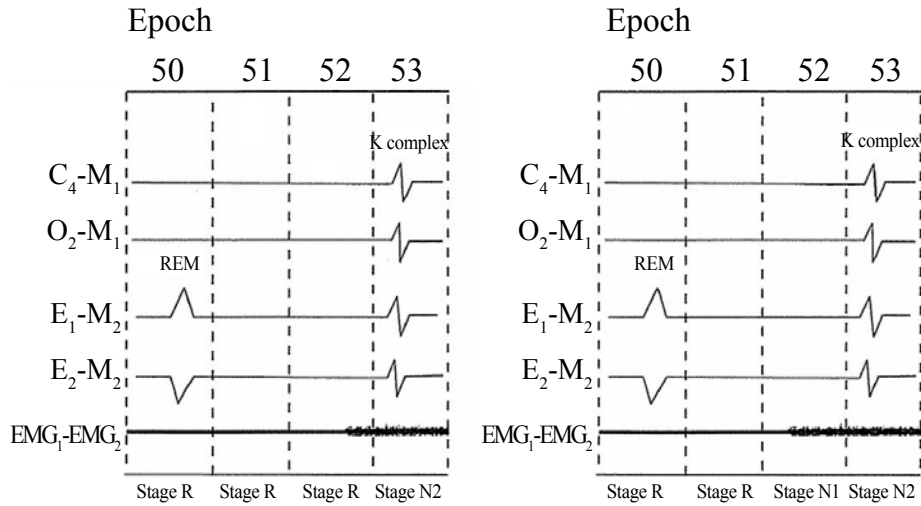
B: R evresinin devam etme kuralları

R evresini skorlamaya, hızlı göz hareketlerinin yokluğunda, A şıkında bildirilen epoklarla devam edildiğinde, EEG'nin amplitüdü düşükse, K kompleksi ya da uykü içiği olmaksızın

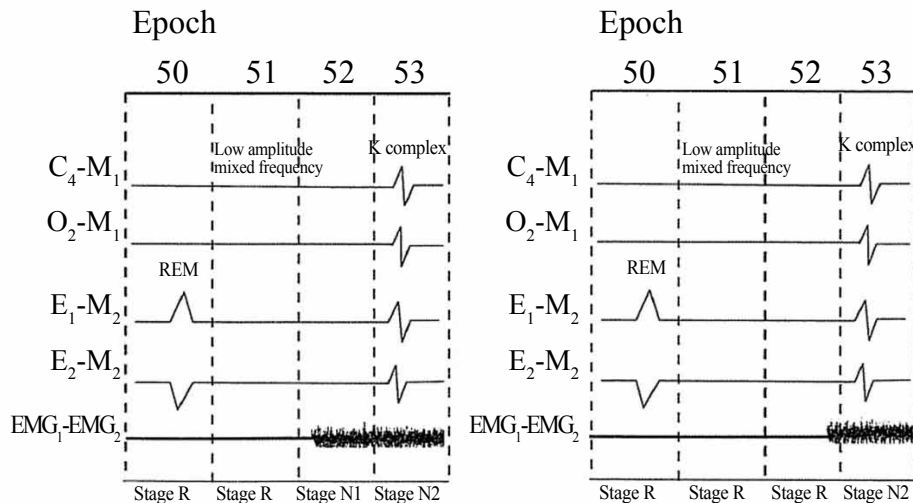
karışık frekanslı aktivite ve düşük EMG tonüsü söz konusu ise devam edilir (Figür 3)

C: R evresini sonlandırma

- Aşağıdakilerden en az biri gerçekleştiğinde R evresi sonlandırılır:
 - W veya N3'e geçilmesi
 - R evresine göre daha yüksek EMG tonüsü görülmesi ve N1 kriterleri varsa (Figür 4)
 - Arousal oluşması ve onu düşük amplitüdlü, karışık frekanslı EEG ve yavaş göz hareketlerinin takip etmesi (N1 olarak skorlanır ama eğer yavaş göz hareketleri yoksa ve EMG tonüsü düşükse R olarak devam edilir) (Figür 5)
 - Büyük vücut hareketi ve bunu takiben yavaş göz hareketleri ve K kompleksi, uykü içiği olmaksızın düşük amplitüdlü karışık frekanslı EEG varsa, vücut hareketi sonrası N1 olarak skorlanır, eğer yavaş göz hareketi yoksa ve EMG düşük tonüsteyse, R evresine devam edilir (Figür 6)



Figür 3. Açıklama metinde (15,16)



Figür 4. Açıklama metinde (15,16)

- e) Epoğun ilk yarısında hızlı göz hareketleri olmaksızın, EMG tonusu düşükse bile, en az bir K kompleksi veya uyku içiği varsa N2 olarak skorlanır (**Figür 7**)

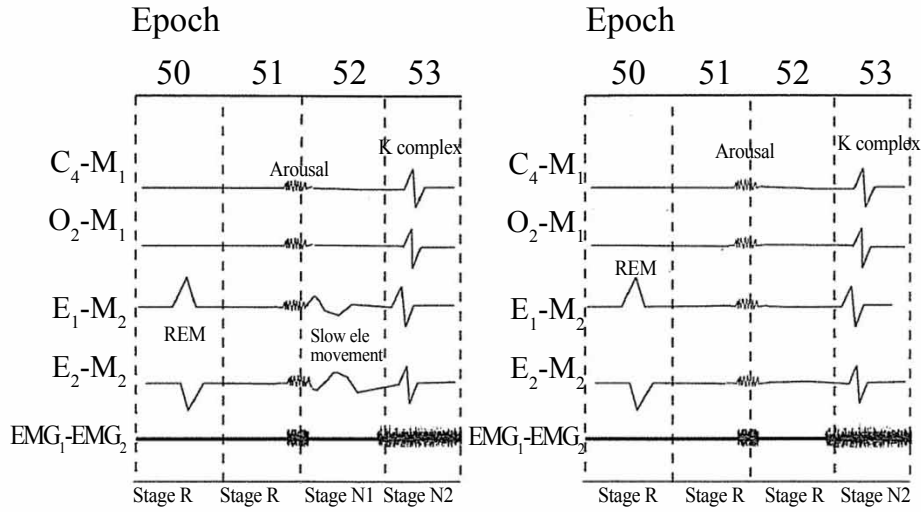
D: N2 ve R evresi arasında geçişler aşağıdaki şekilde skorlanır

1. Kesin N2 ve REM olarak skorlanan epoklar arasında, epoğun ilk yarısında EMG’de belirgin düşüş olduğunda, hızlı göz hareketleri olmasa bile aşağıdakilerin varlığında R olarak skorlanır (**Figür 8**)
 - a) K kompleksi yokluğu
 - b) Uyku içiği yokluğu
2. Kesin N2 ve REM olarak skorlanan epoklar arasında, epoğun ilk yarısında EMG’de belirgin düşüş olduğunda, aşağıdakilerin varlığında N2 olarak skorlanır (**Figür 9A**)
 - a) K kompleksi veya uyku içiği varlığı
 - b) Hızlı göz hareketlerinin yokluğu

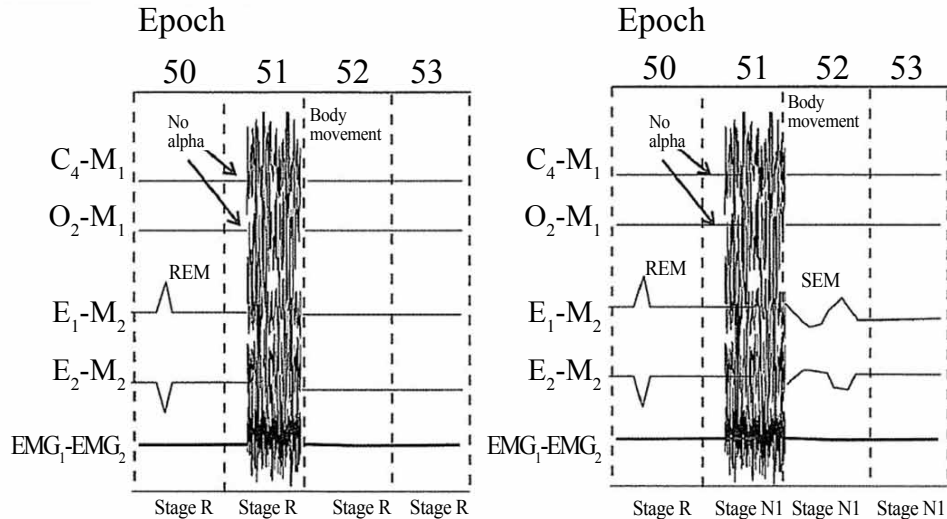
3. Kesin N2 ve REM olarak skorlanan epoklar arasında, EMG’de tonüs değişikliği yoksa, aşağıdakilerin varlığında R olarak skorlanır (**Figür 9B**)
 - a) K kompleksi yokluğu veya
 - b) Uyku içiği yokluğu

Notlar:

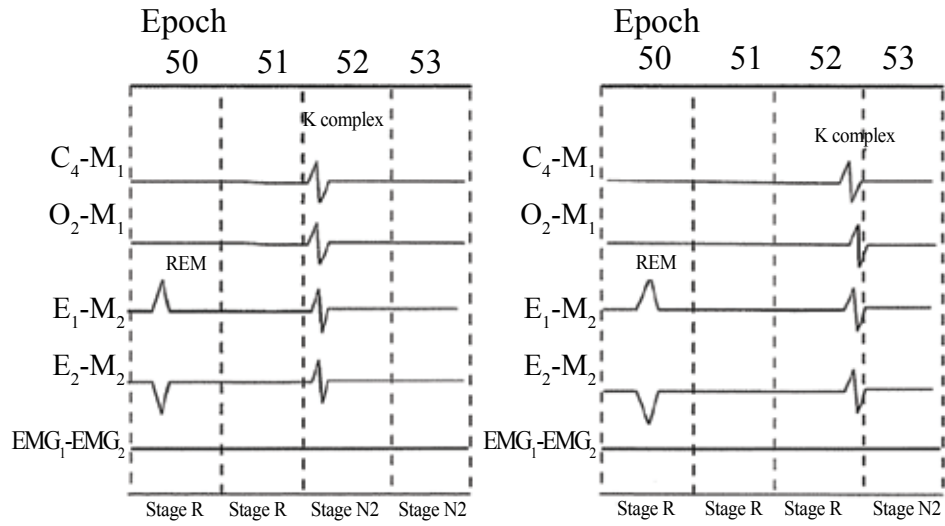
1. R’deki düşük amplitüd, karışık frekanslı aktivite N1’e benzer. Bazı kişilerde alfa aktivitesi N1’den çok R’de izlenir. R’deki alfa aktivitesi W’a göre 1-2 Hz daha yavaştır.
2. Aşağıdaki fenomenler R evresini, şüpheli durumlarda, skorlamaya yardımcı olur.
 - a) Testere dişi dalgaları
 - b) Geçici kas aktivitesi
 - c) Özellikle gecenin ilk R epizodunda, R’de K kompleksi ve uyku içiği izlenebilir ama hızlı göz hareketleri yok ve sadece düşük EMG söz konusu ise N2 olarak skorlanmalıdır



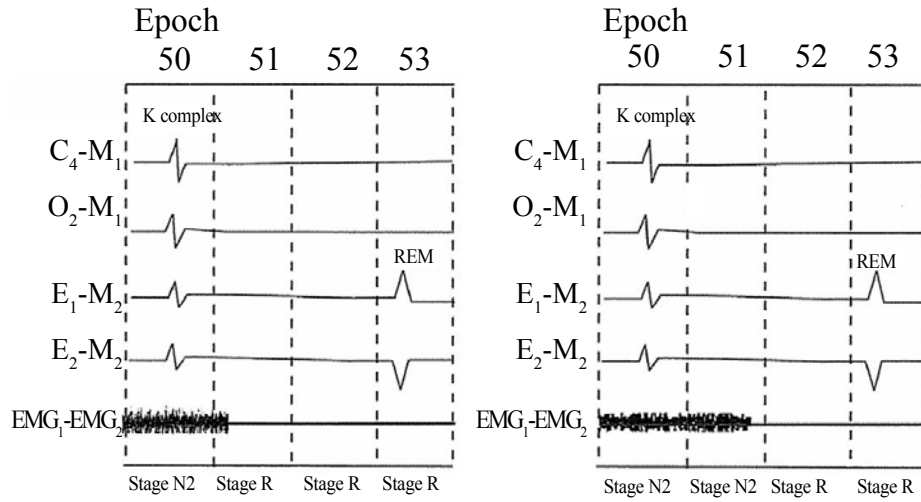
Figür 5. Açıklama metinde (15,16)



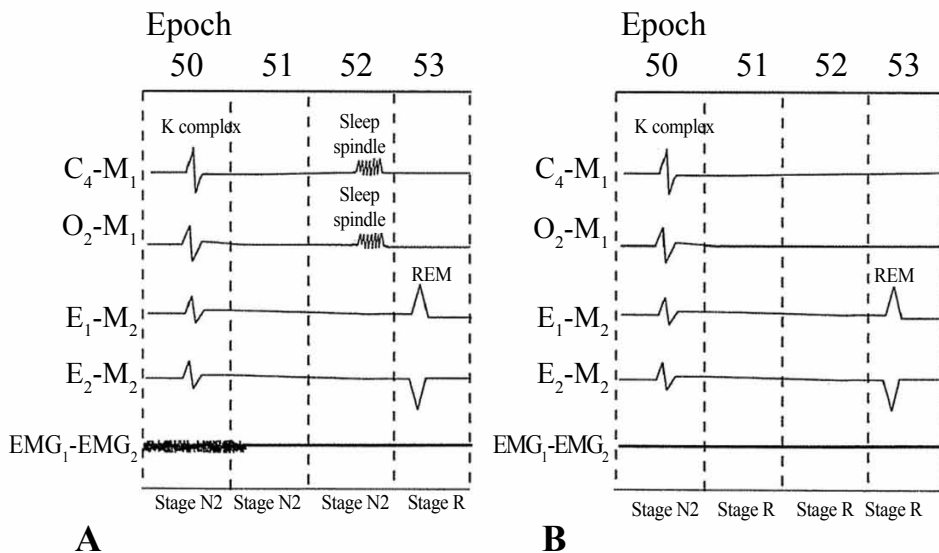
Figür 6. Açıklama metinde (15,16)



Figür 7. Açıklama metinde (15,16)



Figür 8. Açıklama metinde (15,16)



Figür 9. Açıklama metinde (15,16)

Uyku evrelerinin belirlenmesi dışında skorlama işlemi sırasında değerlendirilmesi gereken diğer durumlar aşağıda görülmektedir.

Major Vücut Hareketleri (Figür 2, 6)

Tanımlar:

Bir epogu yarısından fazlasını hareket ve kas artefaktının kaplamasıdır.

Kurallar:

Bir epogu major vücut hareketi olarak skorlamak için;

- A: Epogu yarısından azında alfa ritmi varsa W olarak skorlanır
- B: Alfa ritmi yoksa ama bir önceki epok W ise, major vücut hareketinin olduğu epok W olarak skorlanır
- C: Takip eden epok gibi skorlanır

Arousallar (Şekil 13)

A: N1, N2, N3 veya R'de arousal skorlamak için EEG frekansını alfa, teta, veya 16 Hz'den büyük frekansta olması ve bunun en az 3 saniye sürüp son 10 saniye içinde de uyku evresinin olması gerekir. R'de arousal için EMG'de de en az 1 saniyelik yükselme gerekir.

Notlar:

1. Arousal hem oksipital hem santral derivasyonlardan skorlanmalıdır
2. Arousal skorlama için solunum kanalı ve/veya ilave EEG'den yardım alınabilir

AASM Uyku skorlama kurallarında yapılan değişiklikler (Versiyon 2.0) (16)

Uyku evrelerinin genel skorlaması

- Revizyon yok

Uyanıklık evresinin (Evre W) skorlanması

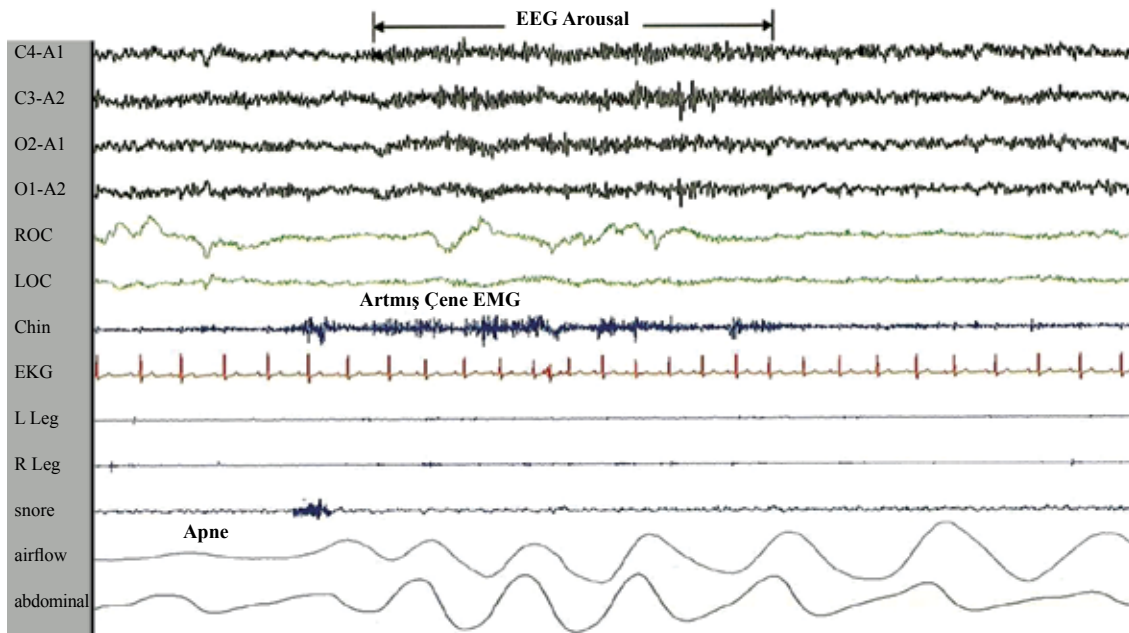
- Yavaş göz hareketleri (SEM) tanımı eklenmiştir.
- Yavaş göz hareketleri (SEM): En az 0,5 sn'nin üstünde bir defleksiyonla başlayan konjuge, düzenli, sinüzoidal göz hareketleridir.
- Yeni bir not eklenmiştir.
- **Not 5:** Hastanın kayıt cihazından ayrı kaldığı süre Evre-W olarak skorlanmalıdır. Şayet bu süre içerisinde kısa uyku epizodları gelişirse, uyku skorlama raporunda anlamlı olarak değerlendirilmemelidir.

Evre-N1 skorlanması

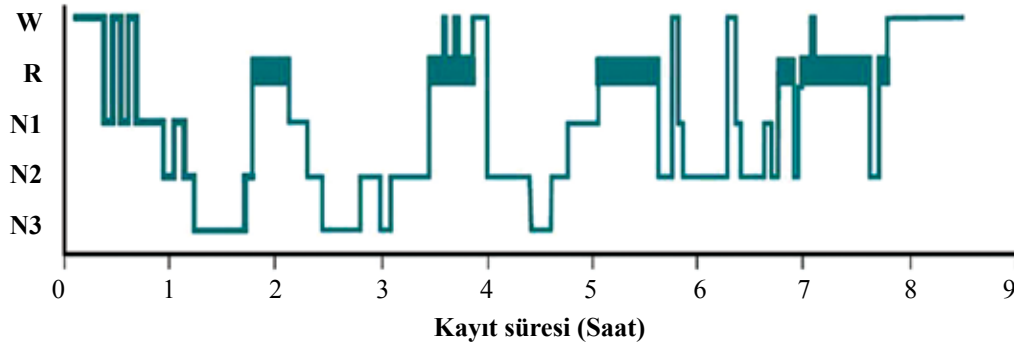
- Revizyon yok

Evre-N2 skorlanması

- Not-2 değiştirilmiştir.
- Eğer arousal ilişkili olmayan K kompleksi veya uyku içiği yok ama arousal'la ilişkili K kompleksi varsa N1 olarak skorlamaya devam edilir.
- İki yeni bir not eklenmiştir.
- **Not 1:** Evre-2 A şıkkındaki kriterleri içeren evre N2 epogu, kesin Evre-N2 olarak tanımlanır.
- **Not 4:** Uyku içcikleri ve arousal ilişkili frekans değişiklikleri esas olarak santral ve oksipital derivasyonlarda kaydedilmekle birlikte, bu olaylar yalnızca frontal derivasyonlarda kaydedildiğinde de uyku skorlamasında kullanılmalıdır.



Şekil 13. Arousal (2,9)



Şekil 14. Uyku histogramı (Hipnogram) (17)

Evre-N3 skorlanması

- Yeni bir not eklenmiştir.
- **Not 1:** Yavaş dalga aktivitesine rastlayan K kompleksleri yavaş dalgalar olarak değerlendirilmelidir.

Evre-R skorlanması

- Kural B’de çene EMG tonüsü konusunda bir açıklama yapılmıştır
- Hızlı göz hareketleri olmasa bile, Evre-R A şıkında bildirilen epoklarla devam edildiğinde, EEG’nin amplitüdü düşükse, K kompleksi ya da uyku içiği olmaksızın karışık frekanslı aktivite ve epğun çoğunluğunda düşük EMG tonüsü söz konusu ise R evresini skorlamaya devam edilir.
- Üç yeni bir not eklenmiştir
- **Not 1:** Evre-R A şıkındaki kuralları içeren epoklar *kesin Evre-R* olarak tanımlanır. Bu tür epoklar genellikle K kompleksleri veya uyku içikleri içermezler. Bununla beraber, özellikle gecenin ilk REM uyku periyodunda, Evre-R olması muhtemel epoklar arasında K kompleksleri veya uyku içikleri serpiştirilmiş olabilir. A şıkındaki kuralları içeren epoklar K kompleksleri veya uyku içikleri varlığında bile Evre-R olarak skorlanırlar. Hızlı göz hareketleri yokluğunda, uyku içikleri ve K kompleksleri içeren epoklar, düşük çene EMG tonüsü varlığında bile Evre-R olarak skorlanmamalıdır.
- **Not 2:** *Kesin Evre-R* tanımı A şıkında belirtilen epokları kasteder. Epok ilk yarısında bir veya daha fazla uyku içiği veya K kompleksi içermeli ve Evre-N3 kriterlerini taşımalıdır.
- **Not 5:** Evre-N1-R geçişleri ile ilgili spesifik kurallar yoktur. Evre-R yalnızca düşük kas tonüsü ve tipik EEG ile birlikte hızlı göz hareketleri görüldüğünde başlayacaktır.

Majör vücut hareketlerinin skorlanması

- Revizyon yok

Arousal kuralları

- Yeni bir not eklenmiştir.
- **Not 3:** Bütün skorlama kriterlerini karşılayan, ancak “light out” ve “light on” arasındaki kayıt süresinde, uyanıklık evresinde gelişen arousal’lar skorlanmalı ve arousal indeksinin hesaplanmasında kullanılmalıdır.

Hipnogram (Şekil 14)

Gece boyunca uyku evrelerinin gelişimi uyku yapısı olarak isimlendirilir. Bu da uyku histogramı veya hipnogram olarak gösterilir.

Uykunun başlangıcından ilk REM döneminin sonuna kadar olan döneme bir uyku siklusu denmektedir. 90-120 dakika süreli bu sikluslar gece boyunca 4-6 defa tekrar etmektedir. Gecenin ilk yarısında gerek sayı, gerekse süre açısından NREM, ikinci yarısında ise REM dönemi ağırlık kazanmaktadır. Yavaş dalga uykusu en derin uykudur ve en yüksek arousal eşiği bu uykuda görülür (1,2,6,17,19).

Sonuç olarak; makalenin başında da söylenildiği gibi uykuda solunum bozukluklarının altın standart tanı yöntemi olan “polisomnografi”nin, yalnız tanı yöntemi olarak değil hastalık takibinde de kullanılması bu yöntemi daha da üstün kılmaktadır. Zahmetli ve zaman alıcı bir test olmakla birlikte, uyku evrelemesi olmadan, yalnızca solunum skorlaması yapılan uyku çalışmalarının, gerek tanı gerekse tedavinin takibi açısından ciddi yanılgılara ve sorunlara neden olması kaçınılmazdır.

KAYNAKLAR

1. Köktürk O. Uykunun izlenmesi (1). Normal uyku. Tüberküloz ve Toraks 1999; 47: 372-80.
2. Köktürk O. Uyku evrelerinin skorlanması. Türk Toraks Derneği Uyku Bozuklukları Merkezi Kursu Kitabı, 2007.
3. Köktürk O. Uykuda solunum bozukluklarında tanı yöntemleri ve polisomnografi. In: Solunum sistemi ve hastalıkları. Özlü T, Metintaş M, Karadağ M, Kaya A (Eds). İstanbul: İstanbul Tıp Kitabevi; 2010.p.2109-25.
4. Çiftçi Ulukavak T. Uyku evrelerinin skorlanması. Uykuder 1. Uyku Bozuklukları Kursu Kitabı, 2007.
5. Pressman MR. Evaluating sleep stages. In: Primer of polysomnogram interpretation. Pressman MR (Ed). Philadelphia: Butterworth-Heinemann; 2002.p.17-46.
6. Keenan S, Hirshkowitz M. Monitoring and staging human sleep. In: Principles and practice of sleep medicine. 5th Ed. Kryger M.H., Roth T, Dement WC (Eds). St. Louis: Elsevier Saunders, 2011.p.1602-9. [CrossRef]
7. Köktürk O. Uykunun izlenmesi (2). Polisomnografi. Tüberküloz ve Toraks Dergisi 1999; 47: 499-511.
8. Köktürk O. Polisomnografide EEG, EOG ve EMG kayıtları: Temel Bilgiler. Türk Toraks Derneği Okulu 10. Yıllık Kongre Kursları Kitabı, 2007.
9. Spriggs WH. Principles of Polysomnography. Salt Lake City: Sleep Ed, LLC, 2002.

10. Sorenson P. Generating a signal: biopotentials, amplifiers, and filters. *Sleep Med Clin* 2009; 4: 323-31. [\[CrossRef\]](#)
11. Keenan SA. Polysomnographic technique: An overview. In: *Sleep disorders medicine*. Chokroverty S (Ed). Philadelphia: Saunders Elsevier, 2009.p.137-56. [\[CrossRef\]](#)
12. Carden KA. Recording sleep: the electrodes, 10/20 recording system, and sleep system specifications. *Sleep Med Clin* 2009; 4: 333-41. [\[CrossRef\]](#)
13. Berry RB. Sleep stages and basic sleep monitoring. In: *Fundamentals of sleep medicine*. Berry RB (Ed). Philadelphia: Elsevier Saunders, 2012.p.1-11. [\[CrossRef\]](#)
14. Rechtschaffen A, Kales A: A manual of standardized, techniques and scoring system for sleep stages in human subjects. Washington DC, US Government Printing Office, 1968. NIH Publication No.204
15. Iber C, Ancoli-Israel S, Chesson A, Quan SF. The AASM Manual for the Scoring of Sleep and associated Events. Rules Terminology and Technical Specifications. 1st Ed. Westchester, Illinois: American Academy of Sleep Medicine, 2007.
16. Berry RB, Brooks R, Gamaldo CE, Harding SM, Marcus CL and Vaughn BV for the American Academy of Sleep Medicine. The AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events: Rules, Terminology and Technical Specifications, Version 2.0. www.aasmnet.org, Darien, Illinois: American Academy of Sleep Medicine, 2012.
17. Hirshkowitz M, Sharafkhaneh A. Clinical polysomnography and the evolution of recording and scoring technique. In: *Sleep disorders medicine*. Chokroverty S (Ed). Philadelphia: Saunders Elsevier, 2009.p.229-52. [\[CrossRef\]](#)
18. Berry RB. Sleep staging in adults. In: *Fundamentals of sleep medicine*. Berry RB (Ed). Philadelphia: Elsevier Saunders, 2012.p.27-47. [\[CrossRef\]](#)
19. Hirshkowitz M, Sharafkhaneh A. Normal sleep-recording and scoring techniques. In: *Handbook of neurology*. Volume 98. Aminoff MJ, Boller F, Swaab DF (Eds). Amsterdam: Elsevier, 2011.p.29-43.