

T.C
EGE ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
NÖROLOJİ ANABİLİM DALI
Prof. Dr. Ayfer ÜLKÜ

14 1667

**SUPRASPİNAL YAPILAR VE VESTİBÜLER SİSTEMİN
KAFA STABİLİZASYON REFLEKSİ ÜZERİNE ETKİLERİ
(TEZ ÇALIŞMASI)**

Dr. Fikret BADEMKIRAN

**DANIŞMAN
Doç. Dr. Burhanettin ULUDAĞ**

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
NÖROLOJİ ANABİLİM DALI

İZMİR - 2003

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanması sırasında yol gösteren ve yardımcı olan sayın Doç. Dr. Burhanettin ULUDAĞ'a, uzmanlık eğitimim boyunca deneyimlerinden yararlandığım anabilim dalı başkanımız sayın Prof. Dr. Ayfer ÜLKÜ'ye, tezin oluş aşamasında beni yönlendiren ve yardımcı olan sayın Prof. Dr. Cumhuri ERTEKİN'e, uzmanlık eğitimim boyunca yetişmeme her türlü katkı ve desteği veren Nöroloji anabilimdalı öğretim üyesi tüm hocalarıma teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Dr. Fikret BADEMKIRAN

KISALTMALAR

AS	: Aksesör Sinir
ASA	: Arteria serebri anterior
ASM	: Arteria serebri media
KSR	: Kafa Stabilizasyon Refleksi
OVR	: Okülovestibuler refleks
PSA	: Posterior serebral arter
SKM	: Sternokleidomastoid
SSS	: Santral sinir sistemi
VBI	: Vertebrobaziler infakt
XI.KS	: Onbirinci kranial sinir

İÇİNDEKİLER

Sayfa

I.BÖLÜM : GİRİŞ	1
KAFA STABİLİZASYON REFLEKSİ VE DENGЕ FİZYOLOJİSİNE GENEL BAKIŞ.....	1
II.BÖLÜM: KAFA STABİLİZASYON REFLEKSİ ÜZERİNE ETKİLİ SİSTEMLER.....	3
BEYİN SAPI.....	3
Meduller Retiküler Sistem:	4
VESTİBÜLER SİSTEM	6
STATİK DENGİNİN KORUNMASINDA UTRİKULUS VE SAKKULUSUN İŞLEVİ	10
SEREBELLUM	12
BOYUN PROPRIÖSEPTÖRLERİ	13
Vücudun Diğer Kısımlarından Gelen Propriyoseptif ve Eksteroseptif Bilgi.	15
Dengenin korunmasında görsel bilginin önemi	15
III.BÖLÜM: BOYUN PROPRIÖSEPTÖRLERİ VE REFLEKSLER.....	18
REFLEKSLER	20
1-Monosinaptik refleksler:	24
2- Polisinaptik refleksler:	32
IV.BÖLÜM: AKSESÖR SİNİR VE STERNOKLEİDOMASTOİD KASIN ANATOMİSİ	34
XI.KRANİAL SİNİR: AKSESÖR SİNİR.....	34
STERNOKLEİDOMASTOİD KAS	35
V.BÖLÜM: AMAÇ, YÖNTEM VE SONUÇLAR	37
AMAÇ	37
MATERYAL VE METOD.....	38
SONUÇLAR.....	43
TARTIŞMA	54
ÖZET	60
KAYNAKLAR.....	61
EK TABLOLAR.....	65

I.BÖLÜM : GİRİŞ

Kafa Stabilizasyon Refleksi (KSR) kafanın ani pozisyon değişikliğine karşı boyun kaslarında ortaya çıkan, başı eski pozisyonuna getirmeye yönelik bir reflekstir. Bu refleksin elektromyografik temelli tanımı kliniğimiz elektrofizyoloji laboratuvarında yapılmıştır¹. Bu refleksin yolları, refleks üzerine etkili suprasegmental etkiler konusunda özellikle insan temelli çalışma çok az ve bilgi yetersizdir. Bu çalışma KSR üzerine etkili santral sinir sistemi yapılarını ve etki biçimlerini ortaya koymak ve bu testin klinik açıdan kullanılabilirliğini araştırmak amacı ile yapılmıştır.

KAFA STABİLİZASYON REFLEKSİ VE DENGİ FİZYOLOJİSİNE GENEL BAKIŞ

Elektrofizyolojik metodolojisi bilim dalımızda tanımlanmış olan bu beyin sapı refleksinin mekanizmaları tam aydınlatılabilmüş değildir. Kafa stabilizasyon refleksi bir beyin sapı refleksi olup, afferent sistemini servikal kas içicikleri ve vestibüler yapılar oluşturmakta, efferent yolunu aksesör sinir yapmaktadır. Saf spinal segmental bir refleks olmadığı ve bu segmental çember üzerinde supraspinal yapıların rolü olduğuna dair kuvvetli veriler vardır¹. Özellikle serebellar sistemin etkisi aşikardır¹. Kafa stabilizasyon refleksi (KSR) üzerine etkili olan merkezlerin daha çok denge ve uzaysal konumu kortekse iletmek gibi rolü olan yapıların olduğu görünmektedir.

Vestibüler sistem başın hareketleri ve uzaysal pozisyonuna duyarlı afferent reseptörlerdir. Ayrıca başın ve gövdenin birbirine olan pozisyon farklılıkları hakkında santral sinir sistemine bilgi aktarır. Gerçekte bu ilişki daha çok proprioseptif duysal girdilerin aktif rol aldığı bir sistemdir. Bu bilgiler beyin sapı vestibüler ve retiküler nükleuslarına, boyun ve vücuttaki proprioseptörlerden doğrudan ve serebellum yoluyla dolaylı olarak iletilir². Baş ve gövde dengesinin korunması için gereken önemli proprioseptif bilgiler boyundaki eklem reseptörlerinden taşınır. Boyuna ait proprioseptif afferent akışla vestibüler afferent akış paralel ve/veya resiprokal ilişki içindedirler. Boyunda bir yana bükülme şeklinde bir hareket olduğunda proprioseptif afferent akışla birlikte, vestibüler uyarılma sonucu vestibüler sinyaller santral sinir sistemine taşınmaya başlar. Vestibüler sinyallerin denge bozukluğu şeklinde yaratacağı duyum proprioseptif akışla dengelenir. Bununla birlikte bütün vücut bir yana eğildiği zaman, vestibüler apareyden gelen sinyaller boyun proprioseptörlerinden gelen sinyallerin zıt etkisiyle karşılaşmaz ve bu durumda tüm vücudun denge durumunda bir değişiklik olacağı algılanır².

Denge reflekslerinin primer yolu vestibüler sinirlerle başlar ve sonra hem vestibüler nükleuslara hem de serebelluma geçer. Bundan sonra sinyaller beyin sapı retiküler nükleuslarına gönderildiği gibi vestibulospinal ve retikülospinal yollarla spinal korda gönderilir. Sonuçta spinal korda gelen sinyaller, antigravite kaslarındaki fasilitasyon ile inhibisyonun etkileşmesini düzenleyerek dengenin otomatik olarak kontrolünü sağlarlar².



II.BÖLÜM: KAFA STABİLİZASYON REFLEKSİ ÜZERİNE ETKİLİ SİSTEMLER

Öncül deneysel çalışmalarda Kafa Stabilizasyon Refleksi üzerinde:

- 1.Vestibülospinal
- 2.Kortikospinal
- 3.Tektospinal
- 4.Retikülospinal
- 5.Serebellar

etkilerin olduğu ileri sürülmüştür^{3,4,5}. Bu sistemlere, anatomik lokalizasyonu ile birlikte aşağıda değinilecektir.

BEYİN SAPI

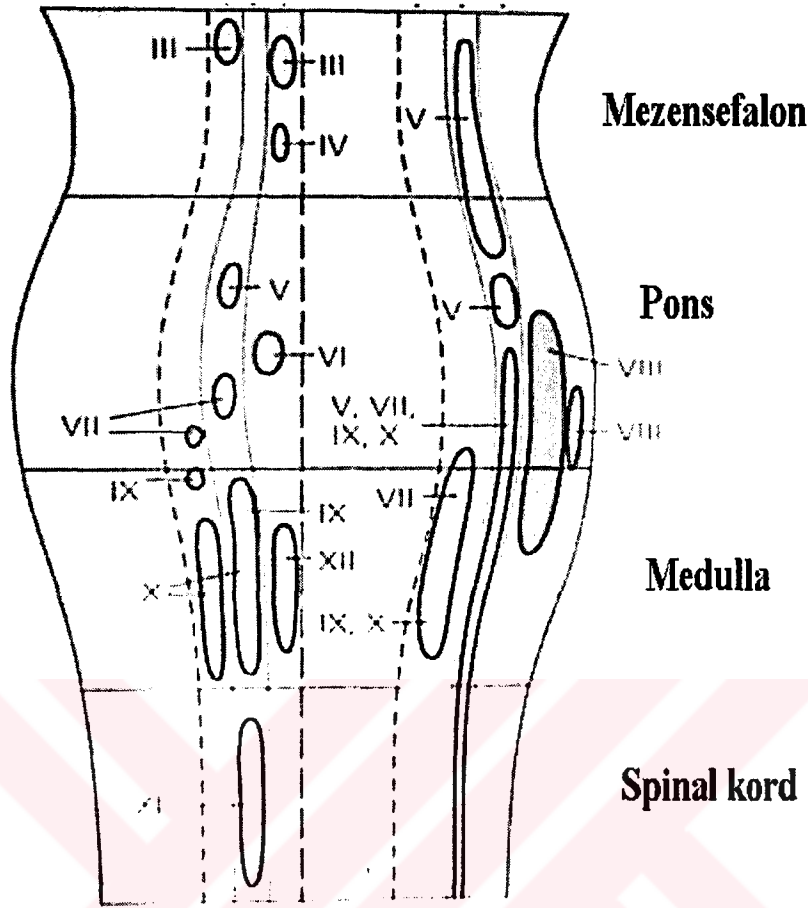
Beyin sapı 3 ana bölgeden oluşur.

1. Mezensefalon
2. Pons
3. Bulbus

Beyin sapı daha yüksek nöral merkezlerden gelen ve beyin sapına vücudun özgül fonksiyonlarını başlatma veya değiştirme komutunu taşıyan sinyaller için bir istasyon gibi görev yapar. Bu görevlerden biri tüm vücut hareketleri ve dengenin kontrolündeki rolüdür. Bu amaçlar için beyin sapını retiküler ve vestibüler nükleusları önemli yer tutar (Şekil-II-1) Bu iki grup nükleus esas olarak birbirine karşı antagonistik etki gösterir; ponsta yerleşik nükleuslar antigravite kaslarını uyarır, medulladakiler ise inhibe eder². Ponsun retiküler nükleusları eksitator uyarılarını, omuriliğin anterior kolonunda bulunan pontin retikülospinal yolla spinal korda iletirler. Bu yolun lifleri, ekstremitelerin ekstensör kasları ile omurga kasları gibi vücudu yer çekimine karşı destekleyen gövde aksiyal kaslarını uyaran medial-anterior motor nöronlarda sonlanırlar.

Pons retiküler nükleusları spontan uyarılabilirliği yüksek yapılardır. Buna ek olarak serebellumun derin nükleuslarından ve özellikle vestibüler nükleuslarından da güçlü uyarıcı sinyaller alırlar. Bu yüzden, ponsun retiküler uyarıcı sistemi, medullanın retiküler sistemi tarafından engellenmedikçe vücudun bütün antigravite kaslarının güçlü bir şekilde uyarılmasına sebep olur. Öyle ki dört ayaklı hayvanlar yüksek beyin

merkezlerinden herhangi bir sinyal gelmeden yerçekimine karşı vücudu destekleyerek ayakta durma pozisyonunda kalabilirler².



Sekil-II-1: Retiküler ve vestibüler çekirdeklerin beyin sapındaki yerleşimi görünüyor, sağdaki duysal, soldakiler ise motor çekirdekleri göstermektedir (Kandel).

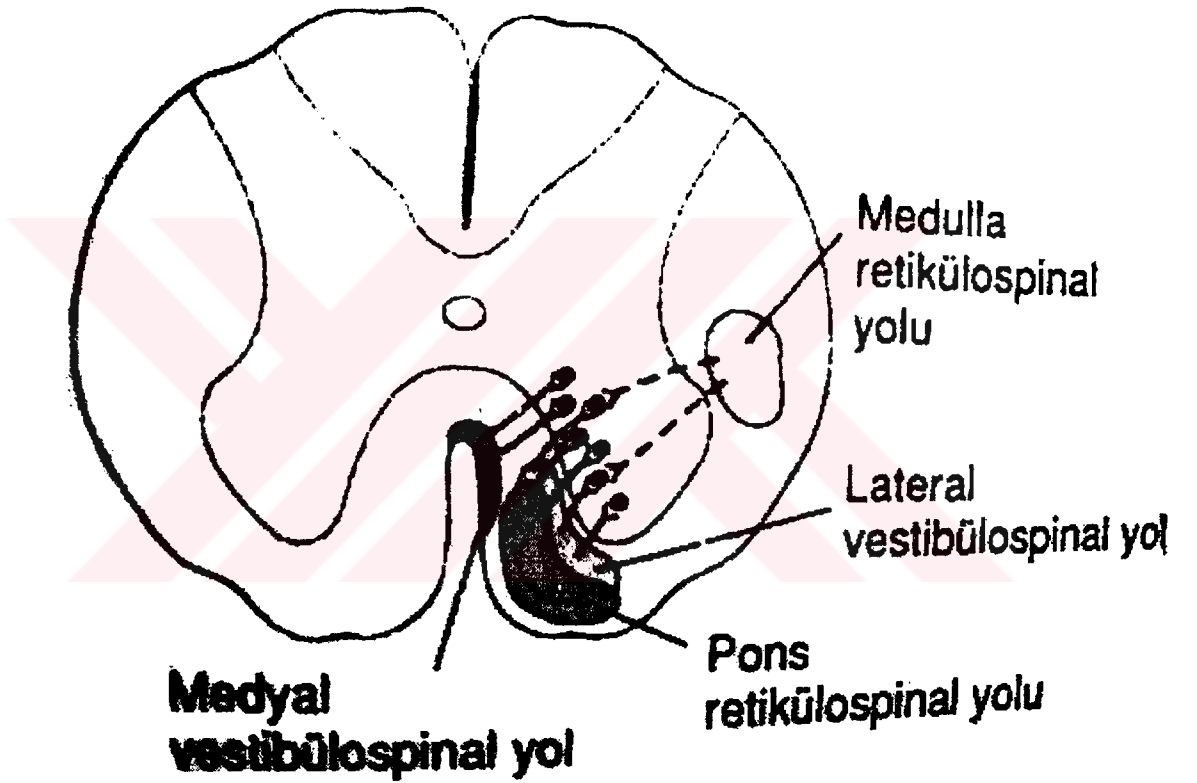
Meduller Retiküler Sistem:

Medullanın retiküler nükleusları, antigravite kaslarını innerve eden anterior motor nöronlara “meduller retikülospinal yol” denen bir yolla inhibitör sinyaller iletir (Şekil-II-2). Meduller retiküler nükleuslar:

1. Kortikospinal yollar
2. Rubrospinal yollar
3. Diğer motor yollardan yoğun kollateraller alır.

Yukarıdaki bu üç yollak normalde ponsun retiküler sisteminden gelen uyarıcı sinyalleri dengelemek ve normal koşullarda vücuttaki kasların gevşemesini sağlamak amacıyla medüller retiküler inhibitör sistemi uyarır. Bununla beraber korteks-pons yoluyla uyarılarak ayakta durma veya başın pozisyonu düzenleme gibi durumlarda;

yine korteksten gelen sinyaller medullada disinhibisyona neden olabilir. Bazı durumlarda, medüller retiküler sistemin aktivasyonu vücudun belli kısımlarındaki antigravite kaslarını inhibe edebilir ve bu kısımların özgül motor aktiviteleri yapmalarına izin verebilir. Aksi takdirde antigravite kasları gerekli hareketlere karşı koyacağından, bu hareketlerin yapılması imkansız olacaktı. Yani eksitator ve inhibitör retiküler nükleuslar kontrol edilebilir bir sistemi oluştururlar. Korteks ve diğer odaklardan gelen sinyallerle düzenlenen bu sistem yerçekimine karşı koyacak gerekli kas kasılmasını ve ayrıca diğer fonksiyonların gereği gibi yapılması için uygun kas gruplarının inhibisyonunu sağlar.



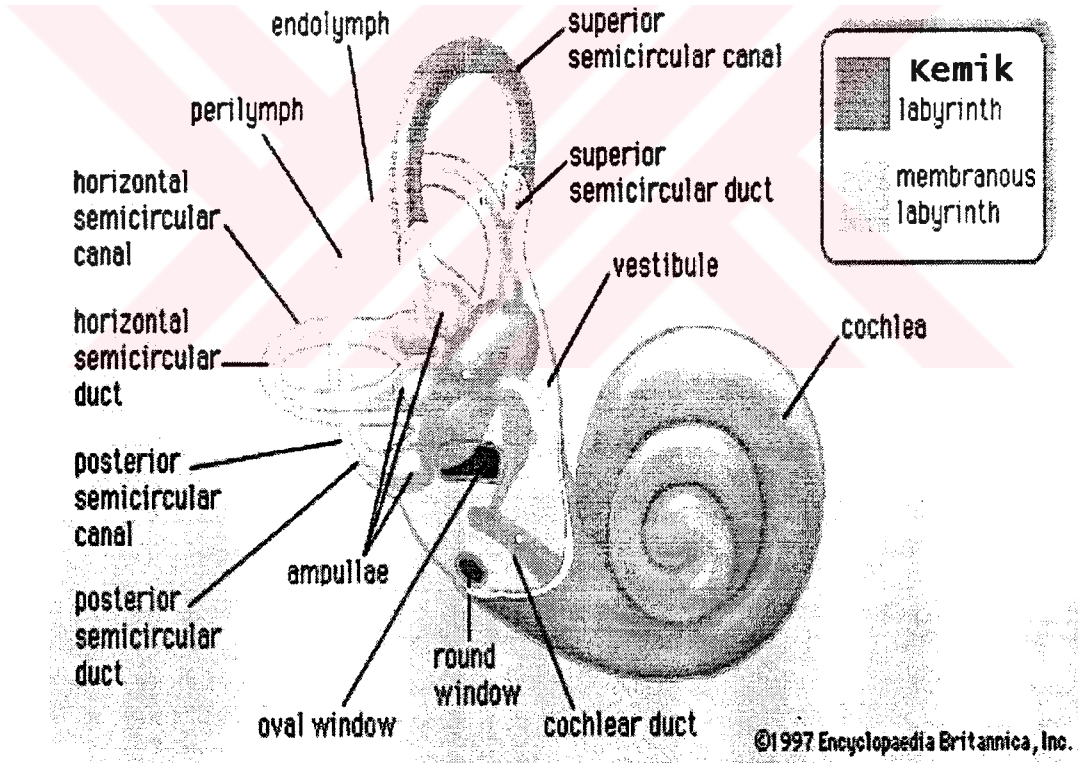
Şekil-II-2: Medüller retikülospinal yol ve reflekslerle ilişkisi görülmektedir.

Antigravite kaslarını uyarmada vestibüler nükleusların rolü: Vestibüler nükleuslar antigravite kaslarını uyarmak için pontin retiküler nükleuslar ile birlikte görev yapar. Lateral vestibüler nükleuslar, anterior spinal kolonda hem lateral hem de medial vestibüler yollar aracılığıyla yoğun eksitator sinyaller taşırlar (Şekil-II-2). Gerçekte pontin retiküler sistem vestibüler nükleusların desteği olmadan aksiyal antigravite kaslarını uyarma yeteneğini büyük ölçüde kaybeder. Burada vestibüler

nükleusların özgün rolü, vestibüler apareyden gelen sinyallere yanıt olarak dengeyi korumak için farklı antigravite kaslarına giden uyarıcı sinyalleri selektif olarak kontrol etmektedir².

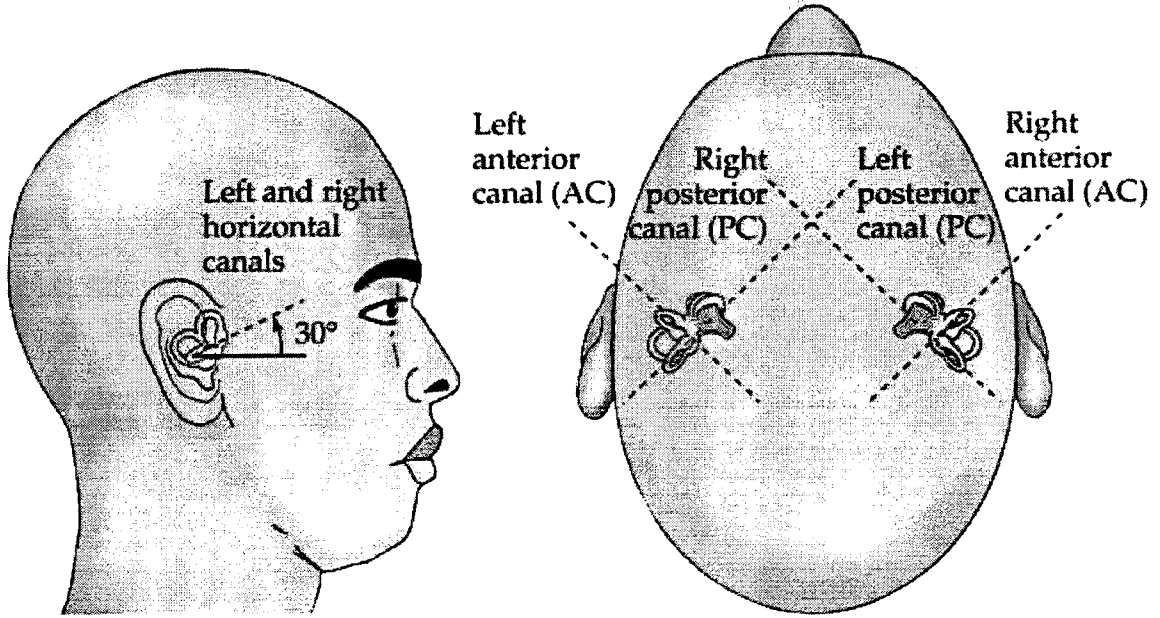
VESTİBÜLER SİSTEM

Vestibüler aparey denge ile ilişkili duyuları algılayan organdır. Bu organ temporal kemik petroz bölümde kemik tüp ve odacıklar sisteminden ibaret, kemik labirent ile bunun içinde bulunan ve membranöz labirent denen membranöz tüp ve odacıklardan oluşmuştur (Şekil-II-2a ve Şekil-II-2b). Membranöz labirent apareyin fonksiyonel bölümüdür. Bu labirent esas olarak koklea , üç semisirküler kanal ve utrikulus ile sakkulus olarak bilinen iki büyük odacıktan oluşmuştur. Semisirküler kanallar ile utrikulus ve sakkulus denge mekanizmalarının birbirini tamamlayan parçalarıdır.



Şekil-II-2a: Kemik ve membranöz labirentler

(C)



Şekil-II-2b: Semisirküler kanalların birbirleriyle ve kafa pozisyonu ile olan açısal ilişkileri görülmektedir.

Makulalar-utrikulus ve sakkulusun yer çekimine göre başın dinamik pozisyonel algısındaki rolü:

Utrikulus ve sakkulusun iç yüzeyinde, çapı 2 mm 'den biraz daha büyük makula denen küçük bir duysal alan bulunur. Utrikulustaki makula esas olarak alt yüzeyde yatay plandadır. Kişi dik durduğu zaman yerçekiminin yönüne göre başın yönelimini tespit etmede önemli bir rol oynar. Öte yandan, sakkulustaki makula düşey düzlemde yerleşmiştir. Bu nedenle insan yatar durumdayken denge organı olarak çalışır. Her makula içerisinde statokonya adı verilen bir çok küçük kalsiyum karbonat kristallerinin gömülü bulunduğu jelatinimsi bir tabaka ile örtülüdür (Şekil-II-4). Makülada binlerce tüy hücresi bulunur. Bu hücrelerden jelatinimsi tabakanın içine kadar silyumlar uzanır. Tüy hücrelerinin tabanı ve yanları vestibüler sinirin duysal sinir uçlarıyla sinaps yapar. Statokonyanın özgül ağırlığı çevredeki sıvı ve dokuların 2-3 katı kadardır. Bu nedenle statokonyanın ağırlığı silyumları yerçekimi yönünde eğdirir.

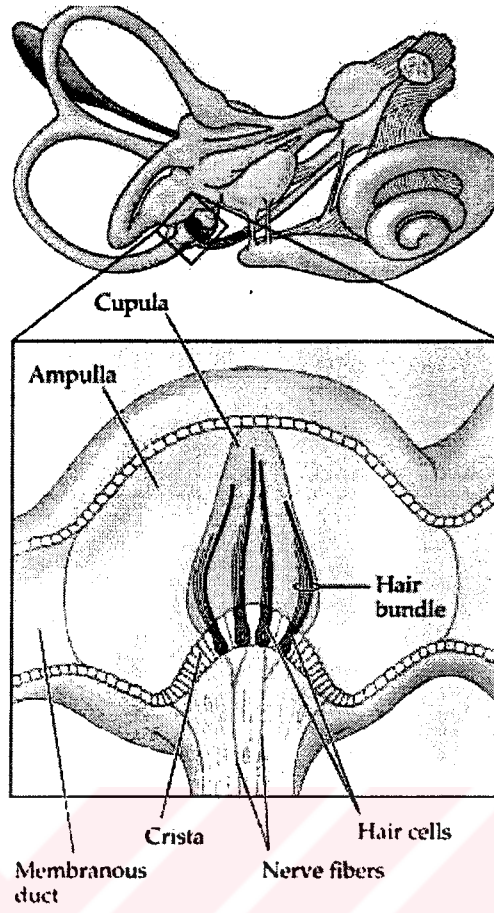
Tüy hücrelerinin yön duyarlılığı- Kinosilyumlar:

Her tüy hücresi stereosilyumlar denen 50-70 kadar küçük silyum ile büyük bir silyum olan kinosilyuma sahiptir. Kinosilyum daima bir kenarda bulunur ve stereosilyumlar hücrenin diğer tarafına doğru gittikçe küçülür. Elektron mikroskopunda bile ince iplikçik benzeri bağlar, stereosilyumun ucunu bir sonraki daha uzun stereosilyuma bağlar; sonuncusu da kinosilyuma bağlanır. Bu bağlardan dolayı stereosilyum ile kinosilyum birlikte kinosilyum yönüne eğildiğinde iplikçik şeklindeki bağlar stereosilyumları birbiri ardı sıra hücre gövdesinden dışa doğru çeker. Bu olay stereosilyumların tabanının çevresindeki membranda pozitif iyonları geçirecek birkaç yüz kanalı açar. Böylece hücreyi çevreleyen endolenften pozitif iyonlar akarak reseptör membranının depolarizasyonuna sebep olur. Bunun aksine silyumlar kümesinin karşı yönde (kinosilyumdan uzaklaşarak) eğilmesi bağlardaki gerilimi azaltır ve bu da iyon kanallarını kapatarak hiperpolarizasyona sebep olur^{2,22,30,39}.

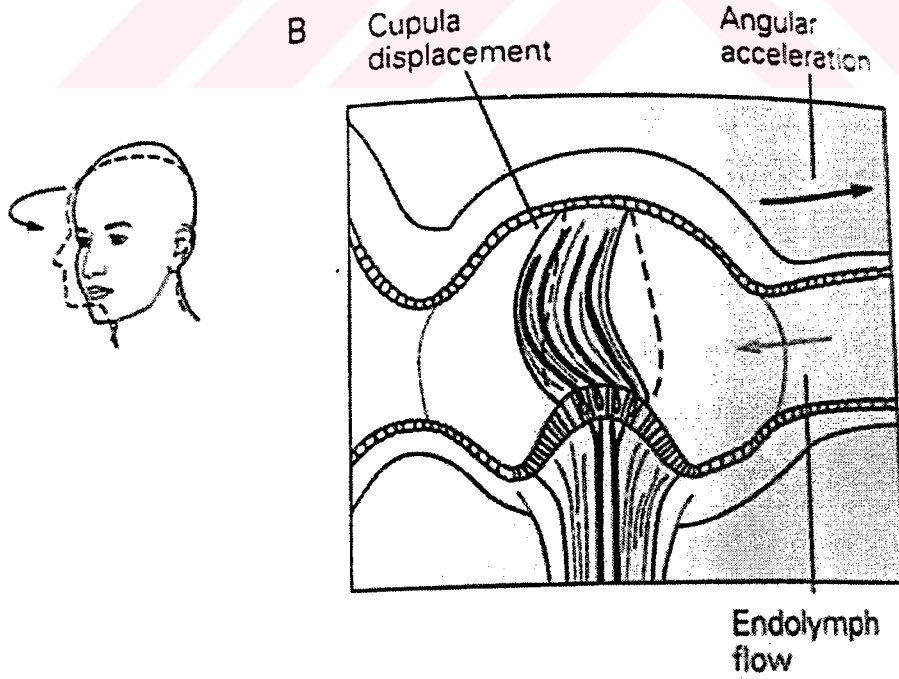
Her makuladaki tüy hücrelerinin her biri farklı bir doğrultuda uzanır. Bunun için bazıları baş öne, bazıları baş arkaya, bazıları da baş yana eğildiğinde uyarılırlar. Böylece başın her pozisyonu için, makuladan gelen sinir liflerinde farklı bir eksitasyon kalıbı oluşur. Başın yer çekimine göre yöneliminden beyni haberdar eden bu kalıplardır.

Semisirküler kanallar:

Her vestibüler organda, anterior, posterior ve lateral (horizontal) semisirküler kanallar uzayın üç düzlemini temsil etmek üzere birbirleriyle dik açı oluşturacak şekilde yerleşmişlerdir. Baş öne doğru 30 derece kadar eğildiğinde, lateral semisirküler kanallar yeryüzüne hemen hemen paralel duruma gelirler. Bu sırada anterior kanallar dikey planda fakat arkaya ve 45 derece dışa, posterior kanallar dikey planda fakat arkaya ve 45 derece dışa yönelik bulunurlar. Her semisirküler kanalın ucunda ampulla denen genişleme bölgeleri vardır. Kanallar endolenf denen vizköz bir sıvıyla doludur (Şekil-II-3B). Şekil-II-3A' da bu sıvının ampuller bölgeyi nasıl uyardığı gösterilmiştir.. Ampuller bölgede krista adı verilen küçük çıkıntıların tepesinde kupula adı verilen jelatinimsi bir kitle vardır. Endolenfatik sıvının kanaldan ampulaya akması, Şekil-II-3C' de gösterildiği gibi, kupulanın bir tarafa eğilmesine yol açar. Başın aksi yöne dönmesi kupulanın zıt yönde eğilmesine neden olur.



Şekil-II-3A: Kupulanın normal görünümü



Şekil-II-3B: Dönmenin başlangıcında kupulanın ve içindeki tüycüklerin hareketi (Eric R. Kandel)

Kupulanın içinde krista ampullaris boyunca yerleşmiş tüy hücrelerinden çıkan yüzlerce silyum vardır. Bütün bu tüy hücrelerinin kinosilyumları kupulanın aynı tarafına doğru yönelmiştir ve kupulanın bu yöne eğilmesi tüy hücrelerini depolarize ederken, karşı yöne eğilmesi hiperpolarize eder. Tüy hücrelerinden vestibüler sinir yolu ile uzayın üç düzleminde başın dönüş hızı ve yönündeki değişimler hakkında santral sinir sistemini haberdar eden sinyaller gönderilir^{2,22,30,39}.

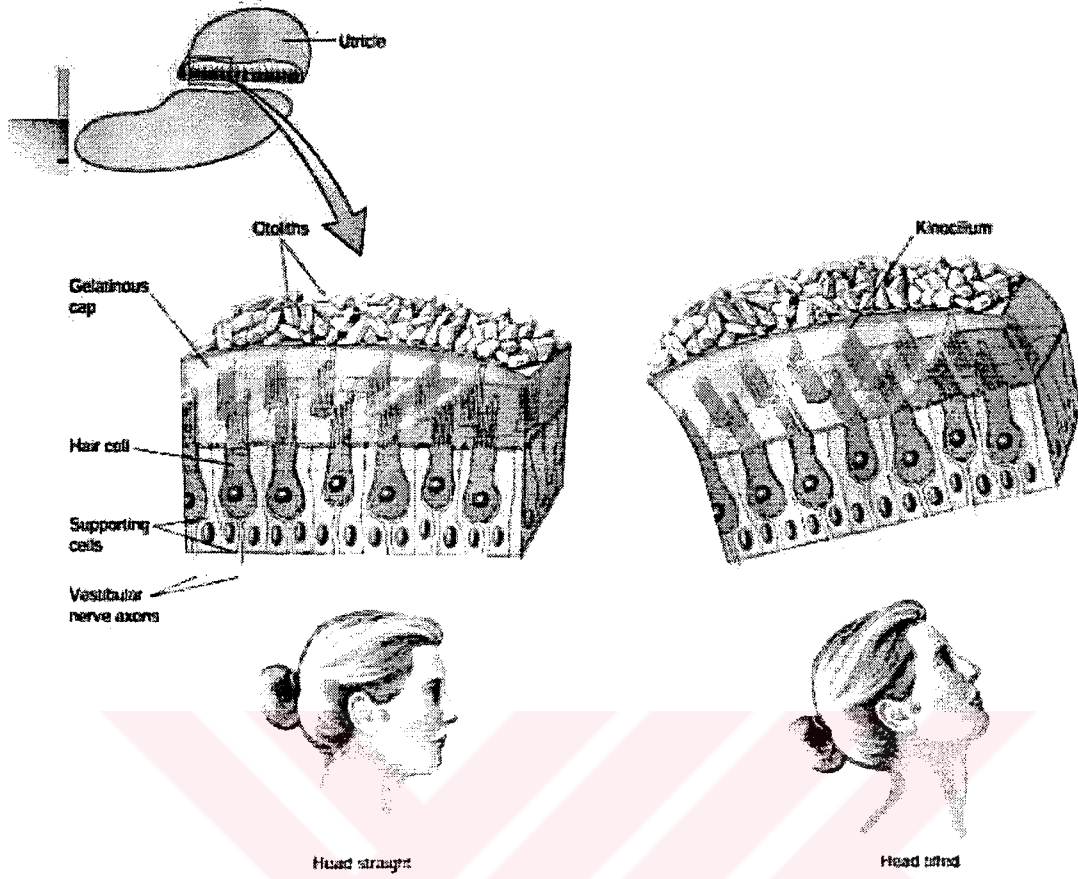
STATİK DENGİNİN KORUNMASINDA UTRİKULUS VE SAKKULUSUN İŞLEVİ

Utrikulus ve sakkulusun makuladaki farklı tüy hücrelerinin çeşitli yönlerde yönelmiş olması başın değişik pozisyonlarında farklı hücrelerin uyarılması açısından özellikle önemlidir. Farklı tüy hücrelerinin uyarılma kalıpları başın yerçekimine göre pozisyonunu santral sinir sistemine bildirir. Bunun üzerine, vestibüler, Serebellar ve retiküler motor sistemler uygun postürel kasları uyarıp dengeyi korurlar.

Utrikulus ve sakkulus sisteminin dengeyi koruma fonksiyonu baş dikeye yakın durumda iken son derece etkindir. Gerçektende baş dik durumdan biraz hafif eğilirse, insan yarım derecelik bir denge bozukluğunu bile algılayabilir.

Lineer akselerasyonun (doğrusal ivmenin) utrikulus ve sakkulusun makulalarıyla tespit edilmesi:

Gövde aniden ileriye doğru hamle yaptığında, yani ileriye ivme kazandığında etrafındaki sıvıdan özgül ağırlığı nedeni ile aynı yöndeki hareketi sınırlı olan statokonya, arkaya doğru tüy hücrelerinin silyumlarının üzerine düşer ve santral sinir sistemine dengenin kaybolduğu bilgisi taşınır (Şekil-II-4). Kişi arkaya doğru düşecekmiş hissine kapılır. Bu otomatik olarak kişinin öne eğilmesine yol açar ve bu ivme nedeniyle statokonyumların arkaya düşme eğilimi öne eğilme ile dengeleninceye kadar sürer. Bu noktada santral sinir sistemi tam denge durumunu algıladığından vücut öne doğru daha fazla eğilmez. Böylece makulalar doğrusal ivmelenme esnasında dengeyi tamamen statik dengedeki gibi korur.



Şekil-II-4: Kafa pozisyonuna göre kinosilyumların görünümü.

Makulalar doğrusal hızın tespitinde görev yapmazlar. Koşucular koşmaya başladıklarında ivme etkisiyle arkaya düşmemek için öne doğru çok fazla eğilmelidirler, fakat bir vakum içinde koşuyor olsalardı bir kere koşma hızına erişilince eğilmeye gerek kalmayacaktı. Rüzgarın varlığında koşulduğunda havanın vücuda olan direncini yenmek, dengeyi korumak için öne eğilmek gerekir. Bu durumda öne eğilmeyi sağlayan makulalar değil, uygun denge düzenlenmelerini başlatarak düşmeyi önleyen derideki basınç reseptörlerine havanın yaptığı basınçtır².

Dengenin korunmasında semisirküler kanalların 'önceden tahmin' fonksiyonu:

Semisirküler kanallar vücudun ileri yana veya arkaya doğru dengesini kaybettiğini algılamadığına göre şu soru akla gelebilir. Dengenin korunmasında semisirküler kanalların görevi nedir?. Bu kanalların tüm algıladığı, şahsın başının herhangi bir doğrultuda dönmeye başladığı veya durduğudur. Bu nedenle

semisirküler kanalların görevi statik dengeyi korumak veya doğrusal ivme esnasında yada kişi sürekli merkezkaç kuvvetlerine maruz kaldığında dengeyi korumak değildir. Yine de semisirküler kanallar görev yapmazsa kişi hızlı değişen karmaşık vücut hareketlerini yapmaya kalkıştığında denge yetersizliği görülür. Semisirküler kanalların fonksiyonu en iyi aşağıdaki örnek ile açıklayabiliriz. Kişi hızla ileri doğru koşarken ani olarak bir tarafa dönmeye başlarsa, önceden uygun düzeltme yapılmadıkça milisaniyeler içinde dengesini kaybeder. Utrikulustaki makula, denge bozukluğunu ancak ortaya çıktıktan sonra algılar. Öte yandan, semisirküler kanallar kişinin dönmekte olduğunu algılamış olduğundan bu bilgi, ön bir düzeltme yapılmadığı takdirde, milisaniyeler içinde şahsın dengesini yitirip düşeceği hakkında merkezi sinir sistemini bilgilendirecektir. Başka bir deyişle, semisirküler kanal mekanizması dengenin kaybolacağını denge kaybolmadan önce tahmin eder ve böylece denge merkezlerinin uygun önleyici ön-düzenlemeler yapmasını sağlar.

Serebellum flokkulonodular loblarının çıkarılması semisirküler kanallarının normal fonksiyonunu önler, fakat makula reseptörlerinin fonksiyonunu daha az etkiler. Bu bağlantıda özellikle önemli olan serebellumun, dengede olduğu kadar vücudun diğer hızlı hareketlerinin çoğunda da “tahmin edici” bir organ olarak görev yapmasıdır.

Gözleri stabilize eden vestibüler mekanizma

Kişi hareket yönünü ani olarak değiştirdiğinde veya başını yanlara, öne ya da arkaya doğru eğildiğinde bile, bakış yönünü sabit tutan bazı otomatik kontrol mekanizmaları olmasaydı, görüntüyü retinada sabit tutmak olanaksız olacaktı. Ayrıca, bakışlar net bir görüntü almaya yetecek bir süre cisme “sabit”lenmezse, görüntünün farkedilme olanağı azalacaktır. Başın aniden her çevrilişinde semisirküler kanallardan gelen sinyaller, gözlerin başın dönüş yönüne ters yönde ve aynı oranda dönmesini sağlar. Bunun sebebi vestibüler nükleuslar ile medial longitudinal fasikulus üzerinden oküler nükleuslara iletilen reflekslerdir.

SEREBELLUM

Temel olarak serebellum bir hareketten diğerine hızlı ve düzgün geçişte ve motor aktivitelerin zamanlamasında önemli rol oynar. Ayrıca agonist ve antagonist kas grupları arasında gerekli etkileşimin düzenlenmesini ve kas yükü değiştiğinde kas kasılma şiddetinin kontrolüne yardımcı olur. Serebellum beyindeki motor kontrol

alanlarından sürekli olarak, kas kontraksiyonları ve uyulması istenen programlar hakkında bilgiler alır. Ayrıca sürekli olarak vücudun periferik kısımlarından vücudun her parçasının durumunu, hareket hızını, etkilenecek kuvvetleri bildiren duysal girdiler alır. Serebellum, periferik duysal girdilerle beslenen feedback mekanizmalarla oluşmuş hareketler ile motor sistemlerde amaçlanan hareketleri karşılaştırır. Eğer yapılan hareket ile yapılması istenen hareket birbirlerine uymaz ise belirli kasların aktivasyon düzeylerini azaltıcı yada artırıcı uygun düzeltme sinyalleri geriye motor sisteme gönderilir.

Buna ek olarak, serebellum mevcut hareket henüz devam ederken sonraki ardışık hareketin, önceden planlanmasında motor kortekse yardım eder. Böylece bir hareketten diğerine geçişinin kesintisiz ve kusursuz olmasına katkıda bulunur. Serebellum kendi yaptığı hataları da öğrenerek düzeltebilme yeteneğindedir. Eğer bir hareket tam istediği gibi gerçekleşmezse Serebellar devreler bir sonrakinde daha güçlü veya daha zayıf hareket yapmayı öğrenirler.

Serebellar sistemin, bir çok refleks üzerine inhibitör veya eksitator etkisi olduğu bilinmektedir. Özellikle postural refleksleri kontrol etmede rol oynadığı kabul edilmektedir².

DENGE İLE İLGİLİ DİĞER FAKTÖRLER

BOYUN PROPRIOSEPTÖRLERİ.

Vestibüler aparey başın hareketlerini ve pozisyonunu hakkında afferent sinyalleri oluşturur. Santral sinir sisteminin gövdenin uzaysal konumu hakkında da bilgi alması gerekir. Bu bilgi, beyin sapı vestibüler ve retiküler nükleuslarına boyun ve vücuttaki proprioseptörlerden doğrudan ve serebellum yoluyla dolaylı olarak iletilir.

Dengenin korunması için gereken en önemli proprioseptif bilgiler boyundaki eklem reseptörlerinden taşınır. Boyundan gelen proprioseptif inputlar göz kafa ve vücut postürünün koordinasyonuna ve ayrıca uzaysal oryantasyonuna katkıda bulunurlar. Hatta bu görüşe dayanılarak servikal bir vertigo sendromunun olabileceği öne sürülmüştür.⁶ Boyun bölgesi denge kontrolüne (boyun proprioseptif afferentleri), kardiyovasküler kontrol sistemlerine (Karotid cisimcikleri) ve pür vasküler yapıların (karotid ve vertebral arter) kontrolüne direkt olarak katılan mekanizmalar içermektedir. Boyun hareketleri değişmez bir şekilde kafa hareketleri ile birliktedir. Dolayısıyla boyun hareketlerine eşlik eden sallanma veya vertigo gibi bulgular, vestibüler, vizüel, vasküler, nörovasküler veya servikoproprioseptif mekanizmalara

bağlı olarak gelişir. Kafa rotasyonunun algılanması vestibüler, proprioseptif ve vizüel reseptörlerle sağlanmaktadır. Servikal stimülasyon sonucunda kafanın döndüğü hissinin açık bir şekilde uyarılması için başlangıç olarak boyun proprioepsiyonunun rolüne bakmak gerekir. Kafa sabit tutturularak gövdeye rotasyon yaptırıldığında (gözler kapalı), başın döndüğü şeklinde bir his oluşacaktır⁸. Gövde rotasyonunun nistagmus oluşturduğu bazı patolojik durumlarda da bu geçerlidir (serebellar lezyonlarda⁹ ve bilateral vestibüler fonksiyon kaybı¹⁰).

Proprioepsiyonun en etkin olduğu yapılardan biri, kas içcikleri ile yoğun bir şekilde desteklenmiş olan derin intervertebral boyun kaslarıdır^{11,12}. Kafa veya gövdenin rotasyonunun algılanması, sadece vestibüler veya sadece boyundan gelen stimülasyonlarla sağlandığı zaman denge açısından hatalı sonuçlara yol açmaktadır. Vestibüler ve servikal stimuluslar kombine edildiği zaman, kafa ve gövdenin uzaydaki rotasyonları gerçek pozisyon doğruluğu ile algılanmaktadır^{8,13}. Vestibüler ve vizüel uyarılar postural düzeltmeleri sağlayabilmektedir. Ancak bu yanıtlar, kafanın pozisyon değiştirmesi ile yön değiştirmektedir¹⁴. Örneğin kafa sağa veya sola doğru 90 derecelik horizontal bir rotasyon yaptığında, horizontal kafa hareketleri ve vizüel görüntünün retina üzerindeki horizontal kayması başlangıçtaki laterale doğru olan vücut sallanmaları algısının sonradan öne ve arkaya doğru olan hareketler şeklinde algılanmasına neden olacaktır¹⁵. Yani sonuçta boyun hareketi ile oluşan sinyallerin diğer mekanizmalar ile kompensatuar olarak düzeltilmesi gerekecektir^{15,16}. Boynun unilateral elektriksel uyarılması¹⁷ subjektif olarak vertikal deviyasyona neden olabilmektedir. Kas içciklerinin primer uçlarını, kaslar geriliyormuşçasına uyararak boyun kasları vibrasyonu¹⁸ baş sallanması illüzyonuna ve vizüel hedefin hareket ettiği şeklinde güçlü bir illüzyonun oluşmasına neden olmaktadır¹⁹. Unilateral vestibüler lezyonlarda kas içciklerinden gelen inputlardaki artış asimetriktir, sadece etkilenen tarafla sınırlıdır ve haftalar içerisinde giderek artış gösterir²⁰.

Boyundan gelen inputların, otomatik reflekslerin oluşumunda önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir⁷. Boyun bükülüp baş bir tarafa eğilince, boyundaki proprioseptörlerden gelen impulslar, vestibüler organın insana denge bozukluğu hissettirmesini önler. Bunu, vestibüler apereyden gelen sinyallere tamamen zıt sinyaller ileterek yaparlar.

Vücutun Diğer Kısımlarından Gelen Propriyoseptif ve Eksteroseptif Bilgi.

Boynun yanı sıra vücutun diğer kısımlarından gelen propriyoseptif bilgi de dengenin korunmasında önemlidir. Örneğin ayak tabanlarından gelen basınç duyuları ağırlığın iki ayağa eşit olarak dağılıp dağılmadığını ve ayaklar üzerindeki ağırlığın daha önde veya daha arkada olup olmadığını bildirebilir².

Dengenin korunmasında görsel bilginin önemi

Vestibüler organın tahribinden ve vücuttan gelen propriyoseptif bilginin çoğunun kaybindan sonra bile, dengenin korunması için görsel mekanizmaları hala etkinlikle kullanılabilir. Vücutun hafif doğrusal veya dönme şeklindeki hareketi retinadaki görüntüyü ani olarak kaydırır ve bu bilgi denge merkezlerine aktarılır. Vestibüler organı tahrip olmuş bazı insanların gözleri açık olduğu ve bütün hareketler yavaşça yapıldığı müddetçe dengeleri neredeyse normaldir. Fakat hareket hızlı yapılır veya gözler kapatılırsa denge hemen kaybolur².

Merkezi sinir sistemi ile vestibüler organın sinirsel bağlantıları

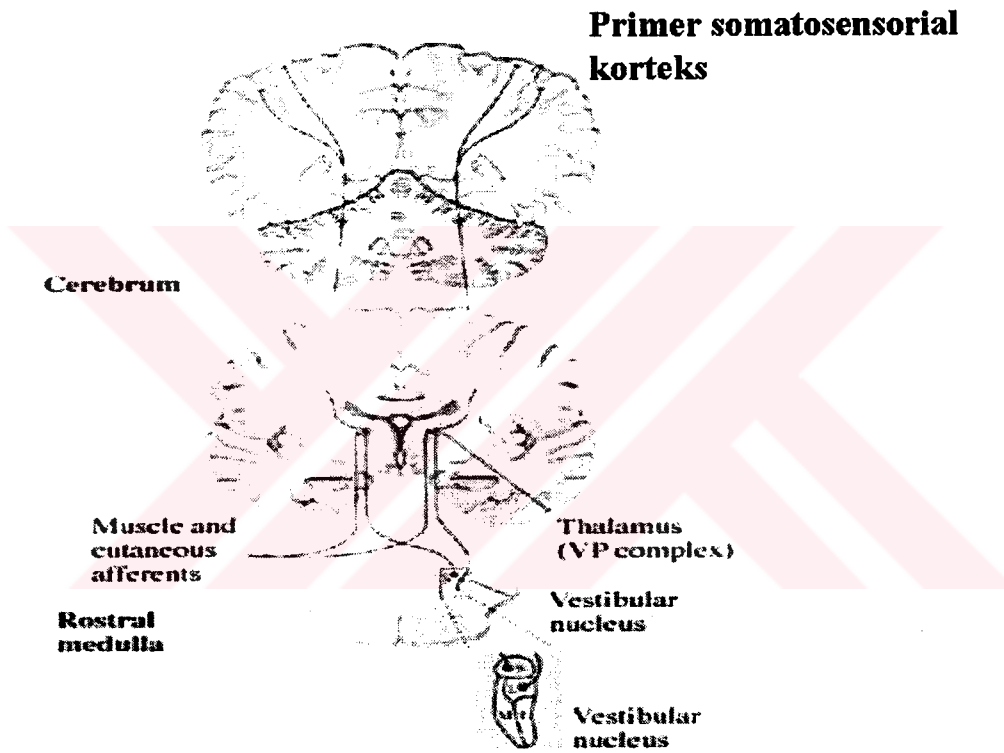
Vestibüler sinir liflerinin çoğu, yaklaşık olarak medulla ile ponsun birleştiği yerde bulunan vestibüler nükleuslarda sonlanır. Fakat bazı lifler sinaps yapmadan, beyin sapının retiküler nükleusları ile serebellumun fastigial nükleusları, uvula ve flokkulonodular loblarına geçerler. Vestibüler nükleuslarda lifler ikinci sıra nöronlarla sinaps yaptıktan sonra, serebelluma, vestibülospinal yollara, medial longitudinal fasikulusa ve diğer beyin sapı alanlarına, özellikle retiküler nükleuslara lifler yollarlar.

Denge reflekslerinin primer yolu vestibüler sinirlerle başlar ve sonra hem vestibüler nükleuslara hem de serebelluma geçer. Bundan sonra sinyaller beyin sapı retiküler nükleuslarına gönderildiği gibi vestibülospinal ve retikülospinal yollarla omuriliğe gönderilir. Sonra omuriliğe gelen sinyaller, antigravite kaslarındaki fasilitasyon ile inhibisyonun etkileşimini düzenleyerek dengenin otomatik olarak kontrolünü sağlarlar^{2,30}.

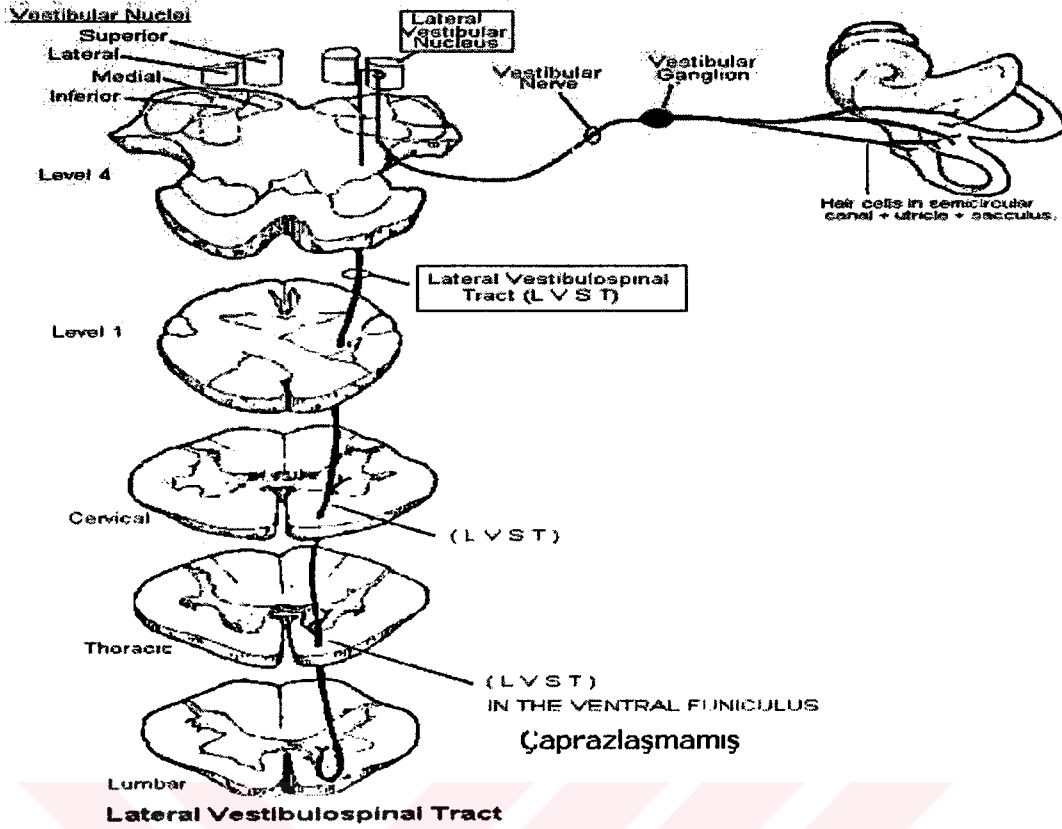
Serebellumun flokkulonodular lobu semisirküler kanallarından gelen denge sinyalleriyle ilgilidir; çünkü bu lobun tahrip edilmesi semisirküler kanallarının tahrip edilmesiyle ortaya çıkan klinik semptomların neredeyse tamamına sebep olur. Yani, bu yapılardan herhangi birinin şiddetli hasar görmesi, statik şartlarda dengeyi önemli ölçüde bozmaz, fakat hareketin doğrultusu hızla değiştiğinde denge

kaybına yol açar. Serebellum uvulasının statik dengenin korunmasında benzer şekilde önemli bir rol oynadığına inanılmaktadır^{2,30}.

Hem vestibüler nükleuslardan hem de serebellumdan kaynaklanıp medyal longitudinal fasikulus yoluyla beyin sapından yukarıya taşınan sinyaller, başın her dönüşünde gözlerin belli bir görsel cisimde sabitlenebilmesi için gözlerin düzeltici hareketlerine sebep olur. Yukarıya, beyin korteksine giden sinyaller (aynı yolla veya retiküler yollarla), parietal lobda sylvius fisürünün derinliklerinde, süperior temporal girusun işitme alanının bulunduğu fissürün karşı tarafında bulunan dengenin kortikal alanında sonlanır. Bu sinyaller vücudun denge durumunun algılanmasına yarar (Şekil-II-5).



Şekil-II-5: Vestibuler sistemin santral bağlantıları.



Şekil-II-6: Vestibüler sistemin spinal bağlantıları

Beyin sapının her iki tarafında bulunan vestibüler nükleuslar dört tanedir (Şekil-II-6):

1-Süperior

2-Medial vestibüler nükleuslar, sinyallerini başlıca semisirküler kanallarından alırlar. Medial longitudinal fasikulusa göz hareketlerini düzeltici sinyaller ve medial vestibülospinal yola da boyun ve başın uygun hareketini sağlamak için çok sayıda sinyal gönderirler.

3-Lateral vestibüler nükleus, invazyonunu esas olarak utrikulus ve sakkulus sağlar. Statik vücut hareketini kontrol etmek için lateral vestibülospinal yolla omuriliğe çıkış sinyalleri iletilir.

4-Inferior vestibüler nükleus, semisirküler kanalları ile utrikulustan sinyal alır. Hem beyin sapının retiküler formasyonuna hem de serebelluma sinyal gönderir^{2,30}.

III.BÖLÜM: BOYUN PROPIOSEPTÖRLERİ VE REFLEKSLER

Hareketin düzenlenmesinde somatik duysal girdilerin önemine ilk kez Sherrington (1906) dikkati çekmiştir. Sherrington' a göre cilt ve kaslarda bulunan reseptörlerden gelen somatik duysal girdiler basit refleksler, stereotipik hareketler, kompleks hareketlerin oluşumunda yer alır. Bu görüş içinde kompleks hareketlerin duysal afferentlerin özellikle önemli olduğu basit reflekslerin birleşmesi ile oluştuğu düşünülmüştür. Son yıllarda duysal girdi olmadan da birçok komplike hareketin oluşturabileceği gösterilmiştir^{21,22}.

Kas içciklerinden ve tendon organlarından kaynaklanan uyarılar, kalın myelinli hızlı ileten Ia lifleri tarafından taşınırlar. Fasialar, eklemler ve daha derin bağ dokusu tabakalarından kaynaklanan diğer propriosepsiyon uyarıları ise daha ince myelinli olan liflerle taşınır. Az sayıda propriyoseptif uyarı serebral kortekse ulaşarak bilinçli olarak algılanır. Çoğu proprioseptif uyarı ise geri beslemeli devrelerde ve servosistemlerde dolaşır ve bilinç düzeyine ulaşmaz. Bunlar, istemli ve diğer hareketlere temel olan reflekslerin ve yer çekimine karşı oluşan statik reflekslerin öğeleridir.

Boyun Refleksleri :

1.Serviko-kollik boyun refleksleri

2.Vestibulo-kollik boyun refleksleri afferent sistemlerine göre 2'ye ayrılır.

Refleks arkını boyun kas proprioseptörlerinin oluşturduğu başlıca iki refleks mevcuttur.

a-Postural boyun refleksleri

b-Servikooküler refleksler¹⁰

Boyun hareketleri ile oluşturulabilen gövde refleksleri de mevcuttur. Mangus tarafından tanımlanan tonik boyun refleksleri²³, ekstremité kaslarını asimetrik bir şekilde innerve etmektedir. İnsanlarda tonik postural boyun refleksleri sadece yeni doğanda açığa çıkartılabilir. Örneğin kafa rotasyonu sonucunda ipsilateral fleksiyon ve kontrilateral ekstansiyon meydana gelmesi yani "Eskrim postürü" meydana gelmesi gibi.

Boyun propriyoseptif duysal girdileri sadece vücut postürünü düzenlemekle kalmaz aynı zamanda servikokollik refleksler yoluyla kafanın gövdeye göre pozisyonunun korunmasına yardımcı olur^{24,25}. Sağlıklı insanlarda boyun refleksleri, multisensoriyel intersegmental, postural kontrol mekanizmalarının bir parçasını

oluşturmaktadır. Bu durum klinisyenlerin basit postural manevralar yardımı ile boyun fonksiyonlarını selektif bir şekilde değerlendirebilmelerini engellemektedir.

Tavşanlarda tonik serviko-oküler reaksiyonları ilk olarak tespit eden kişi Barany olmuştur²⁶. Söz konusu reaksiyonlar gövdenin, kafaya göre göreceli şekilde hareket etmesi sonucunda ortaya çıkmaktadır. İnsanda tonik boyun-göz refleksleri sadece yeni doğanda veya nadiren yaygın ve ileri santral sinir sistemi lezyonları olan hastalarda bu tür refleksler görülebilmektedir. Bikles ve Ruttin iki taraflı tam vestibüler kayıp gelişen hastalarda, kafa rotasyonları sonucunda nistagmus geliştiğini ilk olarak bildiren kişilerdir. Bu yazarlar söz konusu nistagmusu, boyun eklemlerinden gelen sensoriyal inputlara atfetmişlerdir^{27,28}. Serviko-oküler refleksle ilgili olarak yapılan ve kafanın gövdeye göre sabitlendiği durumda gövdenin rotasyon yaptırmasıyla gelişen yanıtları inceleyen daha yeni çalışmalar, normal insanlarda bu refleksin zayıf olduğunu göstermektedir⁹. Ancak bazı normal olgularda yavaş bir nistagmus ortaya çıkabilmektedir. Akkiz vestibüler kayıplarda, adaptasyon amacıyla bu refleks artış göstermekte ve bu nedenle, insanlarda ve maymunlarda vestibulo-oküler refleks defisitinden doğan eksikliğin yerini almaktadır. Hayvanlarda subokspital kasların transvers kesisi, C1-C3'ün cerrahi olarak de-aferentasyonu veya subokspital anestezi sonucunda lokomotor ataksi meydana gelmektedir. İnsanlarda derin posterolateral boyun dokusunun lokal anestezisi geçici bir şekilde ipsilateral tarafta artmış, kontrilateral tarafta ise azalmış extensor kas tonusu ortaya çıkmakta ve bunun sonucunda düşme ve yürüme deviasyonlarına neden olmaktadır. Kısacası servikal köklerin veya servikal kasların anestezisi veya kesisi sonucunda somatosensorial inputlarda bir asimetri ortaya çıkmasından dolayı boyun afferentlerinin unilateral irritasyonu veya defisiti servikal tonus dengesizliğine neden olur ve bunun sonucunda vestibüler ve boyundan gelen inputların entegrasyonu bozulur.

Kas gruplarına göre refleksler

1-Myotatik (ekstansör) refleksler. Ekstansör kasları ilgilendiren onların boylarını kısaltan reflekslerdir.

2-Fleksör (savunma) refleksler. Savunmaya yönelik fleksör kaslarda çekme şeklinde ve onların boyunu kısaltan reflekslerdir. Fleksör reflekste ekstremité ağırlı uyarandan uzaklaştırılır ve ağırlıkla fleksör kaslar çalışır. Organizmanın savunma mekanizmalarından biridir çünkü farklı kas grupları birlikte çalışarak ekstremitéyi

ağrılı/zararlı uyarandan uzaklaştırır. Fleksör refleksler sıklıkla spinal kord lezyonlarından sonra oluştuklarından, spinal kord orjinli kabul edilebilir.

Duysal sinyal, farklı polisinaptik yollardan hem uyarılan ekstremitenin fleksör kaslarını innerve eden motor nöronları uyarır, hem de aynı ekstremitenin ekstensör kaslarını innerve eden motor nöronları inhibe eder.

Bu refleksler resiprokal innervasyonla periferik gereksinime göre modüle edilirler. Bu reflekslerin oluşumunda la inhibitör ara nöronlar rol alır, ekstensör kas kasılırken fleksör kasın kasılması engellenir. Kas içciklerini gama motor nöron innerve ederken, ektrafuzal lifleri alfa motor nöron innerve etmektedir. Beta motor nöronların hem intrafuzal lifleri hem de ektrafuzal lifleri innerve ettikleri sanılmaktadır. Alfa ve gamma nöronlar antagonistik bir ilişki içinde çalışırlar. Alfa motor nöron eksite olunca ilgili kas kasılırken, gamma motor nöron eksite olunca kasın kasılma hareketini durdurur. Kasılma devam ederse tendon çevresindeki golgi cisimcikleri grup la afferentleri aracılığı ile ekstensör motor nöronu inhibe ederken, fleksör motor nöronu eksite eder ve hareketin sınırlandırmasını sağlar^{2,22}.

Servikal proprioseptif, vestibüler duyumlar kafa ve genel vücut dengesi için oldukça önemlidir. Dolayısıyla bu bölgeden kaynaklanan ve refleks arkı bozan herhangi bir lezyonun kafa stabilizasyon refleksi ve diğer beyin sapı reflekslerini etkilemesi beklenen bir durumdur.

REFLEKSLER

Refleks, uygun bir stimulusa spesifik ve stereotipik bir motor cevaptan oluşan durum olarak tanımlanır²⁹. Refleksler, santral motor emirlerle entegre edilip adaptif hareketleri oluşturur. Refleksler çevresel ve santral etkilere göre modifiye edilebilir. Bu esneklik sayesinde refleksler, santral emirlerle başlatılan karmaşık hareketlerle düzgün bir şekilde birleştirilebilir. Bu entegrasyonun ana prensipleri şunlardır:

1)-Refleks yollardaki ileti motor işe göre belirlenir. Bir refleksin herhangi bir iş ile ilgili durumuna "fonksiyonel program" denir. Fonksiyonel programların nasıl belirlendiği tam bilinmemektedir.

2)-Lokalize bir kaynaktan gelen duysal girdiler genellikle birçok kasta refleks yanıtlar oluşturur, bunların bazıları uyarandan çok uzakta olabilir. Bu farklı bölgelerdeki aktivite belirli bir amaca ulaşmak için koordine edilir.

3)-Supranükleer merkezler beyin sapı ve omurilik reflekslerinin modülasyon ve adaptasyonunda önemli rol oynarlar, hatta bazı durumlarda hareketleri tersine bile döndürebilirler.

Germe refleksleri kas boyunun uzatılması sonucu ortaya çıkar. Önceleri germe reflekslerinin kasların intrinsek bir özelliği olduğu düşünülmüştür. Ancak 19. yüzyıla girerken Sherrington ön veya arka kökler kesildiğinde germe refleksinin ortadan kalktığını göstererek refleks için kastan spinal korda giden duyumların ve spinal kordtan kasa dönen motor emirlerin gerekli olduğunu kanıtlamıştır. Bugün kasın uzunluk değişikliğinin kas içiği ile saptandığını ve bu reseptörden kalkan afferent liflerin motor nöronlar ile direkt eksitator bağlantılar yaptığını biliyoruz.

Sherrington'un refleksleri araştırmak üzere geliştirdiği modelde (deserebrasyon modeli) kedilerde beyin sapı orta beyin seviyesinde, kollikulus superior ve inferior arasından kesilmiş, bu sayede hem ağrı, hem de yüksek merkezlerin refleksler üzerindeki düzenleyici etkisi ortadan kaldırılmıştır. Sherrington, deserebre kedide rijid olarak ekstansiyonda bulunan bir bacağı pasif olarak fleksiyona getirmek istendiğinde gerilen kaslarda kasılmanın arttığını fark edip bunu "germe refleksi" olarak isimlendirmiştir. Sherrington aynı zamanda gerilen kasların antagonistlerinin gevşediğini de fark ederek, germe uyarınının aynı kasta uyarılmaya yol açarken diğerlerinde inhibisyon yaptığı sonucuna varmış ve bu durumu resiprokal innervasyonla açıklamıştır.

Serebral korteks ve diğer yüksek merkezler sürekli olarak germe reflekslerinin gücünü düzenlerler. Kas içcikleri, füsiform, kapsüllü, kasın içinde bulunan duyu reseptörleridir ve kasın uzunluk değişikliklerini saptarlar.

Kas içcikleri 3 bölümden oluşur:

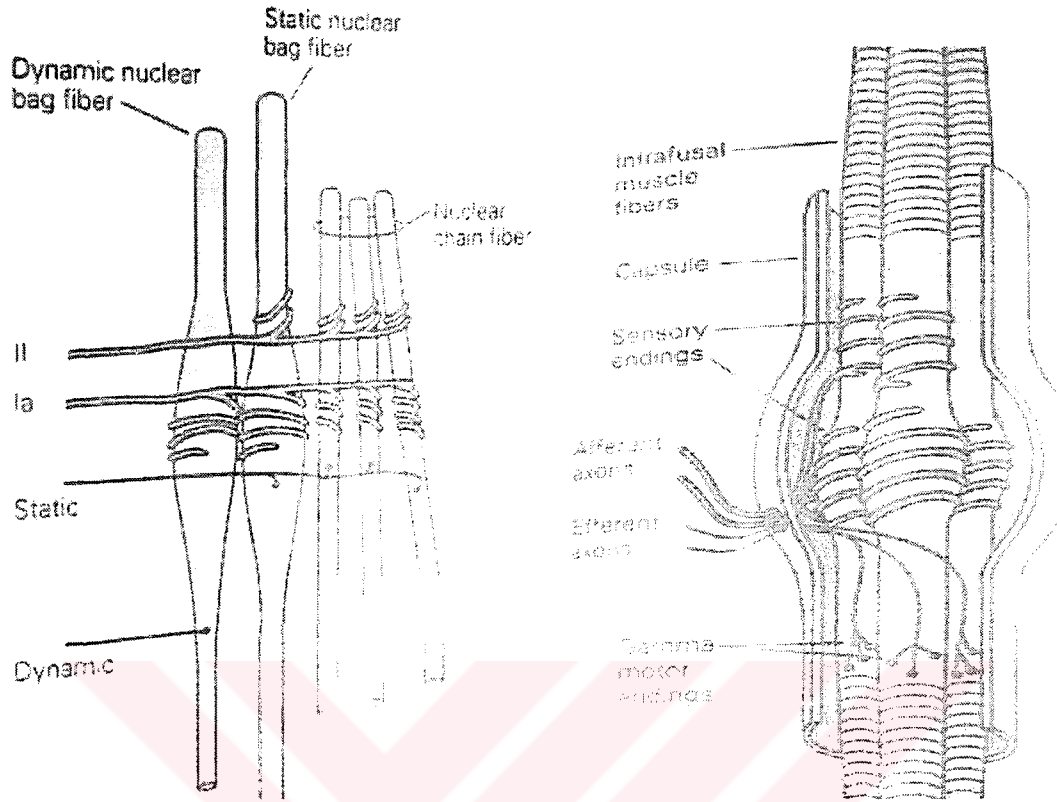
1.Orta bölge (ekvatoryal bölge) kontraktil olmayan, özelleşmiş intrafüzal kas lifleri

2.Intrafüzal liflerin orta kısımlarından kalkan büyük çaplı, miyelinli duysal sonlanmalar.

3.Intrafüzal liflerin kontraktil olan kutup bölgelerini innerve eden küçük çaplı, miyelinli motor sonlanmalar.

Intrafüzal lifler gerildiğinde (kas içiği yüklendiğinde) duysal sonlanmalar da gerilir ve ateşlenme frekansları artar. Kas içcikleri ektrafüzal liflere paralel yerleştikleri için, tüm kasın uzunluk değişiklikleri kas içiğine aynen yansır. Böylece,

bir kas lifi gerildiğinde, kas içciklerinde duysal sonlanmalarda aktivite artışı olur. Kas kasıldığında içciklerin yükü ve dolayısıyla aktivitesi azalır (Şekil-III-3A ve Şekil-III-3B).



Şekil-III-3A ve 3B: Kas spindlları ve infrafusal lifler.

Inhibitör ara nöronların reflekslerin koordinasyonunda özel rolleri vardır. Refleks yollardaki diverjans duysal girdileri büyütür ve kas kontraksiyonlarını koordine eder. Omurilikteki ve beyin sapındaki tüm refleks yollarda afferent nöronlar diverjans gösteren bağlantılar yapmaktadır. Örneğin fleksiyon-geri çekilme refleksi için bu tür bir düzenleme olması şarttır. Ciltte küçük bir bölgenin uyarılması çok sayıda kasta ve koordine kontraksiyonlara yol açar.

Lorne Mendell ve Elwood Henneman tek bir Ia lifinden gelen aksiyon potansiyellerin spinal motor nöronlarda nasıl ve ne nicelikte yayıldığını bilgisayar ortamında araştırdılar. Kedilerdeki hayvan modelinde medial gastroknemius kasının motor nöronlarının ve tek bir Ia aksonunun tüm homonim motor nöronlarla eksitator sinapslar yaptığını gördüler⁴². Gözlemlerinde yaygın diverjans sinyalinin büyüyerek aynı kasta kuvvetli eksitasyona yol açtığını gördüler (otojenik eksitasyon).

Grup Ia lifleri sinerjist kasların motor nöronlarını da innerve eder (bazen sinerjist kas motor nöronlarının %60'ını). Bu bağlantılar, yaygın olmakla birlikte

homonim kasın motor nöronlarına olan bağlantılar kadar kuvvetli değildir. İstemli hareketlerin kontrolünde, inen yolların bağlantıları ile germe refleksindeki agonist ve antagonistlerin resiprokal innervasyon özelliğinden yararlanıldığına yukarda değinilmişti. Bu nedenle, germe refleksindeki paternin, refleks sırasında olduğu kadar diğer hareketlerde de kaslar arasındaki ilişkilerde belirleyici olduğu söylenebilir.

Ara nöronlara olan girdilerin konverjansı, refleks yanıtların esnekliğini artırır. Omurilik ve beyin sapındaki ara nöronlar üzerine çok farklı kaynaklardan gelen bilgilerin konverjansı söz konusudur. Yaygın konverjans alan nöronların içinde en çok araştırılanı Ib inhibitör ara nöronlardır. Bunlar temel girdilerini kas gerilimine duyarlı olan Golgi tendon organlarından alırlar.

Intrafüzal kas liflerinin motor innervasyonunu küçük çaplı gamma motor nöronları sağlar. Intrafüzal liflerin kasılması kasın kontraktıl gücüne katkıda bulunmaz. Gamma efferent deşarj, intrafüzal liflerin polar bölgelerini kasar ve kontraktıl olmayan orta bölge, iki ucundaki kontraktıl polar bölgeler kasıldığı için, gerilir. Bu durumda orta bölgedeki duysal sonlanmalar uyarılmaya daha duyarlı hale gelirler. Bir bakıma, gamma motor nöronlar içcik duyarlılığını düzenler. Hem primer hem sekonder sonlanmaların tonik deşarjı, kasın sabit bir uzunlukta tutulduğunu bildirir. Buna ek olarak, primer sonlanmalar gerilim hızındaki değışimlere çok duyarlı oldukları için, hareketlerin hızı hakkında bilgi iletirler. Küçük değışikliklere duyarlı olduklarından, primer sonlanmalar kasların uzunluğundaki ani ve beklenmeyen değışiklikler hakkında süratle bilgi sağlarlar ve bu sayede gerekli düzeltmelerin yapılması mümkün olur. Bir kastan kalkan la lifleri sadece o kasın motor nöronlarını (homonim bağlantılar) değil, benzer mekanik etkiler oluşturacak olan kasları da innerve eder (heteronim bağlantılar). Intrasellüler kayıtlamalarla, agonistik kasları innerve eden alfa motor nöronların, la liflerinden, la inhibitör ara nöronları denen özel bir grup inhibitör ara nöron aracılığı ile inhibisyon girdileri (input) aldığı gösterilmiştir. İşte bu disinaptik inhibitör yolak resiprokal innervasyonun temelini oluşturur³⁹.

Refleksler sinaps sayılarına göre sınıflandırılabilir:

1-Monosinaptik refleksler

2-Polinaptik refleksler

1-Monosinaptik refleksler:

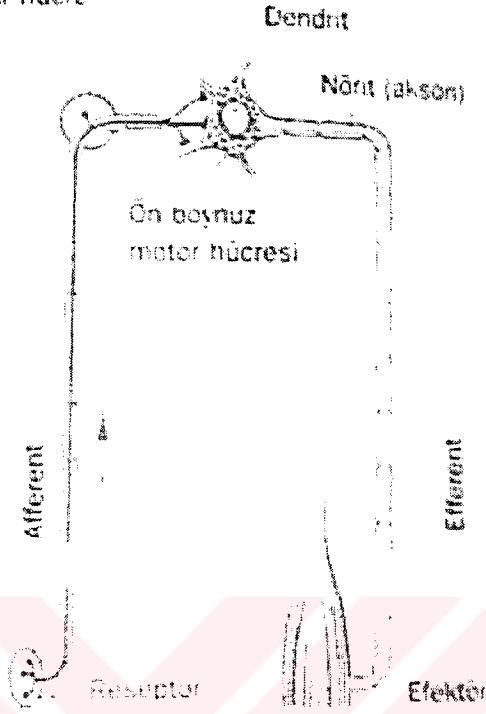
Sinir-kas iciğinden gelen kalın bir afferent lif arka kök giriş zonunda blnerek, lifin bir kısmı n boynuzdaki bir nöronla direkt olarak ilişkiye girer. Bu nöron n boynuz gri cevherinde yerleşmiş olan bir alfa motor nörondur ve efferent bir çıkış lifi verir. Bu efferent motor lifler spinal kordu spinal n kökler yoluyla terk eder ve iskelet kasına giden periferik sinire katılır. Sonuç olarak afferent ve efferent lifler, kas içciklerinden alfa motor nörona ve oradan geriye iskelet kasına dönen bir ark oluştururlar. Sinapslar aracılığıyla birbiriyle ilişki kuran iki nörondan oluşan bu ark basit *monosinaptik refleks arki*' nı oluřturur³⁰. (şekil-III-1A).

Monosinaptik proprioseptif refleks:

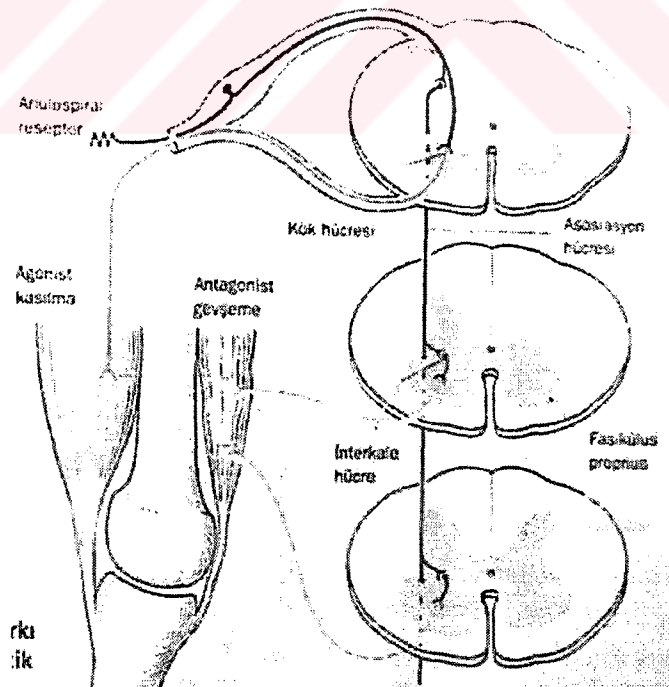
Her kas, kasın uzunluğunu kontrol altına tutma görevi olan gerilme reseptörlerinden çok sayıda içerir. Bu reseptörler infrafüzal denen farklılaşmış kas liflerinden ve nükleer kese denen her biri santral veya ekvatorial bölgelerde 40-50 sferik nükleus içeren kese benzeri yapılardan yapılmıştır. Intrafüzal lifler ektrafüzal liflerden daha incedir. Nükleer kese ve nükleer zincir olarak gruplanırlar³⁰. Genellikle bir icik, iki nükleer kese ve 4-5 nükleer zincir lifi içerir. Hem ektrafüzal hem de intrafüzal kas lifleri motor liflerle inerve edilirler. Intrafüzal olanlar n boynuzdaki büyük motor nöronlarının yanındaki daha küçük nöronlardan gelen gamma lifler (fusimotor lifler) aracılığıyla inerve edilirler. Her bir iciğın nükleer kesesi, ince duysal sinir lifi ağı olan anulospiral sonlanmalar tarafından sarılmıştır. Bu sonlanmalar, kasın gerilmesine son derece duyarlıdırlar. Bu nedenle, bir icik, kası sabit uzunlukta tutma görevi olan bir gerilme reseptörü olarak kabul edilir. Ektrafüzal kas lifleri istirahatte iken belli bir uzunluktadır. Organizma bu uzunluğı daima sabit tutmaya çalışır. Kas gerildiğı zaman icikte gerilir. Anulospiral sinir sonlanmaları, oluşan aksiyon potansiyelleri ile bu gerilmeye hemen yanıt verir. Aksiyon potansiyelleri, hızlı-iletlen, afferent la lifleri aracılığı ile spinal kordtaki bütün motor nöronlara gider ve burada yine hızlı-iletlen kalın alfa-1 efferent lifler aracılığı ile kasın ektrafüsal liflerine geri döner. Kas kasılarak asıl uzunluğunu yeniden sağılar. Kasın herhangi bir nedenle gerilmesi hemen bu mekanizmanın çalışmasını başlatır. Bir kasın tendonuna hafif bir vurma homonim kası gerer. Icikler bu gerilmeye hemen yanıt verir. İmpulslar n boynuz motor nörona iletirler ve nöron hemen kısa bir kontraksiyonu sağılamak üzere ateşlenir. Bu monosinaptik refleks bütün proprioseptif reflekslerin temelidir. Bir refleks

arkı için spinal kordun 1-2 segmentinden daha fazlası gerekmez. Bunun bir lezyonun yerleşimini saptamada önemli tanısal değeri vardır^{22,30}.

Spinal gangliyondaki
psödounipolar hücre



Şekil-III-1A : Basit monosinaptik refleks arkı (Peter Duus)



Şekil-III-1B: Monosinaptik refleks arkı ve antagonistler üzerine polisınaptik inhibe edici etki (Peter Duus)

Ön boynuzdaki büyük alfa motor nöronlar, daha küçük olan gamma motor nöronlar ile yan yana yol alırlar. Çok ince olan gamma lifler, gamma nöronlardan intrafusal kas liflerine doğru uzanır. Gamma liflerle taşınan uyarılar, içiğin her iki ucundaki intrafusal kasların kontraksiyonuna yol açarak orta kısmının gerilemesine sebep olur. Bu değişiklik anulospiral sonlanmalarla algılanır. Anulospiral sonlanmaların aksiyon potansiyelleri kasın gerginliği ile artar. Gamma motor nöronlar, santral sinir sisteminin rostral kısımlarından çıkan piramidal, retikülospinal ve vestibulospinal gibi inisi motor sistemler denem yolakların etkisi altındadır. Bu sistemler beynin spinal düzeyde belirlenen kas gerginliği üzerinde direkt etkin olmasını sağlar.

Gamma liflerin efferent etkisi, istemli hareketlerin amaçlarına uygun olarak değiştirilmesine ve hassas olarak ayarlanmasına yardım eder. Efferent gamma etki sayesinde, gamma nöron-iğcik sistemi olarak isimlendirilebilen sistem aracılığıyla gerilme reseptörlerinin yanıtını düzenlemek mümkündür. Intrafusal kasların kontraksiyonu gerilme reseptörlerinin aksiyon eşiğinin düşmesine sebep olur; diğer bir deyişle kasların kendilerindeki hafif bir gerginlik gerilme reseptörlerinin aktivasyonuna sebep olur. Normal koşullarda kasların uzunluğu bu refleks arkı yoluyla sağlanan fusimotor inervasyon ile otomatik olarak ayarlanır. Eğer primer ve sekonder reseptörler yavaşça gerilirse, iğcik reseptörlerinin yanıtı statiktir. Eğer gerilme hızlı ise yanıt kuvvetli ve dinamiktir. Hem statik hem de dinamik tepkiler, efferent gamma nöronlar tarafından kontrol edilirler.

İki tip efferent gamma motor nöron olduğu sanılıyor. Bunlardan birincisi intrafusal nükleer kese liflerini inerve eden gamma dinamik hücreler, ikincisi çoğunlukla intrafusal nükleer zincir liflerini uyaran gamma statik hücrelerdir. Nükleer kese liflerinin gamma dinamik nöronlar tarafından uyarılması, kuvvetli bir dinamik yanıt oluşturur. Tersine gamma statik nöronlar intrafusal nükleer-zincir liflerini uyardıklarında, statik ve tonik bir yanıt oluşturacaktır.

Proprioseptif refleksler hem istemli, hem otomatik hareketlerin düzenlenmesinde önemli rol oynarlar. Tüm hareketler kas, eklem ve ciltteki reseptörleri uyarırlar. Vücudun kendi hareketlerinden kaynaklanan duysal sinyaller Sherrington tarafından "proprioseptif duyum" olarak adlandırılmıştır. Sherrington bu sinyallerin normal hareketleri önemli oranda belirlediğini öne sürmüştür. Proprioseptif sinyaller aynı zamanda sürmekte olan hareketler sırasında da hareketin oluşmasına

katkıda bulunurlar. Son yıllarda, sensoriyel polinöropatisi olan hastalarda yapılan araştırmalar bunu kanıtlamaktadır. Bu hastaların uzanma hareketlerinde anormallikler vardır ve kollarını duruma uygun pozisyona getirmekte zorlanırlar, çünkü koldan gelen proprioseptif sinyaller olmadığı için kolun karmaşık düzendeki hareket paterni sırasında gerekli kompanzasyon yapılamaz.

Proprioseptif reflekslerin istemli hareketlerin düzenlenmesindeki temel fonksiyonu, vücut ve ekstremitelerin biyomekaniksel durumuna göre motor çıktıları düzenlemektir. Bu sayede, hareketin gelişmesi sırasında koordine bir hareket paterninin oluşturulması gerçekleşebilir, ve motor çıktılardaki intrinsek değişkenlik kompanse edilebilir.

Ekstremitte kaslarını içeren refleksler spinal ve supraspinal yapılar tarafından kontrol edilirler: Ekstremitelerle ilgili refleksler üzerinde, paralel davranan çeşitli spinal ve supraspinal yollar etkiye bulunur.

Ani, bir dirençle karşılaşan bir spinal segmental refleks veya istemli hareket elektromyografik olarak kayıtlı olduğunda iki tür yanıtla karşılaşılır:

M1 yanıtı: Kas içciklerinin afferentlerinden spinal motor nöronlara giden monosinaptik bağlantılarla oluşturulur.

M2 yanıtı: Yine refleks bir yanıttır, çünkü oluşma zamanı istemli reaksiyon zamanından kısadır.

M2 yanıtı hemen tüm ekstremitte kaslarında gözlenmektedir. Distal kaslarda M2 yanıtları motor korteksi de içeren yolların etkisiyle oluşur. Bu yanıt bazen gövdenin 2 tarafındaki ekstremitelerde eş zamanlı elde edilebilir.

Duysal sinyaller omurilik refleks yollarında ve uzun halkalı, supraspinal merkezleri de içine alan refleks yollarında refleks yanıtlar oluştururlar. Hızlı ileten Ia lifleri, nükleer kese ve nükleer zincir liflerinin primer sonlanmalarından gelen aksiyon potansiyellerini santral yönde iletirler. Çoğu kas içiği özellikle de nükleer zincir lifleri, sadece primer sonlanmalara sahip değildir. Aynı zamanda “flower-spray terminal” denen sekonder sonlanmaları da vardır. Bu sonlanmalarda gerilme uyarılarına yanıt verirler ve aksiyon potansiyellerini resiprokal etkileri olan ara nöronlarla bağlantı kuran ince grup-II lifleri aracılığı ile fleksör veya ekstensör kasları aktive ederler ve aynı anda da bu kasların uygun olan antagonistlerini de inhibe ederler. Kas içikleri ve golgi tendon organları aktif ve refleks olarak oluşan kontraksiyonlar sonucunda ortaya çıkan homonim kaslardaki gerilmeye, bir veya iki ara nörondan geçen inhibitör uyarılar ile yanıt verirler²².

Golgi Tendon Organları: Kas lifleri ile tendon arasında yer alan duyu reseptörleridir. İskelet kası liflerine seri bağlanmışlardır. Yaklaşık 1 mm uzunluğunda ve 0.1 mm çapında ince, kapsüllü reseptörlerdir.

Her tendon organından tek bir grup Ib aksonu kalkar. Bu duysal lif kapsüle girince miyelinini kaybeder ve birçok dala ayrılır; bu dalların her biri bağ dokusundan oluşan, adeta örülmüş görünümdeki fasiküllerin arasına dağılır. Tendon organının gerilmesi kollajen liflerini düzleştirir, böylece arada kalan duysal sonlanmalara bir basınç uygulanmış olur ve ateşleme oluşur. Serbest sinir uçları kollajen lif demetlerinin arasında yaygın olarak dağılmış olduğu için tendon organlarına uygulanan en küçük bir gerilme sinir sonlanmalarını deforme eder. Kas içcikleri kasın uzunluğundaki değişikliklere duyarlı olduğu halde, tendon organları kasın gerilimindeki değişikliklere en duyarlıdır. Tendon organı için en etkin uyaran reseptörün bağlı bulunduğu kas liflerinin kasılmasıdır²².

Daha sınırlandırılmış durumlarda yapılan çalışmalar, tendon organlarındaki aktivitenin ortalama düzeyinin kasılan bir kasta oluşan toplam kuvveti oldukça iyi yansıttığını göstermiştir. Ateşleme frekansı ile kuvvet arasındaki bu yakın ilişki, tendon organlarının sürekli olarak kasılan kasta oluşan kuvveti ölçtüğünün kanıtıdır. Tendon organı afferent liflerinin uyarılması, homonim kas motor nöronlarında disinaptik veya trisinaptik bağlantılarla, inhibisyon oluştururlar (otojenik inhibisyon). Ib liflerinin etkileri oldukça karmaşıktır, çünkü bu etkilerde devreye giren ara nöronlar aynı zamanda kas içciklerinden Ia lifleri ile, deri reseptörlerinden düşük eşikli liflerle ve çeşitli inen yollardan hem eksitator, hem inhibitör sinyaller alırlar. Ayrıca, Ib lifleri farklı eklemlerde kasları innerve eden motor nöronlarla da yaygın bağlantılar kurarlar. Bu nedenle, tendon organlarından gelen afferent liflerin tüm ekstremitenin hareketlerini düzenleyen refleks ağlarının bir kısmı olduğu düşünülür. Golgi tendon organlarından kalkan Ib afferent liflerinin refleks etkinlikleri, Ib inhibitör ara nöronlara gelen çok çeşitli girdilerle modüle edilir²².

Kas içciğinin duyarlılığını düzenleyecek mekanizma, gamma motor nöronlar tarafından sağlanır. Kas içciklerinin uyarılması ile başlatılan refleksler, intrafüzal lifleri innerve eden gamma motor nöronlardaki aktivite değişiklikleri ile düzenlenebilirler. Büyük kas kontraksiyonları sırasında kas içciği gevşer ve bu nedenle kas uzunluğu hakkında sinyal iletemez hale gelir. Gama motor nöronlarının fonksiyonlarından biri aktif kas kasılması sırasında kas içciğinde gerilimin sürdürülmesine yardımcı olmak ve böylece çeşitli uzunluklarda içciğin yanıt vermesini garanti altına almaktır.

Deneysel koşullarda alfa motor nörönlör selektif olarak uyarılırlarsa içcik duysal liflerinin kasılma sırasında “sustuğu” görölür. Ancak gamma motor nörönlör da alfa motor nörönlörle birlikte uyarılırsa, intrafüzal liflerin orta bölgeleri gerilmeye devam ettikleri için yukarıda söz edilen “suskunluk” veya duraklama olmaz. Demek ki, intrafüzal liflerin gamma motor nörönlör tarafından innervasyonunun temel amaçlarından biri aktif kasılma sırasında içcik afferentlerinin susmasını önlemektir; bu yolla tüm kas uzunluklarında kasın boyundaki değışikliklerin monitörize edilmesi mümkün olur.

Birçok istemli hareketler sırasında normal koşullarda alfa motor nörönlör gamma motor nörönlör ile hemen hemen paralel aktive edilirler (alfa-gamma koaktivasyonu). Bunun sonucunda duyarlılık otomatik olarak sağlanıp sürdürölür.

Proprioseptif refleksler istemli hareketler sırasında motor çıktıları düzenleyebilmektedirler, çünkü sadece refleks olarak değil, aynı zamanda kapalı geri besleme halkaları olarak da fonksiyon görmektedirler. Örneğin, bir kasın gerilmesi içcik deşarjını artırır, bu da aynı kasta kasılmaya ve dolayısıyla kısalmaya yol açar. Fakat kasın kısalması içcik deşarjını azaltır ve kasılma azalarak kasın boyu uzar. Demek ki germe refleksi halkası, sürekli olarak kasın boyunu önceden belirlenmiş bir referans değerine yakın tutmaya çalışmaktadır. Buna geri besleme diyebiliriz, çünkü, sistemin çıktısı (output; kas uzunluğundaki değışiklik) geriye bilgi sağlayıp girdi (input) şeklini almaktadır. Germe refleksi negatif bir geri besleme sistemidir çünkü, referans değerden sapmaları önlemeye veya azaltmaya yöneliktir.

1963’de Ragnar Granit, istemli hareketlerde referans değerinin hem alfa hem gamma motor nörönlör üzerinde sonlanan inen sinyaller tarafından belirlendiğini öne sürmüştür. Alfa motor nörönlörün ateşleme hızı kasın istenen uzunluğa gelmesini sağlarken, gamma motor nörönlörün ateşleme hızı, kas içciğinin uzunluğunun ektrafüzal liflerle aynı olmasını temin eder. Eğer tüm kasın boyundaki kısalma, o anki iş için gerekenden daha azsa (örneğin yük tahmin edildiğinden daha fazla olmuşsa), içcik afferentlerinin ateşleme seviyeleri artar; çünkü bu durumda ektrafüzal lifler beklenenden daha uzun olduğu için, intrafüzal kas lifleri de gerilmiş (yüklenmiş) olurlar. Eğer kısalma gerekenden fazlaysa, bu kez içcik gevşeyeceğı için (yüksüz), afferentlerinin ateşleme seviyesi düşer.

Buna göre, monosinaptik eksitatör yolun fonksiyonlarından biri, kasların yüklenmesinde beklenmedik değışiklikler ortaya çıktığında kompensasyon sağlamaktır. Her ne kadar henüz proprioseptif reflekslerin bu tür bir fonksiyonu

olduğuna ilişkin direkt kanıtlar yoksa da, insan deneklerin istemli hareketleri sırasında alfa ve gamma motor nöronların birlikte aktive oldukları bilinmektedir. 1960'ların sonlarında, Ake Vallbo ve Karl-Erik Hagbarth, mikronörografi denilen bir yöntem geliştirdiler; bu yöntemle periferik sinirlerin içine çok ince elektrodlar ile girip geniş çaplı afferent liflerden kayıt yaptılar. Vallbo daha sonra, parmakların yavaş hareketleri sırasında kasılan kasların primer içcik afferentlerinde, kas kasılarak boyu kısalırken bile, ateşleme seviyesinin yükseldiğini gösterdi. Bu bulgunun tek açıklaması, gamma motor nöronların alfa motor nöronla senkron aktivite göstermesi olabilir.

Ayrıca, kişiler sabit hızda yavaş hareketler yapmak isterlerken, hareketlerin izlediği yol sabit hızdan sapmalar gösterir: bazen kas olması gerekenden daha yavaş, bazen daha hızlı kısalır. Duysal la liflerindeki ateşleme paterninin bu sapmalara paralellik gösterdiği saptanmıştır. Fleksiyon hızı geçici olarak biraz arttığında, kasın kısalması planlanandan daha fazla olduğu ve intrafüzal liflere daha az germe uygulandığı için, la afferent deşarjı azalmaktadır. Hız azalığında ise, la ateşleme düzeyi yükselmektedir, çünkü bu kez intrafüzal liflerdeki rölatif germe artmıştır. Bu bilgi SSS tarafından, alfa motor nöronları uyarıp hareket düzenindeki sapmaları kompanse etmek için kullanılmaktadır.

Çıktı değişkeninin (gerçek kas uzunluğu) otomatik olarak değişen bir referans değerini (amaçlanan kas uzunluğu) takip ettiği bir geri besleme devresi. Teorik olarak, bu mekanizmanın sinir sistemine önceden bilinmeyen bir yüke karşı ve bilinmeyen bir mesafe için hareket etme imkanı sağladığını söyleyebiliriz. Ancak uygulamada germe refleks yolu motor nöronlara büyük ve bilinmeyen kuvvetlere karşı koyabilmeye yeterli olabilecek etkide bulunamaz. Boş olduğunu düşündüğümüz bir bavulu kaldırmaya yeltendiğimiz an dolu olduğunu fark ettiğimizde bu durum açıkça karşımıza çıkmaktadır. Bir an duraklayıp, çok daha fazla kas aktivasyonu gerektiren yeni bir hareket yapmamız gerekir. Bu nedenle germe refleks yolunun yükteki küçük değişiklikleri ve kas hareketindeki küçük düzensizlikleri kompanse etmeye yeterli olan bir mekanizma içerdini söyleyebiliriz. Bu etkinlikte hem monosinaptik hem polisaptik yollar devreye girer, ve yapılan işe ve kullanılan kasa göre ilgili bölümlerin katkısı değişebilir.

Gamma motor nöronlarının aksonlarına ek olarak, alfa motor nöron aksonları da intrafüzal lifleri innerve ederler. Bunlara skeleto-füzimotor veya beta efferentler denir. Skeletofüzimotor innervasyon, henüz tam kantifiye edilmemiş olmakla birlikte,

kedi ve insanlarda kas iciklerinde gösterilmiştir. Bu efferentler alfa-gamma koaktivasyonuna eşdeğer sinyaller oluştururlar; skeletofüzimotor nöronlar aktive oldukları zaman, iciğin ektrafüzal liflerin kasılması ile “yüksüz” hale gelmesi kısmen intrafüzal liflerin kasılması ile kompanse edilmiş olur.

Ancak yine de skeletofüzimotor liflerin varlığı, ve bu yolla zorunlu olarak ekstra ve intrafüzal kas kasılmasının bağlantısı, bundan bağımsız olan gamma motor nöronların oluşturduğu füzimotor sistemin önemine dikkat çeker. Öyle görünmektedir ki, memelilerde kas içciklerinin kontrolü, ana kaslar olan ektrafüzal liflerin kontrolundan bağımsız hale getirilmiştir. Prensip itibarı ile, bu bağımsızlık sayesinde farklı motor işler sırasında icik çıktılarının daha esnek bir şekilde kontrolü mümkün olabilmektedir. Sinir sistemi füzimotor sistem aktivitesini kullanarak (statik ve dinamik gamma motor nöronların aktivasyon düzeyini ve aralarındaki dengeyi ayarlayarak) içcikleri o şekilde ayarlar ki, icikler yapılan işe en uygun biçimde bilgi sağlarlar. İnsanlarda hangi işler sırasında alfa ve gamma motor nöronların birbirlerinden bağımsız olarak aktive edildikleri henüz tam anlamıyla açıklanabilmiş değildir.

Her kas iki geri beslemeli sistemin kontrolü altındadır: Birincisi kasın uzunluklarının, ikincisi kasların gerginliklerinin golgi tendon organlarıncı bir sensör gibi davrandığı sistemlerdir. Gerilmenin artmasıyla kas içcikleri kas tonusunu uygun seviyeye kadar yükselten refleksi hemen aktiflemeseydi yürümemiz ve ayakta durmamız gerçekleşemezdi. Dolayısıyla bu ayakta durmamız ve yürümemiz için gereken kas tonusunu sürdürmek için aksiyon potansiyellerini devamlı olarak taşıyan feedback devrelerle sağlanan bir servo mekanizmadır. Her kas, tam olarak gevşediğinde bile istirahat tonusu denen belirli bir tonusa sahiptir. Monosinaptik olarak gerçekleşen en basit refleks bile aslında tam olarak monosinaptik olarak tanımlanamaz. Örneğin bir eklemde refleksif bir hareket oluşturmak için agonist kasta kontraksiyon ve antagonist kasta bir gevşeme olmalıdır. Kontraksiyon, spinal kordon n boynuzunda alfa motor nöron eksitasyonuna yol açan gerilme reseptörlerinden gelen afferent uyarının sonucudur. Buna karşın, afferent lifler ara nöronlar veya internunsial nöronlara kollateral verir ve bunlar antagonist kasları innerve eden motor nöronlarla bağlantı kurar. Ara nöronları inhibitör davranış gösterirler ^{2,22}.

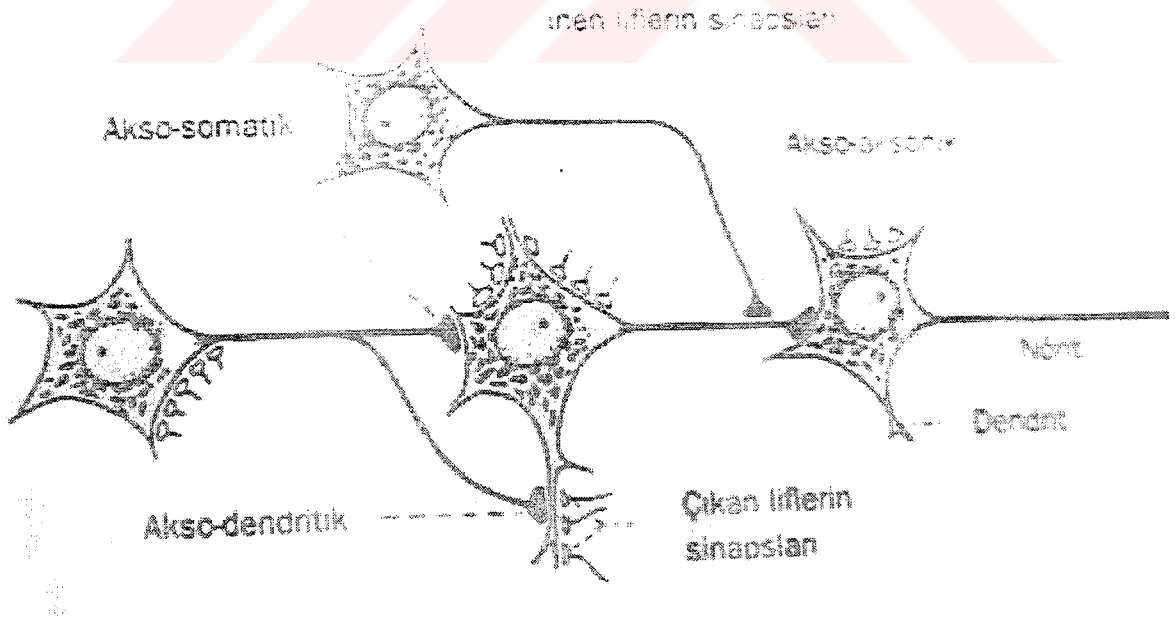
Resiprokal innervasyon sadece germe refleksi için değil, istemli hareketler sırasında da işe yarar. Hareket sırasında antagonistlerin gevşemesi hız ve verimi arttırır, çünkü kasılan kaslar, karşı koyan kas gruplarının kasılmalarına karşı çalışmak durumunda kalmazlar. Germe refleksindeki la inhibitör ara nöronlar istemli hareket

sırasında hareketlerin koordinasyonuna da katkıda bulunurlar. Ara nöronlar motor korteksten inen aksonların kollaterallerinden girdiler (input) alırlar; bu aksonlar spinal motor nöronlar üzerinde doğrudan sinaptik bağlantılar yapmaktadırlar. Bu organizasyonel özellik, istemli hareketlerin kontrolünü basitleştirir, çünkü ara nöronlara yapılan bu bağlantılar sayesinde yüksek merkezlerin istemli hareket sırasında amaçlanan harekete karşı koyacak olan kasları inhibe etmek üzere ayrıca emirler göndermesini gerektirmez.

Birbirine zıt çalışan kasların resiprokal innervasyonu koordinasyon amacıyla kullanılan tek yöntem değildir. Bazen agonist kasla birlikte onunla antagonistinin de kasılması gerekir. Bu ko-kontraksiyon, eklemi tespit eder ve özellikle hassas bir iş yapılıyor ve eklemin hareket etmemesi gerekiyorsa önemlidir.

2- Polisinaptik refleksler:

Refleks cevap için afferent ve efferent nöronlardan başka internöronlar denen bir çok nöronun devreye girdiği reflekslere *polisinaptik refleksler* denir. (Şekil-III-2) Monosinaptik reflekslerle kıyaslandığında araya giren sinaps sayısındaki artışa paralel olarak süre uzamıştır. Bunun yanı sıra ardışık uyarılarla latanslarda değişimler gözlenebilir³⁰.



Şekil-III-2: Santral sinir sistemindeki polisinaptik devreler

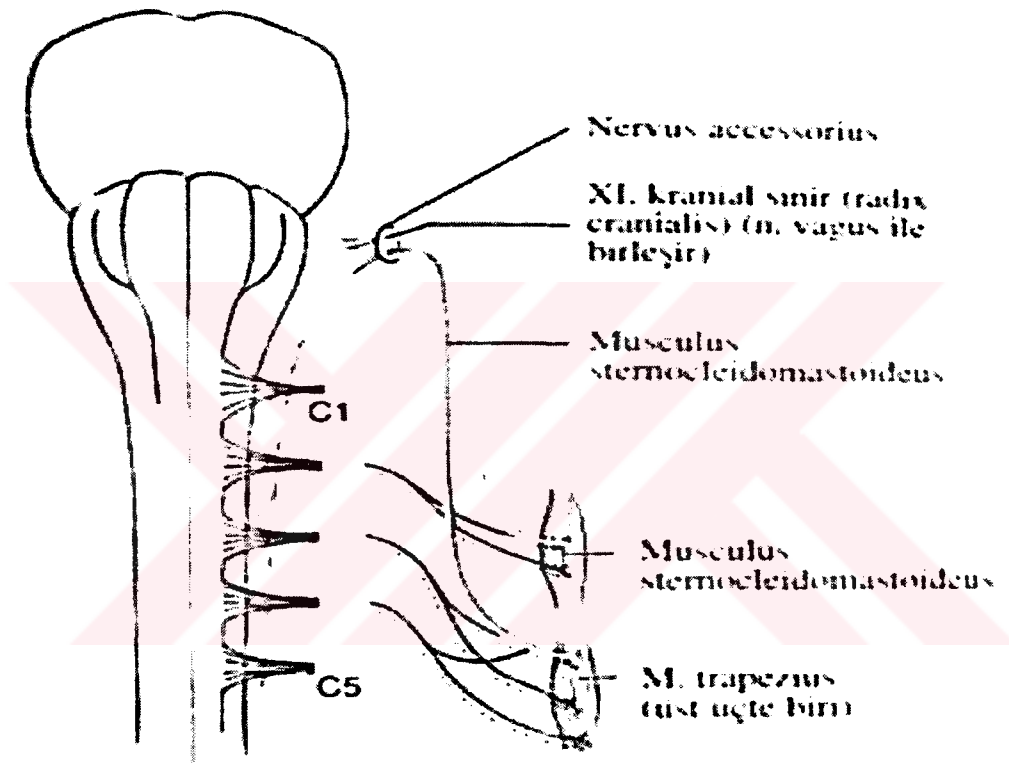
Motor korteks ve diğ er supraspinal merkezleri içeren refleks yanıtla a uzun-halkalı refleksler (long-loop reflexes) denir. Bu tür refleksler hem insan hem de diğ er hayvanlarda çeşitli kaslarda araştırılmıştır. Varılan genel sonuç, uzun-halkalı reflekslerin özellikle distal kaslarda kasılmaların düzenlenmesinde önemli olduğu, subkortikal refleks yollarının ise esas olarak proksimal kasların afferent düzenlenmesinden sorumlu olduğudur. Distal kasların gerçekleştirdiği i lerin çoğu, istemli olarak kontrol gerektirir. Olasılıkla kortekse iletilen afferent sinyaller, için gerektirdiği değişen durumlara kasların adapte olmasını sağlar. Diğ er taraftan daha otomatik olan motor fonksiyonlar, örneğin dengenin korunması ve büyük bedensel hareketlerin gerçekleştirilmesi, subkortikal ve spinal düzeylerden kontrol edilebilir.



IV.BÖLÜM: AKSESÖR SİNİR VE STERNOKLEİDOMASTOİD KASIN ANATOMİSİ

XI.KRANİAL SİNİR: AKSESÖR SİNİR

Aksesör sinir (AS) kranial ve spinal olmak üzere iki komponenti bulunmaktadır (Şekil-IV-1). Sinirin kranial parçasına; nucleus ambiguus'tan çıkan ve larinksin intrinsek kaslarına giden lifler katılır. Bu lifler daha sonra kranium dışında AS'den ayrılarak vagal sinire katılmaktadırlar.



Şekil-IV-1: Nervus accessoriusun şematize görünümü.

AS'in spinal parçası ilk 5 servikal segmentin oluşturduğu liflerden oluşmakta. "Fila radicularia nervus accessorii" denilen bu lifler yukarı doğru ilerler ve foramen magnumdan geçerek AS'in kranial parçası ile birleşir. Sinir foramen jugulareden vagusun arkasından geçerek kraniumu terk eder. Karotis üçgeninin üst bölümünde, vena jugulare internayı dıştan çaprazlayarak arkaya kıvrılır. Oksipital arterin sternomastoid dalı ile yandaş seyrederek musculus stylohyoideus ve digastrik kas arka karnının derininden geçip, sternocleidomastoideus kasın iç yüzeyine girer. Bu lifler sternocleidomastoid kasına ve kısmen de trapezius kasın innervasyonundan

sorumludurlar. Nervus Accessoriusun spinal parçasının santral bağlantıları tipik alt motor nöron bağlantılarıdır. İstemli hareketler kortikospinal traktus, postural impulslar, bazal ganglionlar, refleks uyarılar ise traktus vestibülospinalis ve traktus tektospinalis aracılığı ile taşınırlar.

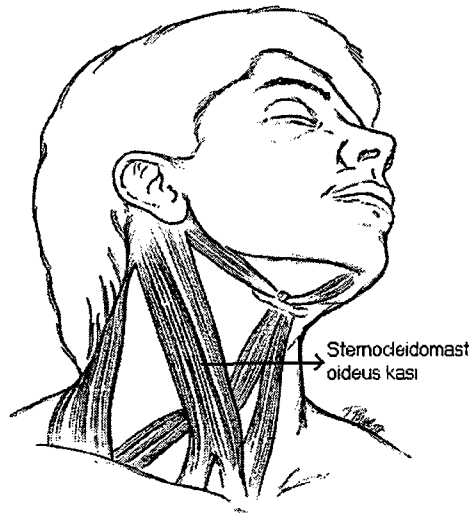
Bu sinirdeki herhangi bir lezyon musculus sternocleidomastoideusta paraliziye neden olur ve hasta başını lezyonun karşı tarafına çeviremez. Bilateral lezyonlarda kafayı dik tutmada ve yana çevirmede zorluk oluşur. Ayrıca trapeziusun üst kısmında paralizi ortaya çıkar ve bu durum skapula alata ile karakterizedir. Hasta lezyon tarafındaki omuzunu yukarı kaldıramaz⁴³.

STERNOKLEİDOMASTOİD KAS

Sternokleidomastoid (SCM) kası boyun hareketleri için oldukça önemli bir kastır. Başın sağa sola çevrilmesi yanında, başı dik tutma ve öne eğme gibi fonksiyonları var. Bu nedenle konjenital veya edinsel lezyonlarında hem kafa-boyun hareketlerinde kısıtlılık hem de estetik açıdan rahatsızlık verici durum yaratmaktadır.

Başlama yeri: Manibrium sterni'nin üst bölümünün önünden yuvarlak bir tendon ile ve clavicula'nın üst yüzünün üçte bir iç yan kısmından muscular bir baş ile başlar.

Sonlanma Yeri: İki başın birbirine katılması ile oluşan kas os temporalis'in proces mastoideus'una ve os occipitale'nin linea nuchalis superior'unun dış yan bölümüne yapışır (Şekil-IV-2).



Şekil-IV-2: Sternocleidomastoid kasın şematize görünümü

Siniri: Aksesör sinirin spinal bölümü ile ikinci ve üçüncü servikal sinirlerin ön dallarıdır. Aksesör sinirin spinal bölümü kasın alt yüzünü deler ve arka kenarından dışarı çıkar. Servikal sinirlerin duysal olduğu kabul edilmektedir (proprioseptif).

Fonksiyonu: Her iki kas birlikte hareket ederek art. atlanto-occipitalis'de başa ekstansiyon, omurganın boyun bölümüne ise fleksiyon yaptırır. Bir kasın kasılması kulağı aynı taraftaki omuz ucuna doğru aşağıya çeker ve başı,yüz ters tarafa yukarıya bakacak şekilde döndürür. (örn.kas aynı taraftaki processus mastoideus'u sternum'a doğru aşağıya çeker.) Eğer baş, prevertebral ve postvertebral kasların kasılması ile sabitleştirilmişse, iki m.sternokleidomastoideus yardımcı inspirasyon kasları olarak çalışabilir⁴³.



V.BÖLÜM: AMAÇ, YÖNTEM VE SONUÇLAR

AMAÇ

Kafa Stabilizasyon Refleksi kafanın ani pozisyon değişikliğine karşı boyun kaslarında ortaya çıkan, başı eski pozisyonuna getirmeye yönelik bir reflekstir. Elektrofizyolojik yöntemi Uludağ ve arkadaşları tarafından tanımlanmış olan bu beyin sapı refleksinin mekanizmaları tam aydınlatılabilmemiş değildir¹

Bu refleksin afferent sistemini servikal kas içcikleri ve vestibüler yapılar oluşturmaktadır. Efferent yolunu aksesör sinir yapmaktadır. Saf spinal segmental bir refleks olmadığı ve bu segmental ark üzerinde supraspinal yapıların rolü olduğuna dair kuvvetli veriler vardır^{1,3,31}. Özellikle Serebellar sistemin etkisi aşıkardır¹.

Bu çalışmada kafa stabilizasyon refleksi üzerine etkisi muhtemel supraspinal nöral yapıların ve vestibüler sistemin rolü araştırılmıştır. Bu amaçla hemisferik lezyonlar, beyin sapı lezyonları, serebellar bulguları olan olgular ve vestibüler etkilenme bulguları olan olgularda kafa stabilizasyon refleksi çalışılarak, bu refleks üzerine etkin olası supraspinal yapıların ortaya konması amaçlanmıştır. Beyin sapı refleksleri irdelendiğinde çoğu zaman bu reflekslerin afferent ve efferent yolları bilinmesine karşın, bu yollar üzerine etkili inhibitör ve eksitator yapıların nasıl ve ne şekilde etkili oldukları çok açık olmamaktadır^{33,35}. Hayvan modellerinde^{3,31,32} bazı beyin sapı ve spinal refleksler ortaya konmuş olmasına rağmen her zaman hayvan modellerinin insana tam uyarlanması mümkün olmamaktadır. Eğer insanda kafa stabilizasyon refleksi üzerine eksitator ve inhibitör nöral yapılar ortaya konabilir ve bağlantıları gösterilebilse bu refleksin hem fizyolojisinin anlaşılması hem de klinik kullanım bulabilir bir test olması mümkün olabilir.

Çalışmanın amacı özetle:

1. Kafa stabilizasyon refleksi üzerine etkili, muhtemel inhibitör ve eksitator segmental yapıları değerlendirmek,
2. Supraspinal veya suprasegmental yapıların ve vestibüler sistemin kafa stabilizasyon refleksi üzerine olan etkilerini araştırmak.
3. Klinikte yardımcı tanı aracı olarak kullanılabilirliğini araştırmak.

MATERYAL VE METOD

MATERYAL

Çalışmaya 32 gönüllü, sözlü olurları alınmış normal sağlıklı birey ile birlikte 88 santral sinir sistemi ve vestibuler tutuluğu olan olgu dahil edilmiştir. Normal kontroller 18 kadın (Ortalama yaş:44 $\pm$ 9 SD) ve 14 erkekten (Ortalama yaş:48 $\pm$ 10 SD) oluşmuştur. Normal kontrol olan olguların öyküsü dikkatle alınarak, geçmişte vertigo atakları, pozitif semptom vermiş herhangi yakınması olan, kronik boyun ve sırt ağrısı, mevcut bir ilaç tedavisi gören olgular çalışma dışı bırakılmıştır.

Hasta grubunda, çalışmaya dahil edilmiş santral sinir sistemi ve vestibüler sistem anormalliği olan olgular (K/E=1.4, ortalama yaş: 53,7 $\pm$ 14,6 SD) sözlü kendi veya yakınlarından alınan onayla çalışmaya alınmıştır. Bu grup aşağıdaki santral sinir sistemi lezyonu veya vestibüler tutuluğu olan şu alt gruptaki hastalardan oluşmuştur:

Hemisferik lezyonlu olgular.

Bu olgular tek yanlı arteria serebri anterior (ASA) (2 olgu), arteria serebri media (ASM) (29 olgu), posterior serebral arter (PSA) (2 olgu) infarktları olan olgulardı. Bu gruptaki hastaların tümü bilinci açık, sandalyede oturabilir ve santral sinir sistemindeki lezyonun varlığı nörolojik bakı ve görüntülemelerle (kranial MRG veya kranial BT yada her ikisinin birlikte olduğu görüntülemeler) gösterilmiş olgulardı. Serebrovasküler tutuluğu olan bu olguların hastalık süreleri çalışmaya alındıklarında 4-45 gün (ortalama 8. gün) idi. Diğer gruptaki hastalar gibi bunlarda da vestibülosüpresan, antidepresan, SSS üzerinde inhibitör yada eksitator bir ilaç kullanmıyor oluşuna dikkat edildi. Görüntüleme ve nörolojik bulguların uyuşmadığı olgular olası farklı bir lezyonun varlığı açısından çalışmadan dışlandılar.

Serebellar tutuluğu olan olgular

Bu gruptaki olgular; serebellar infarkt ve hematumlu ve nörolojik bakıda serebellar bulguları belirgin (dismetri, disdiadokokinezi, ataksi, dizartri) olan olgulardı. Sandalyeye oturabilen ve yönleme uyum gösterebilen 14 olgu çalışmaya alındı. Bu grup serebellar infarkt (9 olgu) ve hematumlu (1 olgu), akut yada subakut dönemde olgularla birlikte 4 kronik pür Serebellar sendromlu (geç başlangıçlı Serebellar ataksi, idiopatik ve B12 vitamin eksikliği) olgulardan oluşturuldu.

Beyin sapı lezyonu olan olgular

Bu gruptaki olgu sayısı sıklıkla bilinç bozukluğunun da bulunması ve sandalyeye tek başına oturabilir durumda olmamaları nedeniyle sınırlı kaldı. Bunlar

beyin sapı (Bulbus, Pons, Mezensefalik) lezyonu nörolojik bakı ve görüntüleme (Kranial MRG) ile gösterilmiş olan olgulardı (2 olgu).

Vestibüler etkilenme bulguları olan olgular

Bu gruba vertigo yakınması ile başvurmuş, kalorik testlerde ve nörootolojik bakıda vestibüler etkilenmesi olan olgular alındı. Bunlar kalorik testler ile hipoekstabilite, inekstabilite yada hiperekstabilite saptanan, unilateral yada bilateral tutuluğu olan olgulardı. Şüpheli bazı olgularda nörolojik bakı ve kranial MRG ile santral vertigo dışlandı. Toplam 39 vestibüler etkilenme bulguları olan olgu değerlendirmeye alındı. Unilateral vestibüler inekstabilite/hipoekstabilitesi olan 22 olgu, bilateral inekstabilite/hipoekstabilitesi olan 16 olgu, bilateral hiperekstabilitesi olan 1 olgu çalışmaya alındı (Hasta dağılımları Tablo V-1' de verilmiştir).

Tablo V-1: Olguların dağılımı

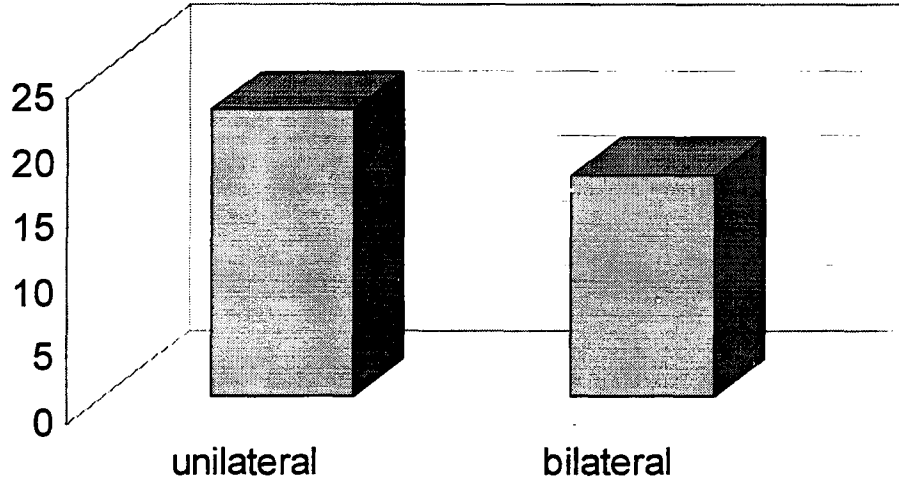
Lezyon lokalizasyonu	Olgu sayısı
Hemisferik lezyonlar (20 sol, 13 sağ hemisferik)	33
Serebellar sendrom (5 sağ, 3 sol, 6 bilateral)	14
Beyin sapı lezyonu	2
Vestibüler etkilenme (9 sağ, 13 sol, 16 bilateral, 1 hiperekstabilite)	39
Normal kontrol	32

METOD

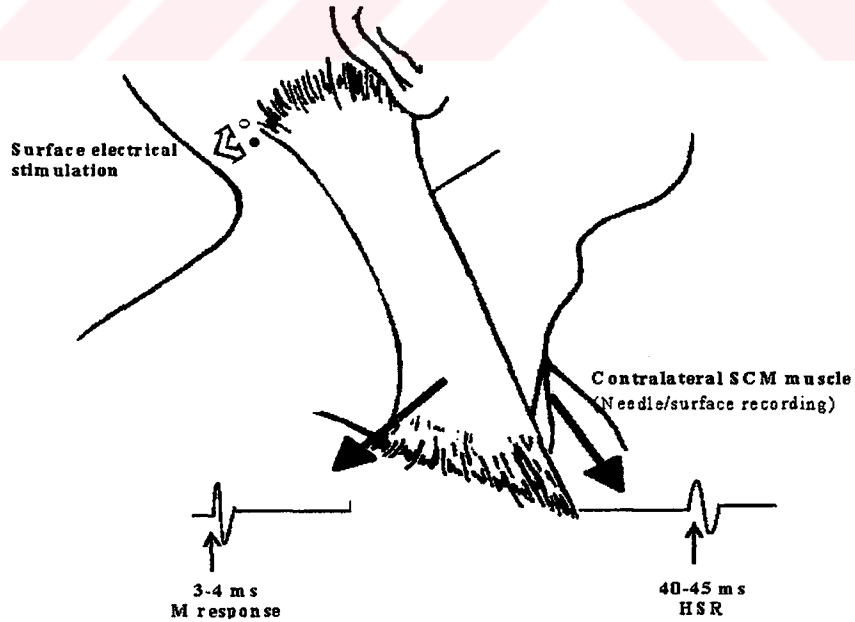
Yukarıdaki kriterlere göre çalışmaya alınan her olguda aşağıdaki deney protokolü her olguya uygulanmıştır.

Standart bir deney protokolünde, denek bir sandalyeye dik olarak oturtulmakta, olgunun sandalyede otururken rahatlığı temin edilerek baş nötr pozisyona ayarlanmaktadır (baş dik, kafa orta hatta, gözler ufuk noktasına odaklı). Daha sonra her iki sternokleidomastoid (SKM) kasa konsantrik iğne elektrodlar (Dantec, 37 mm) ile kasın 1/3 alt segmentinden, motor son plak bölgesinden uzakta olacak biçimde girilmiştir. İki kanal olarak ayarlanan kayıtlama sistemini üzerinde aksesör sinir posterior triangle bölgesinde yüzeysel bipolar elektrik stimülatör ile

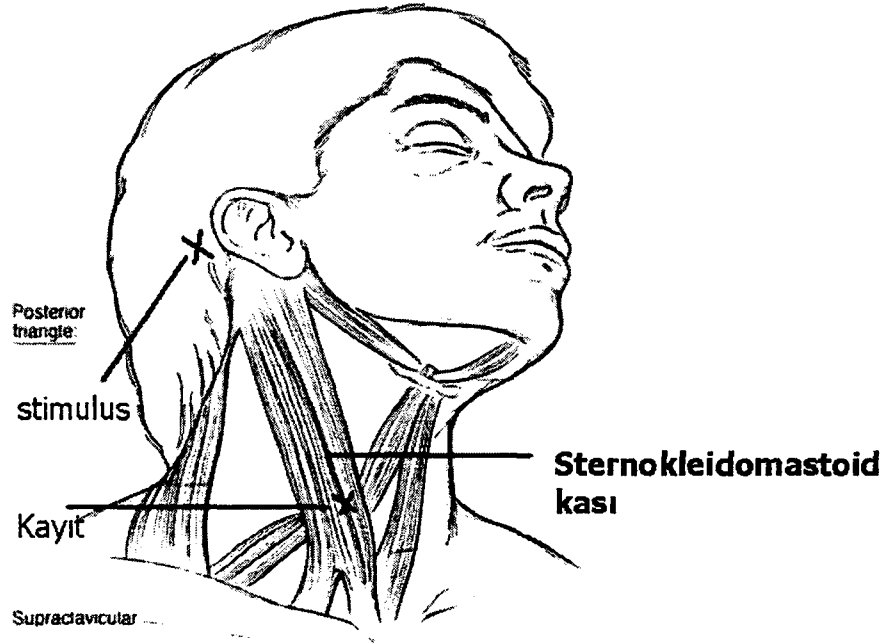
Vestibuler etkilenmesi olan olgular



supramaksimal olarak uyarılmış (0.2 ms süreli, kare dalga şoku, 300- 400 Volt şiddet) ve SKM kas elektromiyografik kayıtlamaları bu uyarın ile tetiklenerek her iki kastan ayrı ayrı 4 kayıt elde edilmiştir (Şekil-V-1a ve Şekil-V-1b). Aksesör sinir (AS) uyarılmadan önce sternokleidomastoid kasın istirahat durumunda olması (iğne kas içinde iken kas aktivitenin o sırada olmamasına, EMG cihazının hopörlerinde elektromiyografik aktivite olmaması) sessiz periyod gibi bu çalışmada artefakt kabul edilecek durumlardan kaçınmak için özellikle temin edilmiştir.



Şekil-V-1a: Sternokleidomastoid kasın şematik resmi, aksesuar sinirin uyarılma yeri ve kayıt elektrotların ipsilateral ve kontrilateral kayıtları şematize edilmiştir (Uludağ B).



Şekil-V-1b: Sternokleidomastoid kasın şematik resmi, aksesuar sinirin uyarılma yeri ve Sternokleidomastoid kastaki kayıt elektrotların yeri görülmektedir.

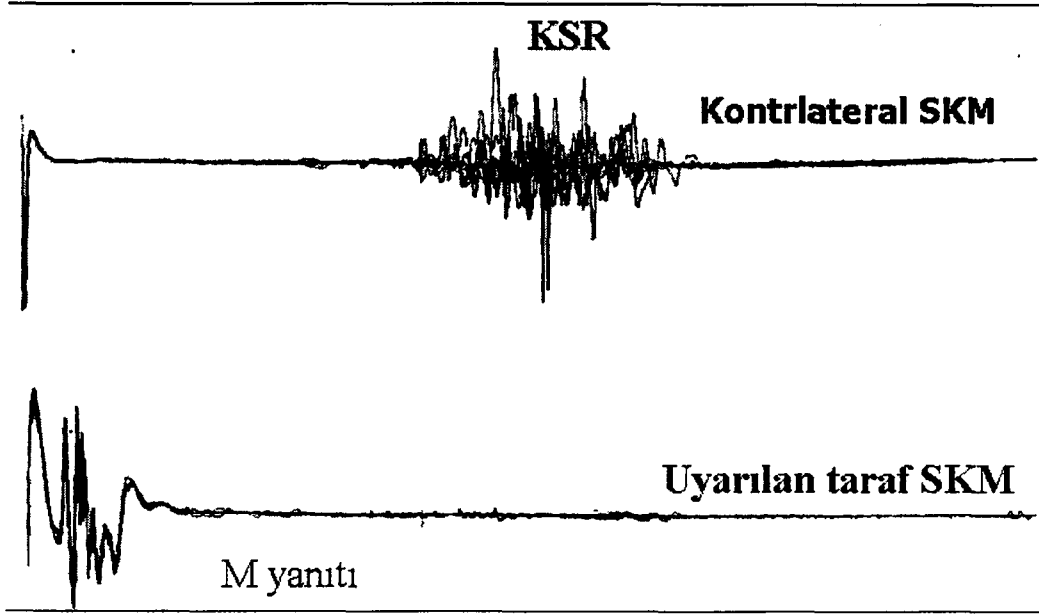
Tüm kayıtlamalar “Nicolet, Viking IVD”, 4 kanallı EMG cihazında çift kanal eşzamanlı kayıtlamalar ile elde edilmiştir.

Bir yandaki AS boyunda posterior üçgen bölgesinde supramaksimal olarak uyarıldığında, uyarılan taraftaki SKM kasta bir M yanıtı elde edilirken, uyarılan tarafın karşısındaki SKM kasta oluşacak refleks bir yanıt elektromyografik olarak kayıtlanmıştır (Şekil-V-2a ve Şekil-V-2b). Aynı işlem AS’in diğer tarafta uyarılması ile tamamlanmıştır.

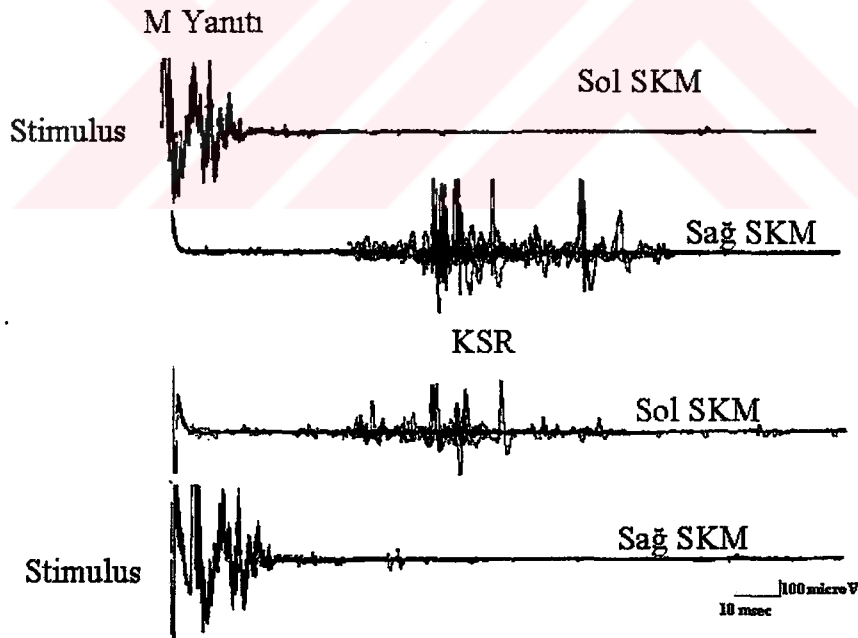
Elde edilen verilerin analizi:

Elde edilen refleks yanıtların (4 ardışık kayıtlama) amplitüdü, en kısa ve en uzun latansları, en kısa- en uzun latans farkı (dispersiyon), refleks süresi ve 4 uyarımdan kaçında refleks cevap oluştuğu (persistans) sağ ve sol SKM kası için ayrı ayrı manuel ölçümlerle kayıtlanmıştır. Sekiz uyarımdan oluşan bir deney protokolünde şayet refleks yanıt elde edilemezse yanıtın yokluğundan emin olmak için deney protokolü 3 kez tekrarlanarak refleksin yokluğu doğrulanmıştır.

Normal bir bireyde KSR'i



Şekil-V-2a:Normal bir bireyde aksesuar sinirin uyarımı ile kontrilateral sternokleidomastoid kasta iğne elektrod ile elde edilen bir refleks yanıt (superinpoze) görülmektedir.



Şekil-V-2b: Normal bir bireyde aksesuar sinirin sağ ve soldan ayrı ayrı uyarımı ile ipsilateral elde edilen M yanıtı ve kontrilateral elde edilen refleks yanıtlar görülmektedir.

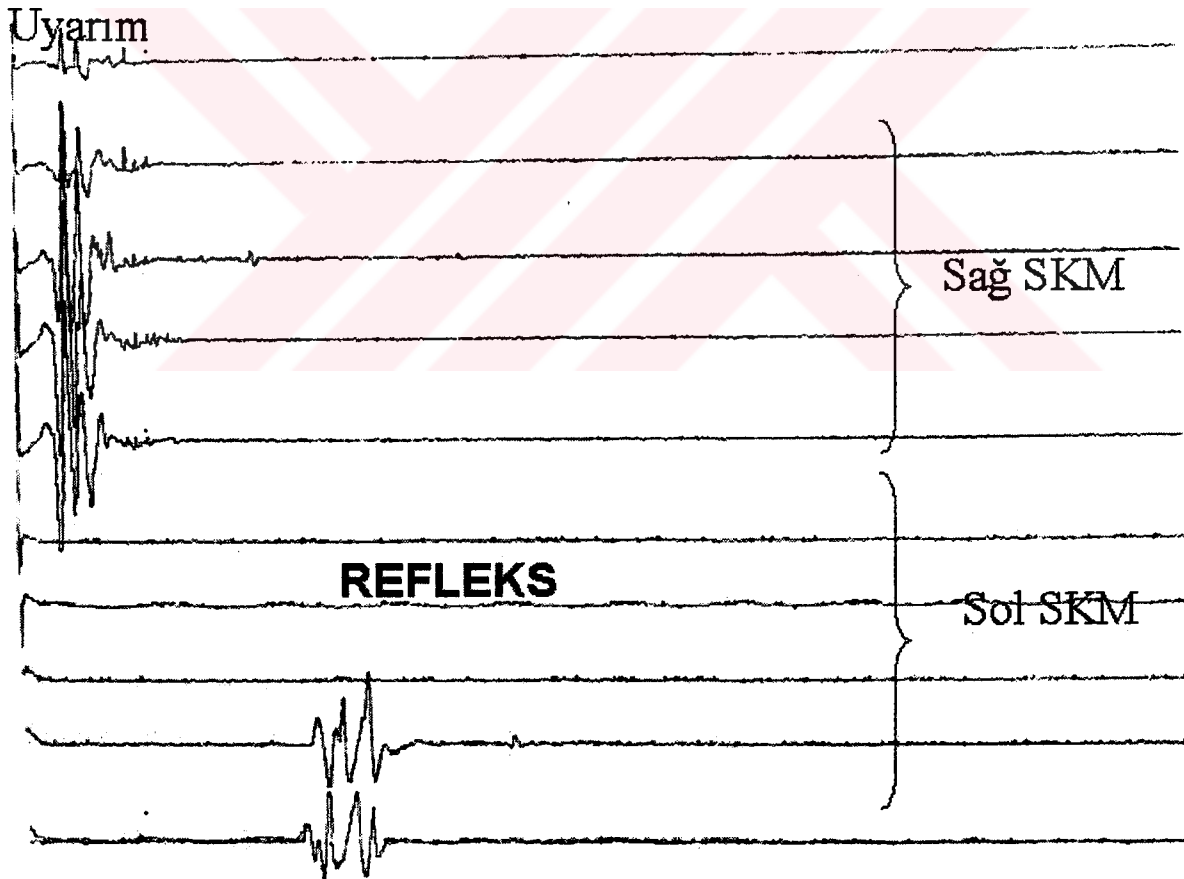
SONUÇLAR

Normal Grup

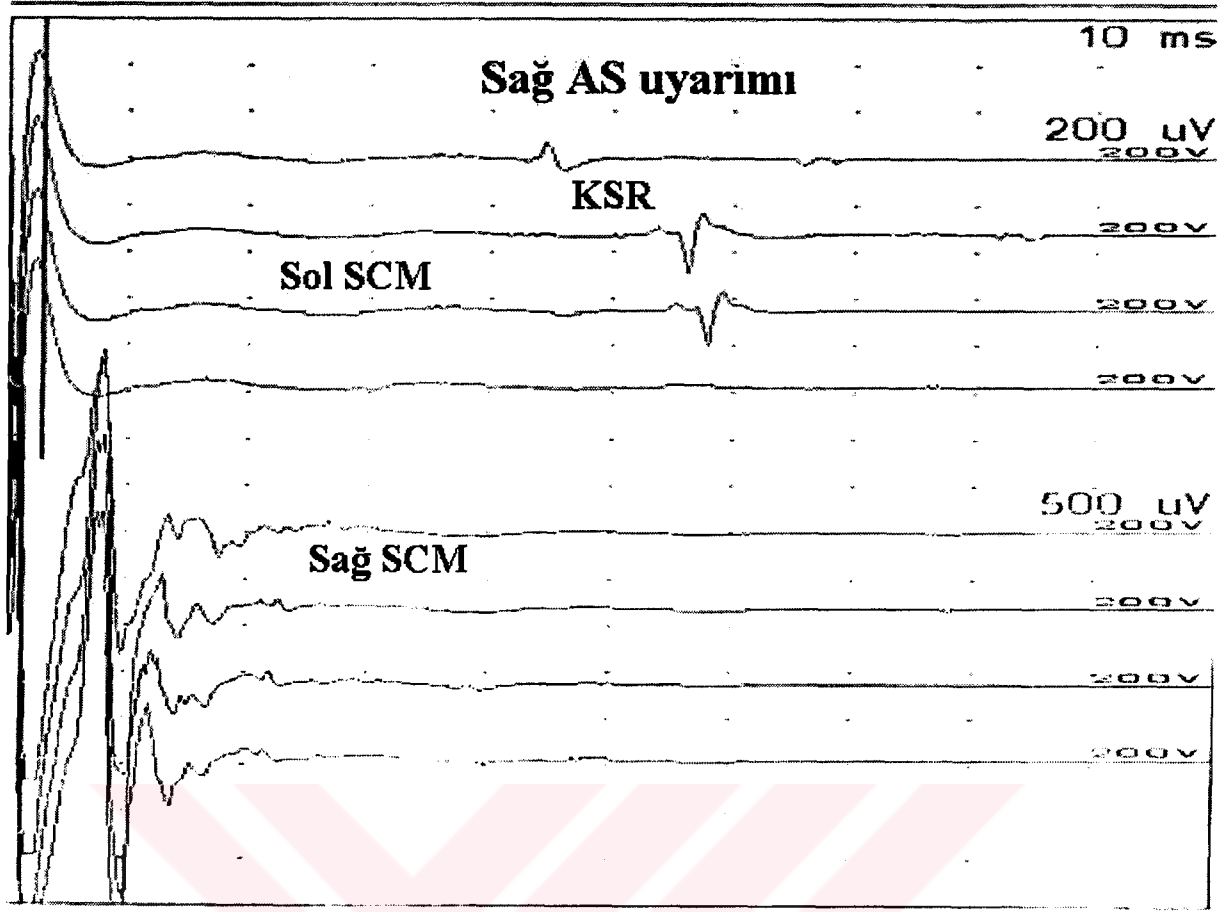
Tablo:V-5: KSR Kontrol grubu olgularının oluşturduğu ortalama değerler

Olgu sayısı:32	Persistans (4/4)	Minimum latans(ms)	Maximum latans(ms)	Ortalama latans(ms)	Amplitüd (µV)
SağSCM	3,57	42,5	58,2	50,26	378
Sol SCM	3,64	42,7	57,4	50,34	456
Ortalama	3,59	42,6	57,8	50,3	417

Tablo V-5'te görüldüğü gibi normal kontrol grubunda yaklaşık 42-58 ms (ortalama 50 msn) latanslı refleks yanıtın deneklerin tümünde elde edildiği gözlemlendi (%100) (Şekil-V-3, Şekil-V-4). Persistans 4 uyarım için 3,6 civarında bulundu.



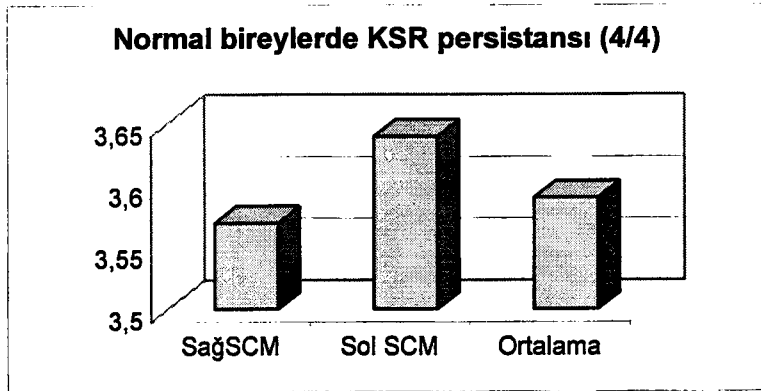
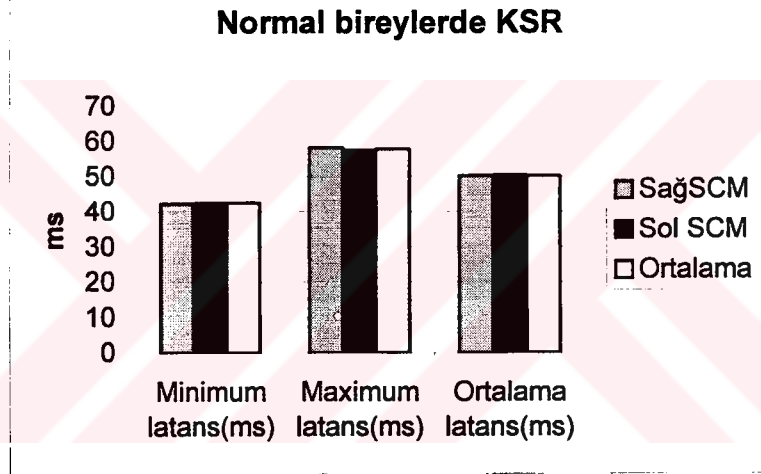
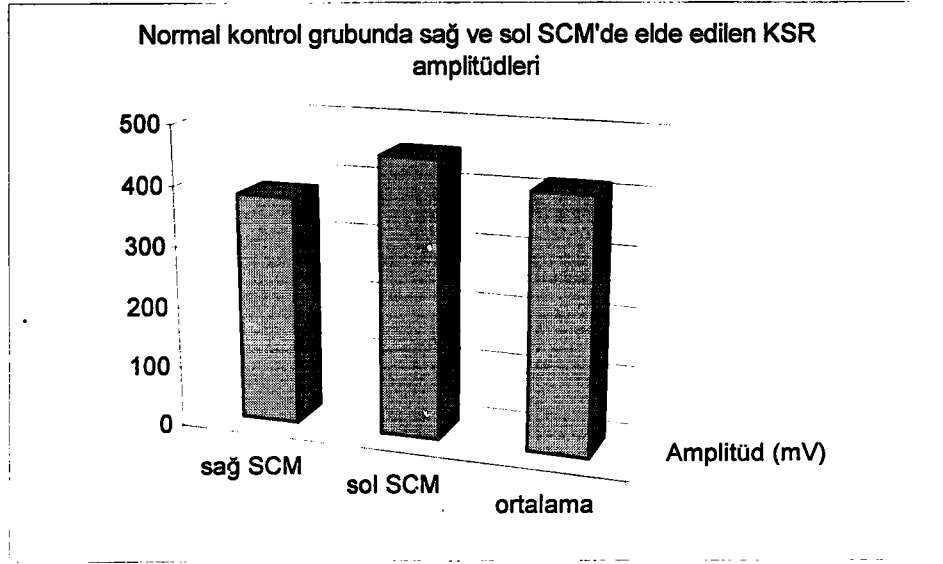
Şekil-V-3: Normal kontrol grubunda 5 ardışık uyarıdan iki tanesinde normal latanslı refleks cevap alındığı görülüyor.



Şekil-V-4: Sağda AS uyarımı ile sol SCM kasta normal KSR elde edildi (Normal kontrol grubu)

Normal bireylerde elde edilen KSR minimum ve maksimum latans farkları sağ ve sol SCM kası arasında anlamlı fark gözlenmedi ($p>0.005$).

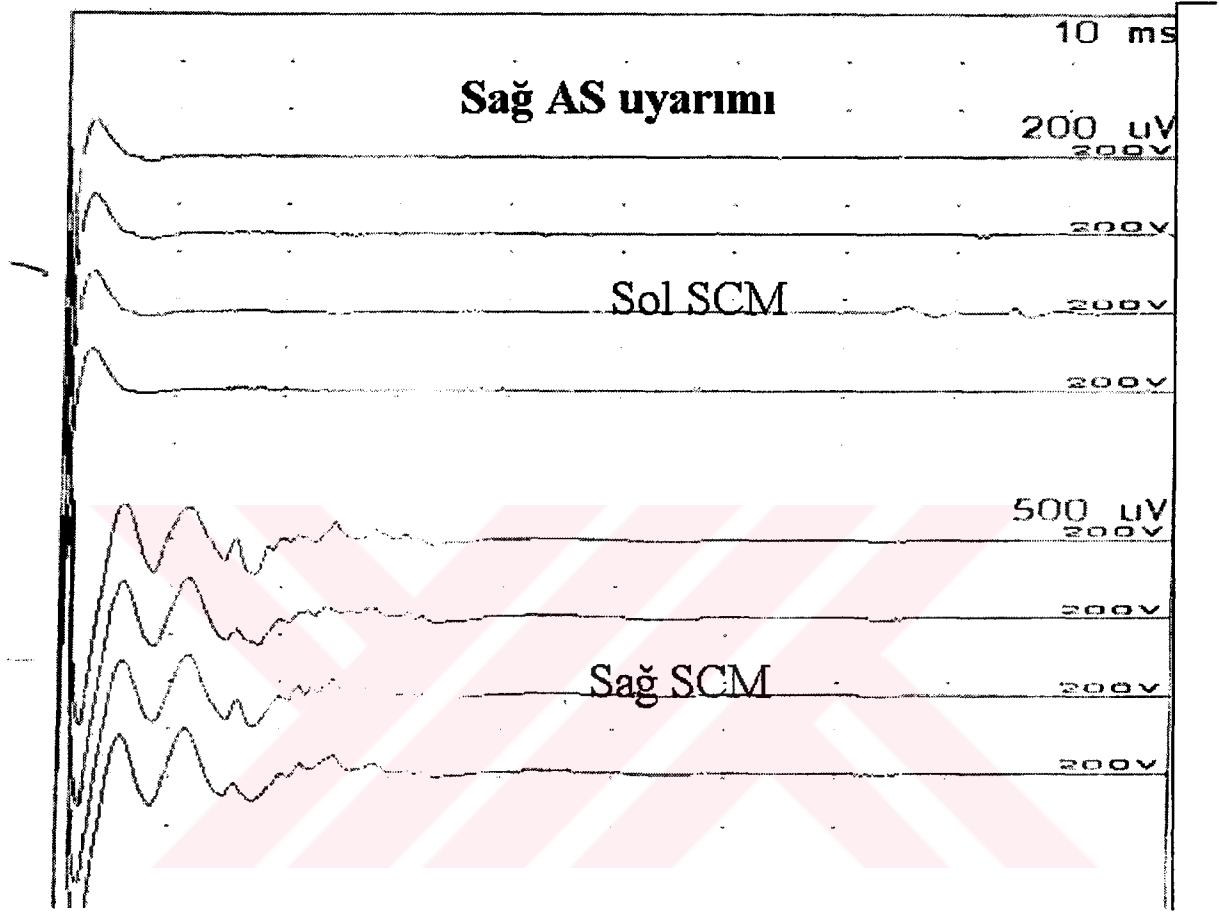
Normal kontrol grubunda KSR amplitüdünün solda sağa göre ortalama olarak 80 μV daha büyük olduğu gözlemlendi. Ancak iğne elektrod ile amplitüd değerlendirilmesi elektrofizyolojik metodolojide kabul gören bir uygulama olmadığından sağ ve sol SCM amplitüd farkı dikkate alınmadı.



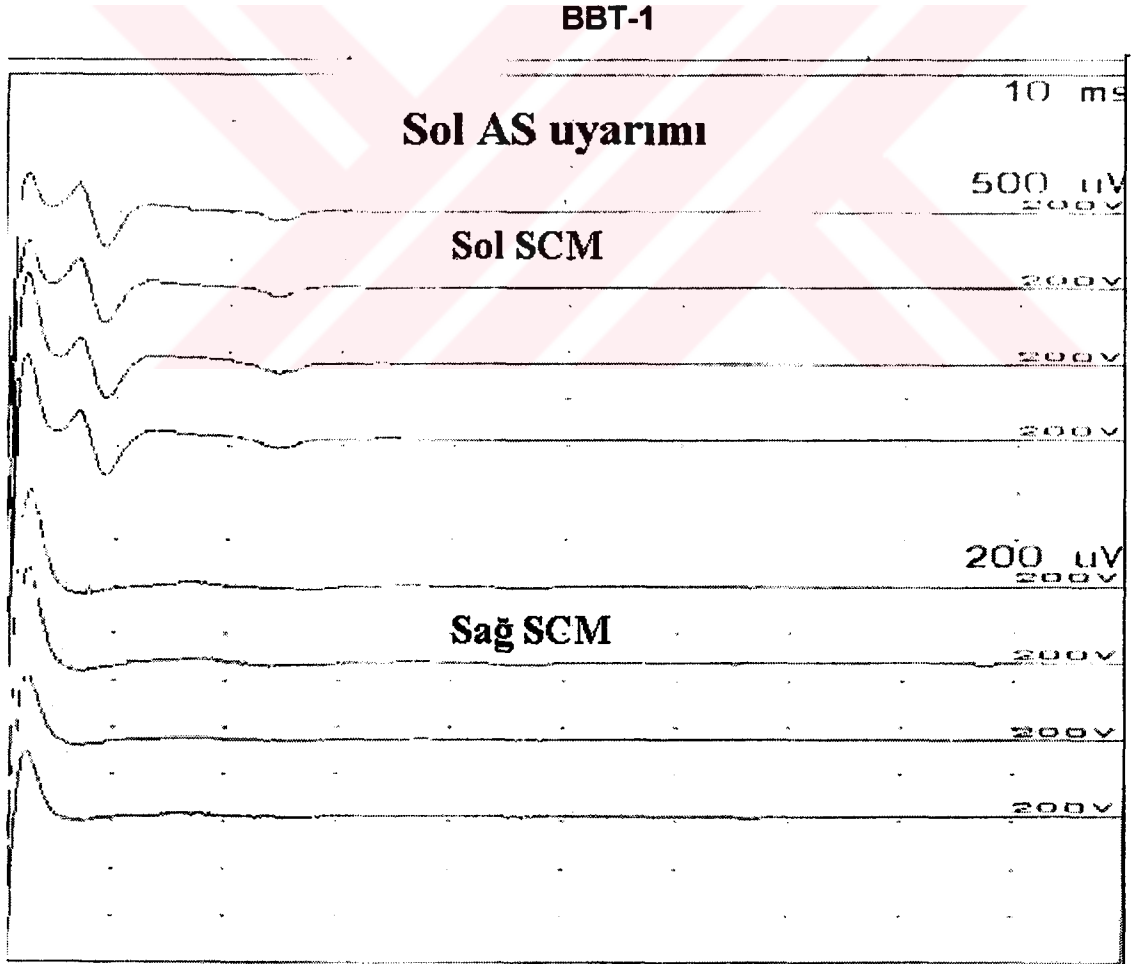
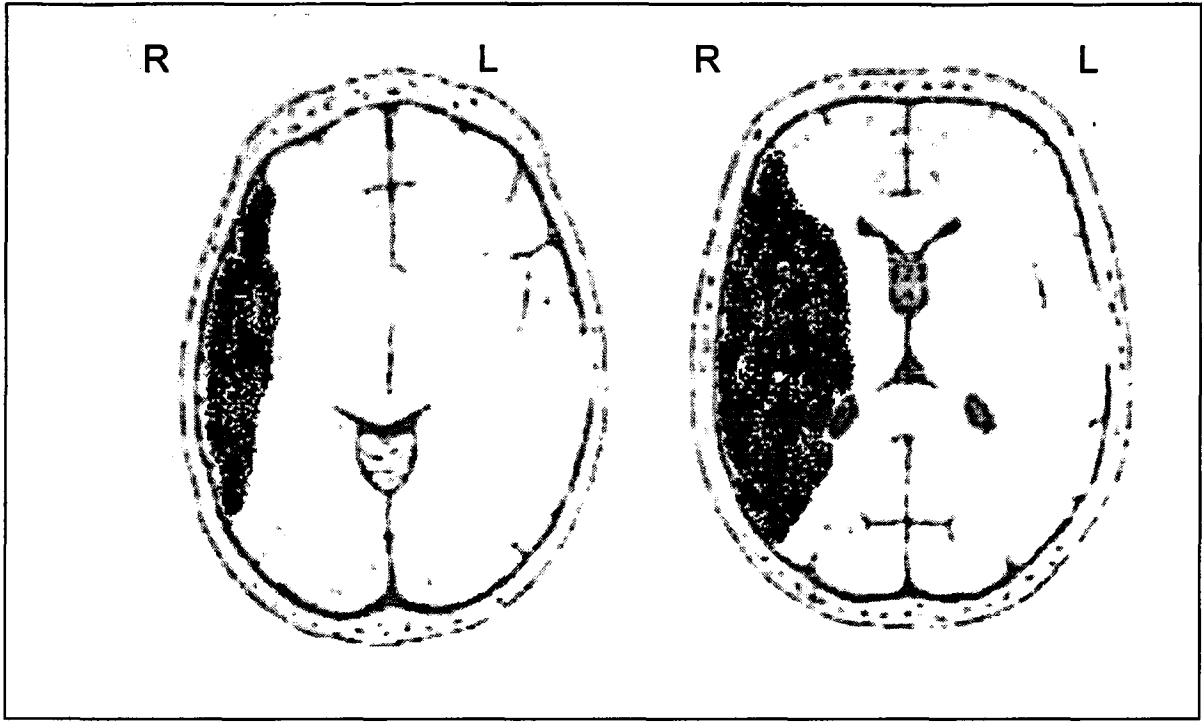
Hemisferik lezyon

Yukarda Tablo V-1 de de görüldüğü gibi 20 sol ve 13 sağ hemisferik olmak üzere toplam 33 vaka alındı. Bu grubun büyük bir kısmında (%70) kafa stabilizasyon refleksinin iki yanlı kaybolduğu görüldü (BBT-1 de şematize edilen sağ ASM

infaktında bilateral KSR elde edilmediği Şekil-V-5 ve Şekil-V-6 da görülüyor.) ve normal gruba göre bu fark belirgin olarak istatistiksel anlamlılık taşıyordu ($P>0.001$). Refleks üzerine olan hemisferik etkiler açısından iki taraf arasında (Sağ ve sol hemisferik lezyonlar) KSR kaybı açısından yapılan karşılaştırmada anlamlı bir fark saptanmadı ($p>0.05$).



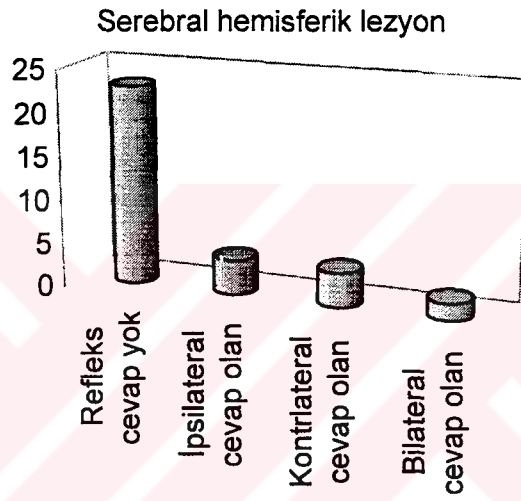
Şekil-V-5: Sağ AS uyarımı ile sol SCM kasında refleks cevap elde edilmedi (BBT-1' de şematize edilen sağ ASM infaktlı olgu).



Şekil-V-6: Sol AS uyarımı ile sağ SCM kasında refleks cevap elde edilmedi (BBT-1' de şematize edilen sağ ASM infaktlı olgu)..

Tablo V-2: Hemisferik lezyonlarda kafa stabilizasyon refleks cevaplar.

	Refleks cevap yok	Bilateral cevap var	Ipsilateral cevap var	Kontrilateral cevap var	Olgu sayısı
Sol hemisferik lezyon	15 (%75)	2 (%10)	2 (%10)	1 (%5)	20
Sağ hemisferik lezyon	8(%62)	0	2 (%15)	3 (%23)	13
Toplam	23 (%70)	2 (%6)	4 (%12)	4 (%12)	33



Serebellar sendrom

Bu grupta 14 olgu teste alındı. Bunlardan 5 tanesi sol, 3 tanesi sağ ve 6 tanesi bilateral serebellar bulgu ve lezyonu olan olgulardı.

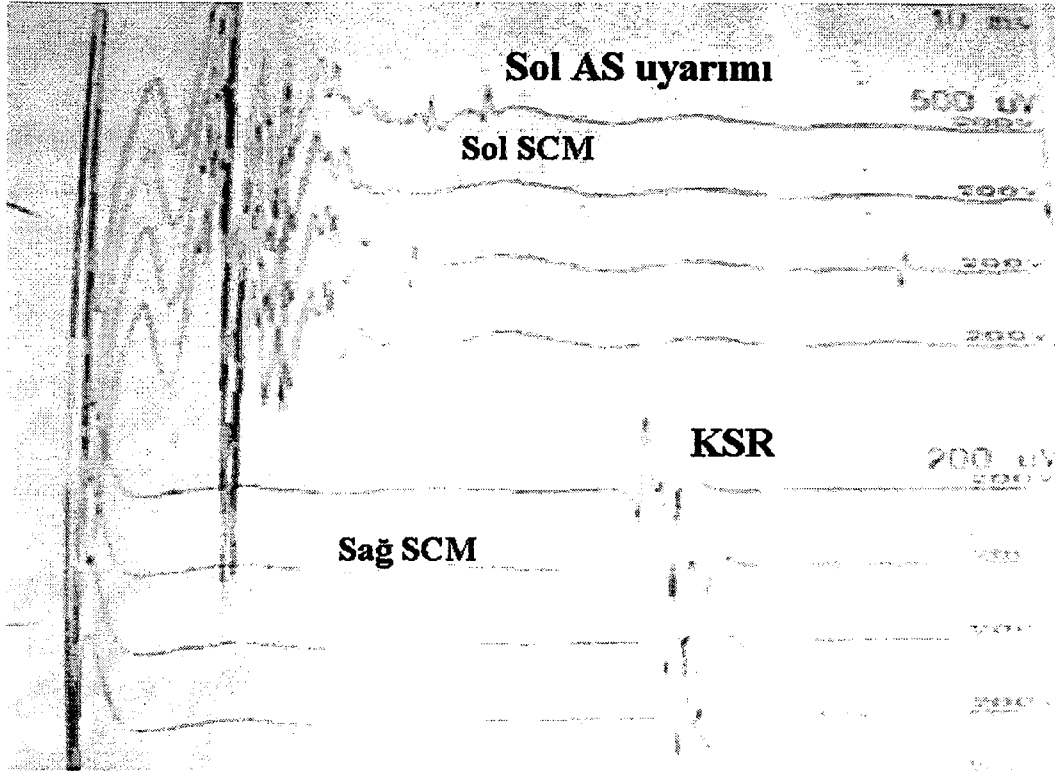
Tablo V-3: Serebellar lezyonlarda kafa stabilizasyon refleks cevaplar

Serebellar lezyon	Kontrilateral cevap yok	Ipsilateral cevap yok	Bilateral cevap var	Bilateral cevap yok	Olgular
Unilateral	1 (%12.5)	3 (%37.5)	0	4 (%50)	8
Bilateral	-	-	1 (%16,6)	5 (%83,4)	6
Toplama	1 (%7.1)	3 (%21.5)	1(%7.1)	9 (%64.3)	14

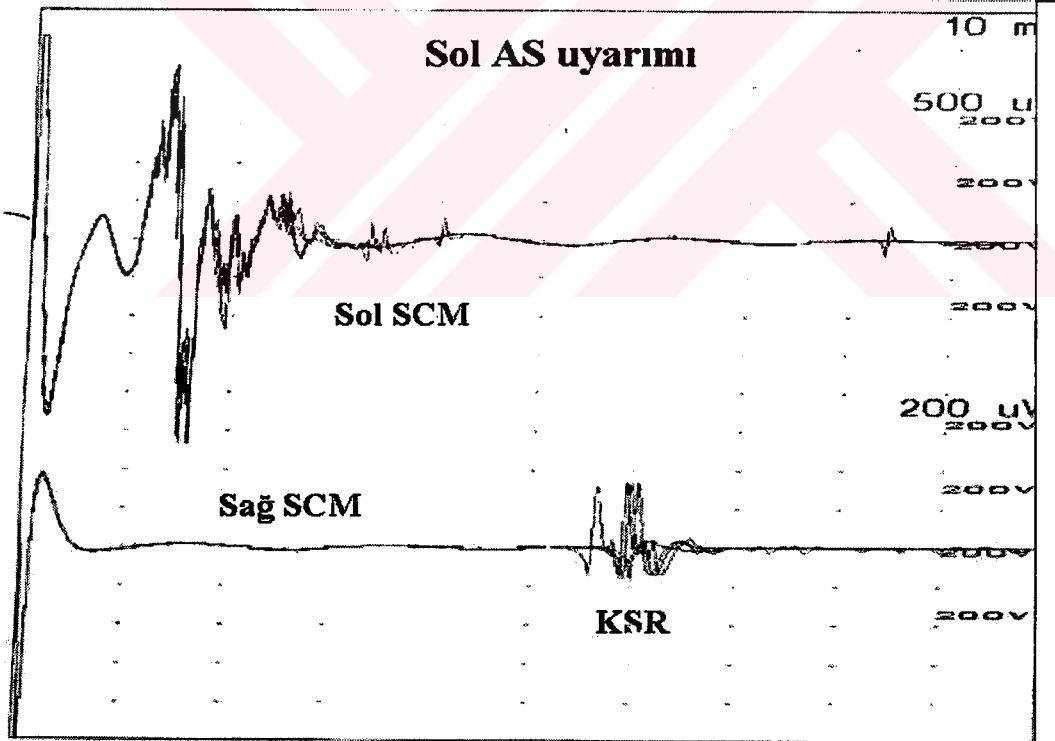
Tablodan da anlaşıldığı gibi tek taraflı lezyonlarda %50 civarında bilateral refleks kaybı gözlemlendi. Yüzde 37.5 oranında lezyonun ipsilateralinde refleks kaybı gözlemlendi (BBT-2 de lezyonu görülen olguda KSR ipsilateral kaybolmuş ancak kontrateralinde alındığı Şekil-V-7 ve Şekil-V-8 de gösterilmiştir.). Bilateral serebellar lezyonlarda % 80 oranında bilateral refleks kaybı gözlemlendi ($P>0.001$). Verileri grafik üzerinde gösterecek olursak;



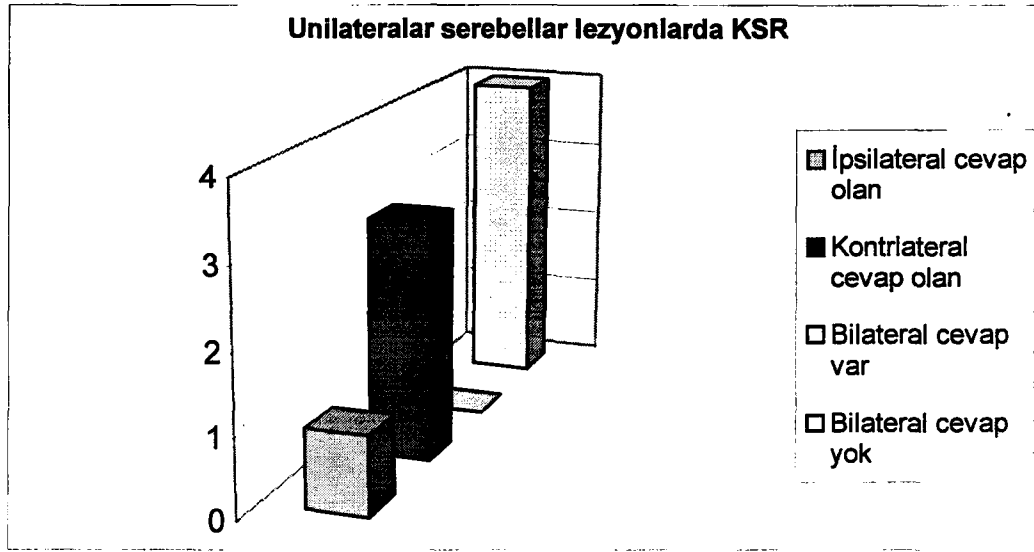
BBT - 2



Şekil-V-7



Şekil-V-7 ve Şekil-V-8: Sol AS uyarımı ile sağ SCM kasında refleks cevap görülüyor, Şekil-V-8 de ise aynı trasenin superimpoze hali görülüyor (Sağ Serebellar infaktlı olgu).



Bilateral Serebellar tutulularda refleks büyük oranda iki taraflı kaybolmaktadır (%92). Lezyon veya bulgu tek yanlı ise refleksin iki yanlı kaybı (%50) ile birlikte ipsilateral refleks kaybı dikkat çekicidir (% 37.5).

Vestibüler etkilenme

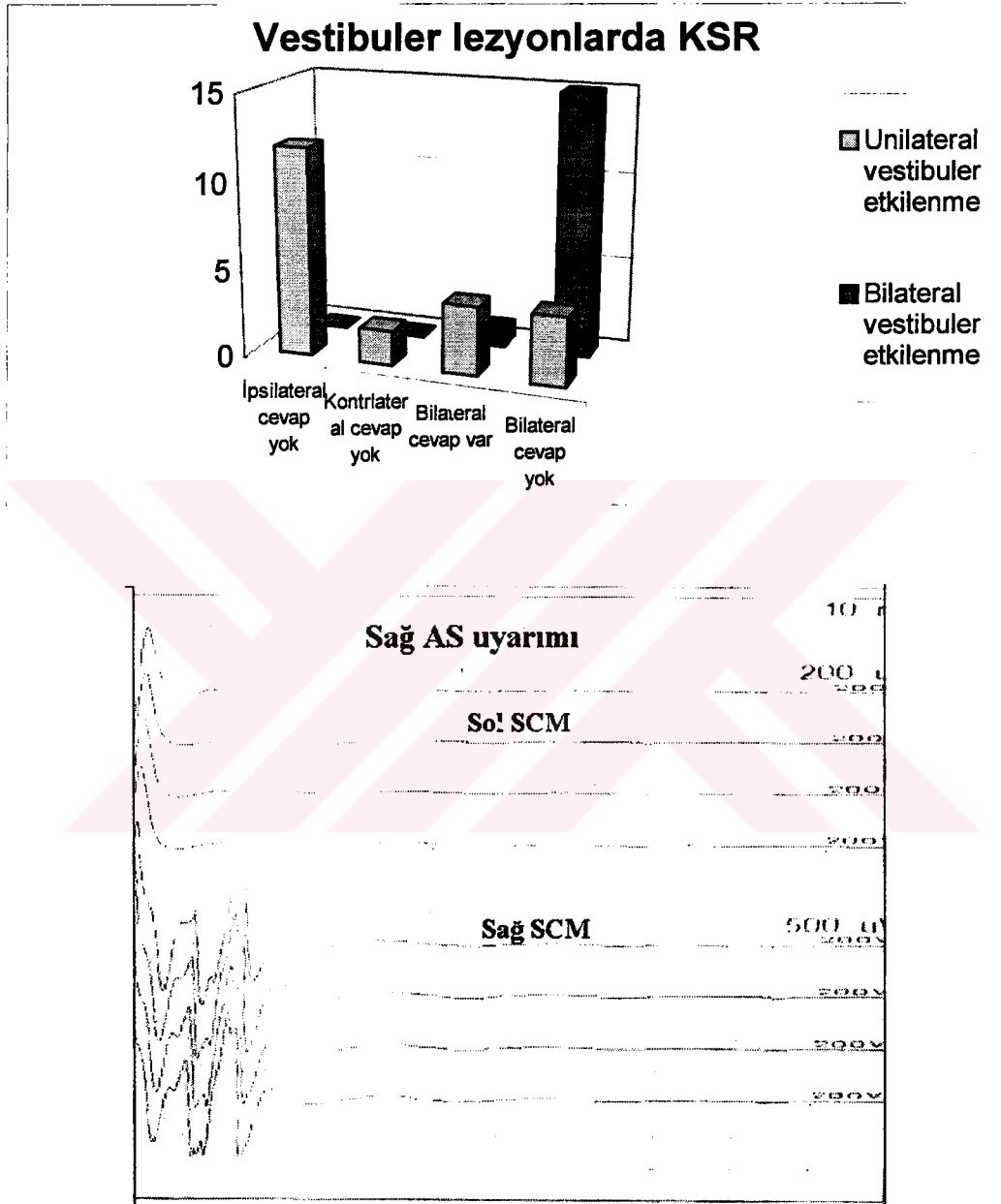
Bu gruba toplam 39 hasta alındı. 22 olguda unilateral, 17 olguda bilateral vestibüler etkilenme bulguları mevcuttu. Tablo V-4'te vestibüler etkilenmenin türüne göre KSR refleksleri gösterilmektedir.

Tablo V-4: Vestibüler etkilenme bulguları olan olgularda kafa stabilizasyon refleksi

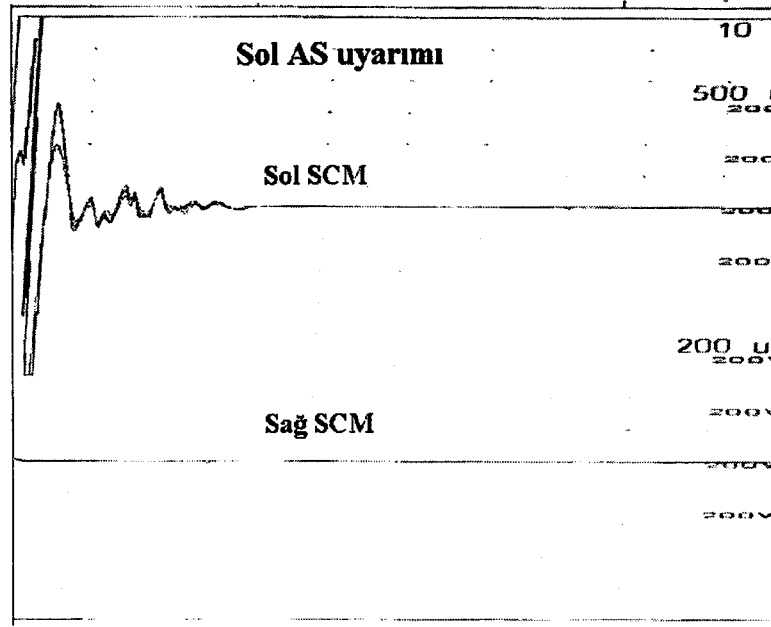
Vestibüler etkilenme	Ipsilateral cevap yok	Kontrilateral cevap yok	Bilateral cevap var	Bilateral cevap yok	Olgular
Unilateral	12 (%55)	2 (%9)	4(%18)	4(%18)	22
Bilateral	-	-	1 (%6.25)	15 (%93.75)	16
Toplam	12	2	5	19	38

Unilateral lezyonlarda %55 oranında ipsilateral KSR'nin kaybolduğu görüldü. Bilateral inekstabilite olgularında yaklaşık %94 KSR bilateral kaybolmuştu (Şekil-V-9 ve Şekil-V-10). Bu veriler istatistiksel olarak kuvvetle anlamlıydı ($P>0.001$).

Bu gruptaki olguların grafiksel görünümü şöyle oluştu:



Şekil-V-9: Sağ AS uyarımı ile sol SCM kasında refleks cevap elde edilmedi (Bilateral vestibuler inekstabilite olgu)



Şekil-V-10: Sol AS uyarımı ile sağ SCM kasında refleks cevap elde edilmedi.
(Bilateral vestibuler inekstabiliteli olgu)

TARTIşMA

Kafa stabilizasyon refleksi ilk kez Uludağ ve Ertekin tarafından tanımlandığında, yazarlar bu refleks üzerinde supraspinal yapıların etkileri olduğunu ileri sürmüşlerdi. Ancak bu çalışma Serebellar tutuluştaki inhibisyon dışında suprasegmental etkilere dahil veri içermemektedir. Bu çalışmanın yola çıkışı kafa stabilizasyon refleksi üzerine muhtemel supraspinal etkilerin ortaya konması noktasından başlamıştır.

Bu çalışmada supraspinal tutuluş olan olgular yanında yaş eşleştirmesi yapılmış normal kontrolleri de içermektedir. Uludağ ve Ertekin'in çalışmasında olduğu gibi bu çalışmada da normallerin tümünde KSR elde edilmiştir. Latans amplitüd, süre gibi parametreler göz önüne alındığında normal kontrol gruplarında elde edilen sonuçlar söz edilen çalışma ile uyumludur.

Hastalar grubu bu çalışma ile kıyaslandığında, supraspinal etkilere dair Uludağ ve Ertekin'in çalışması büyük oranda Serebellar sendromlu olguları içermesine rağmen bu çalışma daha farklı santral sinir sistemi ve vestibüler tutuluşu olan olguları da içine almaktadır. Uludağ ve Ertekin'in hasta grubunun büyük kısmını oluşturan 10 Serebellar sendromlu olgunun hepsi bilateral tutuluş özelliği göstermekteyken, bu çalışmaya alınan 14 Serebellar sendromlu olgunun 6 tanesi bilateral tutuluş özelliği gösterirken diğer 8 olgu tek yanlı Serebellar tutuluş özelliği göstermekteydi. Bilateral tutuluşu olan olgularda Uludağ ve Ertekin'in çalışmasına benzer şekilde 4 olguda iki yanlı yanıt alınamadı (%80), iki olguda ise persistansı ve tekrarlanabilirliği düşük yanıt elde edildi. Tıpkı öncül Uludağ çalışmasında olduğu gibi bu çalışmada da bilateral Serebellar tutuluşta KSR'nin bilateral inhibisyonu ilk dikkati çeken özelliktir. Fakat iki yanlı tutuluşun olduğu bu gruplarla Serebellar etkinin lateralizasyonunu belirleme olarak içinde değildir.

Tek yanlı Serebellar etkinin KSR üzerine olan etkisini belirlemek için çalışmaya tek yanlı Serebellar tutuluşu bulunan 8 olgu alınmıştır. Sonuçlar bölümünde de verildiği gibi bu olguların yaklaşık % 37'sinde ipsilateral refleks kaybı varken, olguların % 50' sinde bilateral kayıp vardır. Kontralateral refleks kaybı %12.5 olguda vardır. Burada dikkat çeken veri lezyon veya klinik bulgu tek yanlı olsa bile olguların yaklaşık yarısında refleksin iki yanlı inhibe olduğudur. Bu bulgu Uludağ ve Ertekin'in savlarını destekler gibi görünse de Serebellar tutuluşa ipsilateral refleks kaybı oranı vaka sayısının düşüklüğüne rağmen dikkate alınacak bir orandadır

(%37). Bu bize Serebellar etkinin refleks üzerinde ipsilateral eksitator bir davranış gösterdiğini, yada bu refleks üzerine Serebellar eksitator etkininin çapraz yapmadan oluştuğunu telkin edebilir. Bu noktada bir başka spekülasyon, serebellumun her iki hemisferi ile ortak bir jeneratörü eksite ettiği, uyarılardan birinin bile ortadan kalkmasının refleks bloke edebildiği şeklinde olabilir. Tek yanlı Serebellar lezyon veya tek yanlı Serebellar kliniği bulunan olgular muhtemelen serebellumun bu refleks üzerine olan fizyolojik katkısını tamamen ortaya koyabilmekten uzak olmalıdır. Çünkü serebellumun anatomik yapısı ve fonksiyonel birimleri göz önüne alındığında bu bölümlerin refleks üzerine olan izole etkisini söyleyebilmek imkan dışıdır. Bu düşünce açısından refleks fizyolojisinde Serebellar katkının tam ortaya konması deneysel hayvan modellerini gerektiriyor görünmektedir.

Uludağ ve Ertekin'in yaptığı mutlak arefleksinin bulunduğu pür sensoriyel nöropatili hastalarda normal latans ve amplitüdlü refleks cevaplar elde edilmişti. Yazarlar çalışmalarında bunun refleksin normal gerilme refleks yolaklarının kullanılmadığı bir durum olarak yorumlamışlardır. Bu çalışma bu tür olguları içermemesine rağmen, bu bilgi refleksin fizyolojisi için önemlidir. Bildirdikleri 7 pür periferik sensoriyel tutuluşu olan olgunun tümünde derin tendon reflekslerinde tam kayba rağmen KSR'nin tamamen normal olduğunu söylemişlerdir. Bu veri bir refleksin doğası açısından gerçekten çok önem taşımaktadır. Refleks patofizyolojik açıdan yeniden ele alınırsa, bir refleks arkı afferent ve efferent sistemlerden oluşmaktadır. Muhtemel afferent sistemin tam olarak çalışmadığının belli olduğu bir durumda, refleksin elde ediliyor oluşu, bu refleksin başka bir afferent yolu aynı anda veya tek başına kullanıyor oluşu dışında başka bir çıkarıma yol açmaz. Muhtemel ki bu afferent yol vestibüler yapılardır¹.

Bu çalışmada öncül çalışmadan farklı olarak vestibüler etkilenme bulguları olan hastalar yer almaktadır (38 olgu). Bu olguların 22 tanesi (%56) tek yanlı, geri kalanı ise (%44) bilateral etkilenmesi klinik ve nörootolojik testlerle kanıtlanmış olgulardı (kalorik test ve odiometrik inceleme). Bu grupta, tek yanlı tutuluşu olan hastalarda % 55 oranında ipsilateral refleks yanıt alınamadı. Tek yanlı etkilenme olan gruptaki hastaların % 18' inde iki yanlı yanıt alınamazken, bir diğer %18'lik grupta iki yanlı normal yanıt elde edildi. İki olguda ise kontrlateral yanda yanıt elde edildi (% 9). Bu çalışmaya özgün olan bu sonuçlar, tek yanlı vestibüler etkilenmede genellikle (%55) ipsilateral refleks kaybının oluştuğu sonucuna bizi götürmektedir. Meniere sendromunda sıklıkla tek veya iki yanlı vestibülo-koklear disfonksiyon oluşmaktadır.

Çok eski klasik bilgilerde Meniere sendromunda görülen klinik bulgulardan birinin tutuluşun olduğu taraf doğru başın lateralizasyonu şeklindedir. Benzer bulgu 8. kranial sinir tutuluşunun olduğu Wallenberg sendromunda da tanımlanmıştır³⁹. Bu veriler bize KSR'i üzerinde vestibüler etkinliği şiddetle telkin etmektedir. Üstelik etkinin ipsilateral ve inhibitör ya da kontrateral eksitator nitelikte olabileceğini düşündürmektedir.

Bizim çalışmamızda; hemisferik lezyonlarda ve beyin sapı lezyonlarda olguların yaklaşık % 70'inde bilateral refleks cevap alınmadı.

KSR kaybı; serebral hemisferik lezyonlarda sağ ve sol hemisfer arasında bir fark olmaması bu refleks üzerine hemisferik etkilerin aynı olduğunu göstermektedir. Tek taraflı serebral hemisferik lezyonlarda bilateral refleks kaybı olması, KSR üzerine bilateral inhibisyonun olduğunu (eksitasyonun kalktığını) düşündürmektedir. Yine de tek taraflı serebral lezyonlarda bilateral KSR'in kaybını ve bağlantılarını açıklayacak yeterli veri yoktur. Ayrıca serebral lezyonlarda KSR'in tam kaybına yol açan spesifik bir bölge de gösterilememiştir (izole kortikal, subkortikal, anterior ve posterior serebral bölge lezyonlarının tümünde refleks kaybolmaktadır). Bu denli geniş ve farklı lezyonlarda etkilenmesi bir şekilde ilgili supraspinal ve vestibüler yapılarla olan bağlantıların varlığını göstermekte ancak lezyon lokalizasyonuna yapılamamaktadır.

Boyun propriyoseptif duysal girdileri sadece vücut postürünü düzenlemekle kalmaz aynı zamanda servikokollik refleksler yoluyla kafanın gövdeye göre pozisyonunun korunmasına yardımcı olur^{24,25,28}. Bazı hayvan deney modellerinde ventral trigeminoservikal refleks gibi refleks yollar gösterilmeye çalışılmışsa da insanlar için aynı yolların geçerliliği tartışmalıdır⁴⁰. Duysal sinyal, farklı polisinyaptik yollardan hem uyarılan ekstremitenin fleksör kaslarını innerve eden motor nöronları uyarır, hem de aynı ekstremitenin ekstensör kaslarını innerve eden motor nöronları inhibe eder. Bu refleksler resiprokal innervasyonla periferik gereksinime göre modüle edilirler. Bu reflekslerin oluşumunda Ia inhibitör ara nöronlar rol alır, ekstensör kas kasılırken fleksör kasın kasılması engellenir. Sağlıklı insanlarda boyun refleksleri, multisensoriyel intersegmental, postural kontrol mekanizmalarının bir parçasını oluşturmaktadır. Bu durum klinisyenlerin basit postural manevralar yardımı ile boyun fonksiyonlarını selektif bir şekilde değerlendirebilmelerini engellemektedir. Dolayısıyla kafanın stabilizasyonunu sağlayan mekanizmalar ve bu refleksin oluşumunda rol oynayan yapıların karmaşık bir ağ oluşturması muhtemeldir.

Tavşanlarda tonik serviko-oküler reaksiyonları ilk olarak tespit eden kişi Barany olmuştur²⁶. Söz konusu reaksiyonlar gövdenin , kafaya göre göreceli şekilde hareket etmesi sonucunda ortaya çıkmaktadır. İnsanda tonik boyun-göz refleksi sadece yeni doğanda veya nadiren yaygın ve ileri santral sinir sistemi lezyonları olan hastalarda bu tür refleksler görülebilmektedir. Bikles ve Ruttin iki taraflı tam vestibüler kayıp gelişen hastalarda, kafa rotasyonları sonucunda nistagmus geliştiğini ilk olarak bildiren kişilerdir. Bu yazarlar söz konusu nistagmusu, boyun eklemlerinden gelen sensoriyal inputlara atfetmişlerdir^{27,28}. Serviko-oküler refleksi ile ilgili olarak yapılan ve kafanın gövdeye göre sabitlendiği durumda gövdenin rotasyon yaptırmayla gelişen yanıtları inceleyen daha yeni çalışmalar, normal insanlarda bu refleksin zayıf olduğunu göstermektedir⁹. Ancak bazı normal olgularda yavaş bir nistagmus ortaya çıkabilmektedir. Akkiz vestibüler kayıplarda, adaptasyon amacıyla bu refleks artış göstermekte ve bu nedenle, insanlarda ve maymunlarda vestibulo-oküler refleks defisitinden doğan eksikliğin yerini almaktadır. Hayvanlarda suboksipital kasların transvers kesisi, C1-C3'ün cerrahi olarak de-aferentasyonu veya suboksipital anestezi sonucunda lokomotor ataksi meydana gelmektedir. İnsanlarda derin posterolateral boyun dokusunun lokal anestezisi geçici bir şekilde ipsilateral tarafta artmış, kontrateral tarafta ise azalmış extensor kas tonusu ortaya çıkmakta ve bunun sonucunda düşme ve yürüme deviasyonlarına neden olmaktadır. Kısacası servikal köklerin veya servikal kasların anestezisi veya kesisi sonucunda somatosensorial inputlarda bir asimetri ortaya çıkmasından dolayı boyun afferentlerinin unilateral irritasyonu veya defisiti servikal tonus dengesizliğine neden olur ve bunun sonucunda vestibüler ve boyundan gelen inputların entegrasyonu bozulur^{9,19,28,22}. Masaki ve arkadaşlarının servikal reflekslerin vestibüler bağlantıları ve bu bağlantılarda AS ve SCM kasın rolünü yaptıkları hayvan çalışmalarında gösterdiler³⁶. Uludağ ve Ertekin tarafından AS KSR' de efferent lifler taşıdığı ve bu refleksin SCM kasında kayıtlandığını gösterdiler¹. Bu çalışma Uludağ ve Ertekin'in yaptığı çalışmayı desteklemektedir.

Yukardaki araştırmalar ışığında kafa stabilizasyon refleksi değerlendirildiğinde, bu refleks denge ve postürün korunmasına yönelik mekanizmaların sonucu oluştuğunu düşündürmektedir. KSR üzerine periferik girdiler önemli olmakla birlikte, santral etkilerin (ki bunların daha çok eksitator olduğunu düşünüyoruz) esas rol oynadığı görülmektedir¹. Kronik serebellar lezyonlarda akut ve kronik dönemlerde de KSR'nin geri gelmemesi adaptasyon mekanizmasının olmadığını yada plastisite

ile açıklanabilen bir takım fonksiyonlar geri gelse bile KSR 'in geri dönmediği ve buda bu refleks yollar üzerinde ciddi kesintiler veya inhibisyonu düşündürmektedir³⁷.

KSR refleksin fizyolojisi nasıl işlemektedir? Polisinaptik bir refleks mi? Yoksa monosinaptik bir refleks mi? Bizim çalışmamızda ve Uludağ ve Ertekin'in çalışmasında KSR'in polisinaptik bir refleks olduğunu düşündürmektedir¹. Bu çalışmalarda; latansın 40-60 ms gibi uzun olması, ardışık uyarılarla giderek latansın değişkenlik göstermesi bu tezimizi desteklemektedir. Polisinaptik refleks arkına katılan ara nöronlar ve bunların supraspinal bağlantılarını açıklayabilmek şimdiki bilgilerimizle çok mümkün gözükmemektedir. Burada inhibitör ara nöronların refleksin koordinasyonunda özel rolleri olduğunu düşünüyoruz. Ara nöronlara olan girdilerin konverjansı, refleks yanıtların esnekliğini artırır. Omurilik ve beyin sapındaki ara nöronlar üzerine çok farklı kaynaklardan gelen bilgilerin konverjansı söz konusudur. Yaygın konverjans alan nöronların içinde en çok araştırılanı Ib inhibitör ara nöronlardır. Bunlar temel girdilerini kas gerilimine duyarlı olan Golgi tendon organlarından alırlar. Golgi tendon organlarından kalkan Ib afferent liflerinin refleks etkinlikleri, Ib inhibitör ara nöronlara gelen çok çeşitli girdilerle modüle edilir^{22,38,41,42}.

Lorne Mendell ve Elwood Henneman tek bir Ia lifinden gelen aksiyon potansiyellerin spinal motor nöronlarda nasıl ve ne nicelikte yayıldığını bilgisayar ortamında araştırdılar. Kedilerdeki hayvan modelinde medial gastrocnemius kasının motor nöronlarının ve tek bir Ia aksonunun tüm homonim motor nöronlarla eksitator sinapslar yaptığını gördüler⁴². Bu karmaşık nöronal bağlantılara supraspinal yapıların afferent ve/veya efferent bağlantıların katılması kuvvetle muhtemeldir. Özellikle serebellar bağlantılar hayvan modellerinde gösterilmiştir^{44,45}. Bununla birlikte ventrolateral meduller alanın bazı reflekslerin (özellikle depresör reflekslerin) oluşumunda rol oynadığı vurgulanmaktadır⁴⁶.

KSR diğer beyin sapı reflekslerinden (Göz kırpma refleksi, kornea refleksi, Çene refleksi, masseter inhibitör refleks, korneomandibular refleks gibi) ayıran önemli özellik; KSR'nin kortikal, subkortikal, serebellar, beyin sapı ve vestibuler sınırlı lezyonlarda hızlı bir şekilde kaybolmasıdır (sonuçlar bölümüne bakınız). Oysa yukarda sözedilen diğer beyin sapı reflekslerinde daha çok beyin sapı ve ilişkili kranial sinirlerin ciddi lezyonlarında kaybolmaktadır³³. Adı geçen beyin sapı refleksleri ile ilgili ayrıntılı bir çok çalışma olmasına rağmen KSR hakkında yeni tanımlanmış olması nedeneyli yeterli bilgi yoktur.

Sonuç olarak bu çalışmada hemisferik lezyonlarda (%70 oranında bilateral kayıp), bilateral Serebellar lezyonlarda (% 84 oranında bilateral KSR kaybı), unilateral serebellar lezyonlarda (%50 bilateral, %37 ipsilateral refleks . kaybı), bilateral vestibuler etkilenme olan olgularda (%94 oranında bilateral refleks kaybı), unilateral vestibuler etkilenme olan olgularda (%55 oranında ipsilateral) KSR kaybı olması; KSR üzerine hemisferik lezyonlar, serebellar ve vestibüler yapıların etkili olduğunu göstermektedir. Bu etkinin eksitator bir etki olduğunu ancak lezyonun oluşmasıyla eksitasyonun kaybolduğu ve KSR inhibe olduğunu düşündürmektedir. Ancak bu etkinin nasıl ve ne şekilde olduğu, bağlantıları ve varsa SSS'indeki seyirleri başka çalışma modellerine ihtiyaç duymaktadır. KSR' in tanısal amaçlı kullanımı; nonspesifik olması nedeniyle günümüzde pek kullanışlı olmadığı düşüncesindeyiz.



ÖZET

Kafa Stabilizasyon Refleksi (KSR) kafanın ani pozisyon değişikliğine karşı boyun kaslarında ortaya çıkan , başı eski pozisyonuna getirmeye yönelik bir reflektir¹. Elektrofizyolojik metodolojisi bilim dalımızda tanımlanmış olan bu beyin sapı refleksinin mekanizmaları tam aydınlatılabilmiş değildir. Afferent sistemini servikal kas içcikleri ve vestibüler yapılar oluşturmaktadır. Efferent yolunu Aksesör sinir yapmaktadır. Saf spinal segmental bir refleks olmadığı ve bu segmental ark üzerinde supraspinal yapıların rolü olduğuna dair kuvvetli veriler vardır. Özellikle Serebellar sistemin etkisi aşıkardır¹. Bu çalışmada kafa stabilizasyon refleksi üzerine etkisi muhtemel supraspinal nöral yapıların ve vestibuler sistemin rolü araştırıldı.

Çalışmaya değişik düzeylerde lezyon veya fonksiyon bozukluğu bulunan hasta (88 olgu) grupları ve hasta grupları ile cins ve yaş denkliği sağlanmış normal denekler (32 olgu) alındı. Frontoparietal lezyon(33 olgu), Serebellar sendrom (14 olgu), beyin sapı infarkt (2) ve vestibüler ineksitabilite veya hipereksitabilite (39) olgular çalışmaya alınan vaka gruplarıdır. Kayıtlar Viking IV D EMG cihazında çift kanal senkron kayıtlamalar ile elde edilmektedir. Denek bir sandalyeye oturtularak, baş nötr pozisyonda iken her iki sternokleidomastoid (SKM) kasa konstantrik iğne elektrodlar ile girilmekte, ardından aksesör sinir posterior triangle bölgesinde supramaksimal olarak elektrik stimülatör ile uyarılmaktadır. Uyarılan tarafın karşısındaki SKM kastan yaklaşık 45-55 ms ler civarında bir refleks yanıt elde edilmektedir.

Tek taraflı Serebellar lezyonlu oğuların yaklaşık % 37'sinde ipsilateral refleks kaybı varken, olguların % 50' sinde bilateral kayıp vardı. Bilateral Serebellar bulgu ve lezyonu olan olguları %84 de bilateral KSR kayboldu, tek taraflı geniş kortikal lezyonlarda %70 oranında bilateral KSR kayıptı ve bilateral vestibuler etkilenme olan olgularda %94 oranında bilateral refleks kaybı, unilateral vestibuler etkilenme olan olgularda %55 oranında ipsilateral KSR kaybı gözlendi. Serebral kortikal lezyonun sağ veya solda olması KSR üzerine etkisini değıştirmiyor. Bu verilerden yola çıkarak supraspinal yapıların ve vestibuler sistemin KSR üzerinde eksitatör etkisi olabileceğini düşündürüyor. Bu etki bir çok supra segmental ve vestibuler etkilenmelerde kaybolmaktadır. Bu nedenledir ki KSR'in lokalizasyon değeri oldukça zayıf olduğunu düşünuyoruz. KSR' in tanısal amaçlı kullanımı; nonspesifik olması nedeniyle günümüzde pek kullanışlı olmadığını düşünuyoruz.

KAYNAKLAR

- 1- Uludağ B, Ertekin C. The head stabilization reflex by stimulation of accessory nerve. J.Neurological Sciences 1999;167;68-72
- 2- Guyton M.D,Arthur C, at all. Textbook of medical physiology 10. 2000; 640-646
- 3- Goldberg J, Peterson BW. Reflex and mechanical contributions to head stabilization in alert cats. J Neurophysiol 1986; 56: 857-875
- 4- Baldissera F, Hultborn H, Illert M. 1981. Integration in spinal neuronal systems. In: JM Brookhart, VB Mountcastle , VB Brooks, SR Geiger (eds) . Handbook of Physiology: The Nervous system, pp.509-595 Bethesda, MD: American Physiological Society.
- 5- Marsden CD, Merton PA, Morton HB, .Human postural responses . Brain 1981: 104: 513-534.
- 6- Brandt .T.Cervical vertigo: reality or fiction? Audiol Neurotol 1996: 1:187-96.
- 7- Brandt T, Bronstein. A.M, Cervical vertigo; J.Neurol Neurosurg Psychiatry 2001: 71: 8-12
- 8- Margner T, Siebold C, Schweigart G, et al. Humaan perception of horizontal trunk and head rotation in space during vestibular and neck stimulation. Exp Brain Res 1991; 85:389-404.
- 9- Bronstein A.M, Hood JD. Cervical nystagmus due to loss of cerebellar inhibition on the cervico-ocular reflex: a case report . J.Nerol . Neurosurg Psychiatry 1985; 48:128-31
- 10- Bronstein. A.M, Hood JD. The cervico-ocular reflex in normal subjeects and patients with absent vestibular function. Brain Res 1986; 373: 399-408
- 11- Cooper S, Daniel PM. Muscle spindles in man; their morphology in the lumbricals and the deep muscles of the neck. Brain 1963; 86: 563-86
- 12- Richmond FJR, Bakker DA. Anatomical organization and sensory receptor content of soft tissues surrounding upper cervical vertebrae in the cat. J.Neurophysiol 1982; 48; 49-61

- 13- Nakamura T, Bronstein AM, The perception of head and neck angular displacement in normal and labyrinthine defective subjects. A quantitative study using a remembered saccade technique. Brain 1995; 118: 1157-68
- 14- Brandt Th, Krafczyk S, Malsbenden J, Postural imbalance with head extension : Improvement by training as a model for ataxia therapy. Ann NY Acad Sci 1981: 374:636-49
- 15- Wolsley CJ, Sakellari V, Bronstein AM. Reorientation of visually evoked postural responses by different eye in orbit and head on trunk angular positions. J. Exp Brain Res 1996; 111:283-8
- 16- Thurell A, Bertholon P, Bronstein AM. Reorientation of visually evoked postural response during passive whole body rotation. Exp Brain Res 2000:133:229-232.
- 17- Wapner S, Werner H, Chandler KA. Experiments on sensory-tonic field theory of perception J Exp Psychol 1951; 42 : 341-45
- 18- Matthews PBC, The reflex excitation of the soleus muscle of the decerebrate cat caused by applied to its tendon. J Physiol 1966; 184: 450-72
- 19- Biguer B, Donaldson IML, Hein A, et al. Neck muscle vibration modifies the representation of visual motion and direction in man. Brain 1989;111: 1405-24
- 20- Strupp M, Arbusow V, Dieterich M, et al Perception and oculomotor effects of neck muscle vibration in vestibular neurosis. Ipsilateral somatosensory substitution of vestibular function Brain 1988; 12:677-85
- 21- Liddell EGT, Sherrington C : Reflexes in response to stretch (myotatic reflexes). Proc. R Soc Lond B Biol Sci 1924; 96:212-242
- 22- Kandel R.E, et al; Principles of neural science; Chapter 36, 2000, 713-736
- 23- Magnus R Körperstellung. Berlin Springer, 1924.
- 24- Peterson BW, Goldberg J, Bilotto G, et al. Cervicocollic reflex : its dynamic properties and interaction with vestibular reflexes. J Neurophysiol 1985; 54: 90-109
- 25- Kanaya T, Gresy MA, Bronstein AM, et al Control of the head in response to tilt of the body in normal and labyrinthine –defective human subjects. J Physiol 1995; 489: 895-910.

- 26- Barany R. Augenbewegungen, durch Thoraxbewegungen ausgelost. Zbl Physiol 1906;20:298-302.
- 27- De Kleyn A, Stenvers HW; Tonic neck reflexes on the eye muscles in man.Proc Kon Ned Akad Wet 1941;44:385-396.
- 28- Bikeles F, Ruttin E. Über die reflektorischen kompensatorischen Augenbewegungen bei beiderseitiger Ausschaltung des N vestibularis. Neurol Zbl 1915; 34:807-810
- 29- Gilman.S;Newman.SW; Manter and Gatz's Essentials of Clinical Neuroanatomy and Neurophysiology 1987
- 30- Peter Duus; Neurologisch-Topische Diagnostic: Anatomie-Physiologie- Clinic- 1998
- 31- De Joung PTVM, de Jong JMBV, Cohen B, et al.Ataxia and nystagmus induced by injection of local anesthetics in the necki Ann Neurol 1977; 1:240-6
- 32- Biemond A, de Joung JMBV. On cervical nystagmus and related disoredrs. Brain 1969; 92:437-9
- 33- Gilbert R. et all;Cortical spreading depression and involvement of the motor cortex, auditory cortex, and cerebellum in eyeblink classical conditioning of the rabbit. Neurobiology of Learning and Memory 2001; 78, 234-245.
- 34- Aramideh M and Ongerboer de visser B.W; Brainstem reflexes: Electrodiagnostic techniques, physiology, normative data, and clinic applications. July 2002; Muscule & Nerve, 26: 14-30
- 35- Ertekin C, Çelebisoy N, Uludağ B; Trigemino-cervical reflexes in normal subjects. J Neurological sciences143-(1996); 84-90
- 36- Masaki Y, et all; Cervical reflex induced by click stimuli in cats. Acta Otolaryngol 2002 Sep; 122 (6): 607-12
- 37- Hirata Y, Highstein SM; Plasticity of the vertical vestibulo-ocular reflex: a system identification appro localizing the adaptive sites. Ann N Y Acad Sci 2002 Dec; 978: 480-95
- 38- Starose'tseva NG, Ivanichev GA; Spinal-bulbo-spinal polysynaptic reflex in clinical neurology. Zh Nevrol Psikhiatr Im S S Korsakova 2002; 102(9): 26-31

- 39- Armin R.Haerer; Dejong's The Neurologic Examination 5.Edition. 1992-173.
- 40- Kato S, Papuashvili N, Okada YC; Identification and functional characterization of the trigemi ventral cervical reflex pathway in the swine. Clin Neurophysiol 2003 Feb; 114(2): 263-71
- 41- Pearson KG, Collins DF; Reversal of the influence of group Ib afferents from plantaris on activity in model gastrocnemius activity during locomotor activity. J Neurophysiol 1993; 70:1009-1017.
- 42- Mendell LM, Henneman E; Terminals of single Ia fibers ; location, density, and distribution within a pool of 300 homonymous motoneurons. J Neurophysiol 1971; 34: 171-187
- 43- Stephen G. Waxman ; Correlative Neuroanatomy : Lange Medical Books 24.edition. 2002
- 44- Garwicz M; Spinal reflexes provide motor error signals to cerebellar motor relevance for motor coordination. Brain Res Rev 2002 oct; 40 (1-3) : 152-65
- 45- Anderson JH et all; The vestibulo-ocular reflex and velocity storage in spinocerebellar ataxia 8. Arch Ital Biol 2002 Oct; 140(4): 323-9
- 46- Ding BC, Wang P. Role of ventrolateral medullary areas in depressor reflex. Sheng Li Ke Xue Jin Zhan 1998 Jul; 29 (3): 271-4

EK TABLOLAR

No	Olgu	Cinsi	Yaşı	Tanı	R.P (4/4)	R.Amp (mv)	R.E.L (ms)	R.EUL (ms)	L.P (4/4)	L.A (mv)	L.EL (ms)	L..EUL (ms)
1	BS	E	50	NK	3	852	45	60	3	400	42	60
2	ÇN	K	52	NK	3	980	48	60	1	485	70	70
3	ÇB	K	38	NK	3	200	36	75	2	150	55	60
4	EH	K	50	NK	4	260	50	66	4	130	50	59
5	KS	K	48	NK	4	610	46	70	4	340	38	39
6	KN	K	52	NK	4	140	48	55	4	350	65	75
7	MS	E	36	NK	4	250	37	55	4	500	55	65
8	YP	E	45	NK	2	310	66	68	3	450	45	60
9	ŞN	K	43	NK	3	410	45	60	4	380	42	74
10	YS	K	38	NK	4	800	50	55	4	500	20	50
11	YK	K	40	NK	4	120	45	65	4	300	40	60
12	YS	K	40	NK	4	410	42	75	4	280	40	49
13	NR	K	40	NK	4	400	40	70	4	500	22	70
14	PM	E	61	NK	3	140	63	72	4	200	55	64
15	HM	K	43	NK	2	180	45	48	4	160	46	56
16	DG	K	58	NK	3	100	40	64	3	450	35	60
17	OM	K	47	NK	4	200	42	65	4	1200	43	70
18	TF	E	49	NK	3	550	55	60	4	1000	40	55
19	ES	E	57	NK	3	210	50	60	4	750	48	60
20	TR	E	52	NK	4	110	40	65	4	400	30	58
21	NK	K	40	NK	4	400	55	68	3	1000	60	68
22	ÇM	E	49	NK	4	580	44	64	4	700	50	72
23	DC	K	57	NK	3	250	25	46	4	600	20	42
24	KT	E	59	NK	4	250	38	46	4	450	26	44
25	KG	K	34	NK	2	300	34	46	3	432	40	50
26	AF	K	30	NK	4	350	25	40	3	75	45	48
27	KM	E	48	NK	3	400	25	35	3	45	48	65
28	KB	K	19	NK	4	900	40	43	4	375	40	40
29	YS	K	53	NK	4	600	30	40	4	300	39	42
30	KR	E	37	NK	3	560	35	45	4	360	41	50
31	TMS	E	26	NK	4	600	45	62	4	350	36	60
32	TM	E	42	NK	3	190	42	46	3	800	38	45
33	AM	K	67	R.S	0	0	0	0	4	110	45	50

34	AE	E	20	SCA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	AC	K	65	RS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	CB	K	76	LS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	DH	E	73	LS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	EK	E	67	LS	2	400	37	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	ED	E	57	BS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	HA	E	75	RS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	KM	E	54	BS	2	300	20	25	3	300	36	56	0	0	0	0	0
42	UA	K	23	BS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	UG	K	58	BS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	YF	K	64	RS	4	1600	50	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	HF	K	64	RS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	ÖA	K	69	BS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	AF	K	62	L-ASM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	BN	K	68	L-ASM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	CE	E	43	L-ASM	3	380	46	68	4	300	55	65	0	0	0	0	0
50	BN	E	62	L-ASA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	ÇA	K	80	L-PSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	DG	K	66	L-ASM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	DI	E	68	L-ASM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	EP	K	45	L-ASM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	EY	E	54	L-ASM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	HS	K	70	L-ASM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	HA	E	67	L-ASM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	II	E	49	L-ASM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	KH	K	63	L-ASM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	KA	E	40	L-ASM	1	100	46	46	2	180	58	70	0	0	0	0	0
61	MH	K	52	L-ASM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	OH	E	76	L-ASM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63	OH	E	68	L-ASM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
64	TF	E	72	L-ASM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	YG	K	29	L-ASM	4	300	37	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
66	YA	E	57	L-ASM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67	BS	K	42	R-ASM	3	850	50	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	AK	K	74	R-ASM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
69	AL	E	56	R-ASM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

70	AK	K	74	R.ASM	0	0	0	0	0	0	4	250	55	58
71	AF	K	74	R.ASM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72	AV	K	65	R.ASM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	GS	K	51	R.ASM	0	0	0	0	0	0	3	1000	20	45
74	GZ	K	53	R.ASM	2	580	45	80	0	0	0	0	0	0
75	SM	E	59	R.ASM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
76	ÜO	E	74	R.ASM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
77	YS	E	55	R.ASM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	BM	E	68	R.ASM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	CR	E	67	R.ASM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	BB	K	65	L.I	1	200	45	45	0	0	0	0	0	0
81	ÇM	K	43	L.I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
82	DM	K	42	L.H	2	250	58	66	0	0	0	0	0	0
83	DA	K	58	L.I	3	300	50	65	4	500	26	46	65	49
84	EN	K	40	L.H	4	1620	40	55	4	1400	36	65	49	0
85	GP	K	70	L.I	0	0	0	0	0	100	48	0	0	0
86	GG	K	47	L.H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87	MS	K	37	L.H	4	300	30	65	1	200	68	68	0	0
88	ÖŞ	E	50	L.I	3	250	30	60	0	0	0	0	0	0
89	ÜM	E	69	L.I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	DG	K	40	L.I	4	410	35	50	0	0	0	0	0	0
91	ÜS	K	45	L.I	4	310	42	50	0	0	0	0	0	0
92	CA	K	42	L.I	4	200	40	68	0	0	0	0	0	0
93	QR	K	59	R.I	0	0	0	0	4	220	51	60	72	80
94	ÇG	K	71	R.I	0	0	0	0	4	600	56	72	80	73
95	DZ	K	47	R.I	3	400	65	75	2	180	75	80	54	0
96	KF	K	59	R.I	0	0	0	0	1	35	73	73	0	0
97	LS	K	70	R.I	0	0	0	0	4	250	48	54	0	0
98	ÖY	E	60	R.I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
99	SE	E	42	R.H	4	300	55	70	4	350	56	63	0	0
100	TB	K	32	R.I	3	800	38	74	0	0	0	0	0	0
101	VF	K	33	R-I	0	0	0	0	4	780	35	48	0	0
102	KE	K	60	BI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
103	BN	K	69	BI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
104	DE	K	52	BI	2	200	72	76	0	0	0	0	0	0
105	KM	E	35	BI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100. 101. 102. 103. 104. 105.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----|---|----|-----|---|-----|----|----|---|-----|----|----|----|----|
| 106 | OY | E | 65 | BI | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 107 | ÖM | K | 70 | BI | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 108 | TF | K | 64 | BI | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 109 | ÇA | K | 32 | BI | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 110 | AD | K | 67 | BI | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 111 | SM | K | 52 | BI | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 112 | DR | E | 47 | BI | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 113 | RÜ | K | 28 | BI | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 114 | ÜS | K | 70 | BI | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 115 | SR | K | 69 | BI | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 116 | ON | K | 22 | BI | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 117 | YM | E | 58 | BI | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 118 | BB | K | 47 | R.T | 4 | 400 | 58 | 66 | 4 | 300 | 53 | 55 | 55 | 55 |
| 119 | İC | E | 30 | LT | 4 | 500 | 40 | 65 | 4 | 600 | 35 | 65 | 65 | 65 |
| 120 | ŞŞ | E | 73 | BSE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 121 | TA | E | 64 | BSE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

TABLODA KULANILAN KISALTMALAR

R.P:Sağ SCM kasında elde edilen KSR persistansı
L.P: Sol SCM kasında elde edilen KSR persistansı
R.E.L: Sağ SCM kasında elde edilen en kısa latans
L.E.L: Sol SCM kasında elde edilen en kısa latans
R.EUL: Sağ SCM kasında elde edilen en uzun latans
L.EUL: Sol SCM kasında elde edilen en uzun latans
NK: Normal kontrol
RS: Sağ serebellar sendrom
LS:Sol serebellar sendrom
SCA:Spinocerebellar ataksi
BS:Bilateral serebellar sendrom
R-ASM:Sağ arterya serebri media infarktı
L-ASM:Sol arterya serebri media infarktı
R./R.H:Sağ inekstabilite/Hipoekstabilite
L./L.H:Sol inekstabilite/Hipoekstabilite
B./B.H:Bilateral inekstabilite/Hipoekstabilite
R./L.T: Sağ tortikolis/Sol tortikolis
BSE: Beyin sapı infarktı