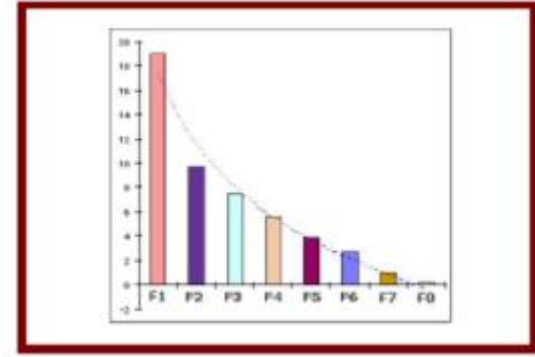


TETRAX: POSTURAL SALINIMIN FOURIER DÖNÜŞÜMÜ



Fourier dönüşümü herhangi tipteki ve değişik orijinli siri davranışı olarak tanımlanır.

Standart bir dalga sinyalinin boyutları yani eksenleri frekans ve yoğunluktur (genlik). Dalganın grafiğinde yoğunluk y-ekseninde, frekans zaman saniye olarak x-ekseninde gösterilir. Fourier dönüşüm grafiklerinde x-ekseni boyunca uzanan sırasıyla soldan sağa doğru değişen düşük –yüksek frekans değeri olan hertz başına düşen yoğunluk y-ekseninde gösterilir. Örneğin postural salınım dalgalarının düşük frekans değerleri 0.01 ile 3 Hz. Arasındadır. Duruş salınıminin Fourier Spektrumu Analizi çeşitli çalışmalarda dikkatlice keşfedilmiş ve incelenmiştir.^{1 2 3 4 5 6}

Bu çalışmalar postural frekansların tipik sınırlarını ortaya çıkarmaktadır.

Bu sınırlar frekans bandları olarak isimlendirilir ve alt postural mekanizmaların aktivitelerini açıklar. Postural frekansın ifade ettiği alt sistemler başlıca vestibuler, somato-sensory ve diğer alt sistemlerdir. Postural salınımin spektral analizi klinik teşhisler için değerli bir araç olmaktadır.

Tetrax sistemi postural salınımin frekans bandları:

$$\begin{aligned} F1 &= 0.01 - 0.1 \text{ HZ} & F5 &= 0.50 - 0.75 \text{ HZ} \\ F2 &= 0.1 - 0.25 \text{ HZ} & F6 &= 0.75 - 1.00 \text{ HZ} \\ F3 &= 0.25 - 0.35 \text{ HZ} & F7 &= 1.00 - 3.00 \text{ HZ} \\ F4 &= 0.35 - 0.50 \text{ HZ} & F8 &= 3.00 \text{ HZ ve üzeri} \end{aligned}$$

Çeşitli posturografik sistemlerle yapılan deneysel çalışmalara istinaden bahsedilen frekans bölgelerindeki ağırlıklı salınımlar ilgili patolojik postural alt sistemlere yada dengeyi telafi edici kullanılan sistemlere işaret eder.

Başka bir deyişle fonksiyon yokluğu yada zayıflığı ilgili frekans bölgelerinde düşük yoğunluklu salınımlar olarak görülebilir.

1 DeWit, G. Optic versus vestibular and proprioceptive impulses, measured by posturography.

Agressologie, 1972, 13-C, 79-82.

2 Taguchi, K. Spectral analysis of the movement of the center of gravity in vertiginous and ataxic patients. *Agressologie*, 1978, 19-B, 69-70

3 Gagey P.M et Toupet, M. L'amplitude des oscillations posturales dans la bande de fréquence 0.2Hertz. *Etude chez le sujet normal*. Paris, Publications de l'Institut de Posturologie, 1998

4 Patat A. Residual effects on the equilibrium of three hypnotics (loprazolam, flunitrazepam, triazolam) assessed by spectrum analysis of postural oscillations. *Therapie*, 1986

5 Ferdjallah, M. Harris, G.F. Wertsch, J.J. Instantaneous spectral characteristics of postural stability, using time-frequency analysis. *Proceedings of the 19th Annual Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology*. 1997, Vol. 19 pg. 1675-1678

6 Laughlin, P.J., Redfern M.S. Spectral analysis of visually induced postural sway in healthy elderly young subjects. *IEEE Transactions of Rehabilitation Engineering*, 2001, 9, (1), p.24-30

Pragmatik amaçlar için yukarıda tanımlanan 8 frekans bölgesi (F1, F2-F4, F5-F6, F7-F8) ile gösterilir. Ve sırasıyla düşük, düşük orta, yüksek orta ve yüksek diye adlandırılır. Bu dört adet frekans bölgesinin klinik önemi aşağıda detaylı olarak anlatılmaktadır.

1. Düşük Frekans Bandı (F1)

Normal postural performans düşük frekans (0.1 Hz) bölgesinde yüksek yoğunluk olarak görülür.⁷ Bu sonuç dengenin tam olarak vestibüler-otolitik mekanizma tarafından kontrol edildiğini gösterir. for normal persons is controlled by an intact oculomotor vestibular-otolythic
Bu tip bir postural sistemin grafiği Figür 1-1. gösterilmektedir.

Gagey et al (1998) "Fine Postural System" iyi kontrollü postüral sistem ("A Fine Tuned Postural System"), ağırlıklı olarak 0.2 Hz. frekans civarında salınım gösterir diye tanımlar.

Aynı zamanda normal nefes alıp verme ritmiyle etkisi gözle görülür.

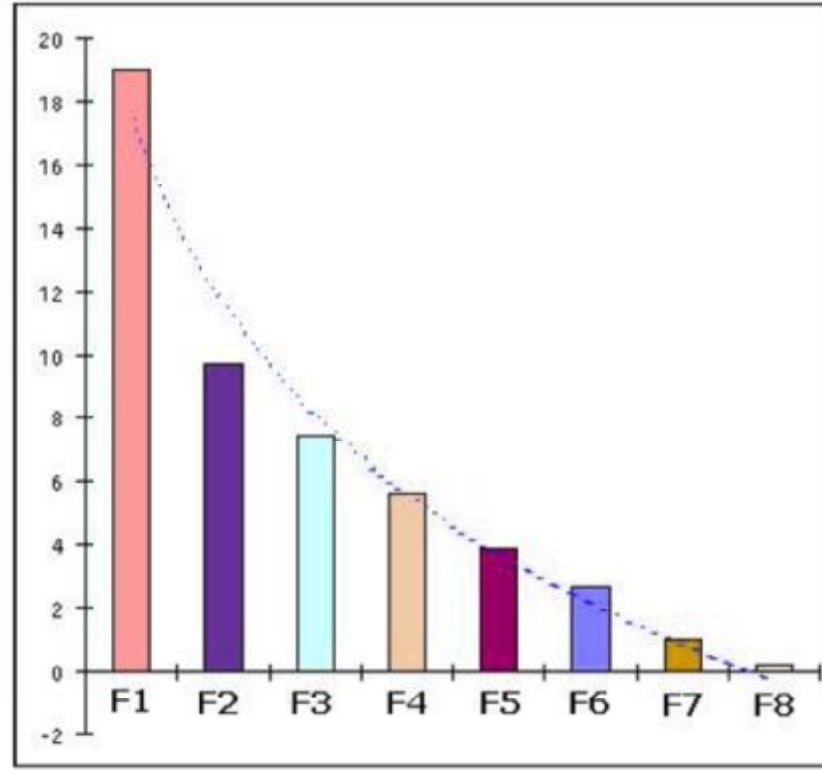
Minimum efor ve stres ile normal, kararlı, durağan postural etki 0.2 Hz altında aktive olan semi-circular ların kullanılmasına gerek kalmadan sağlanır. ⁸

Figür 1-2 Multiple Sclerosis tarafından ekilenen postural sistemi gösterir. Dikkat edilecek husus F1 ve F2 frekans bandlarındaki salınım yoğunluğunun ters etkisi görülmektedir. ⁹

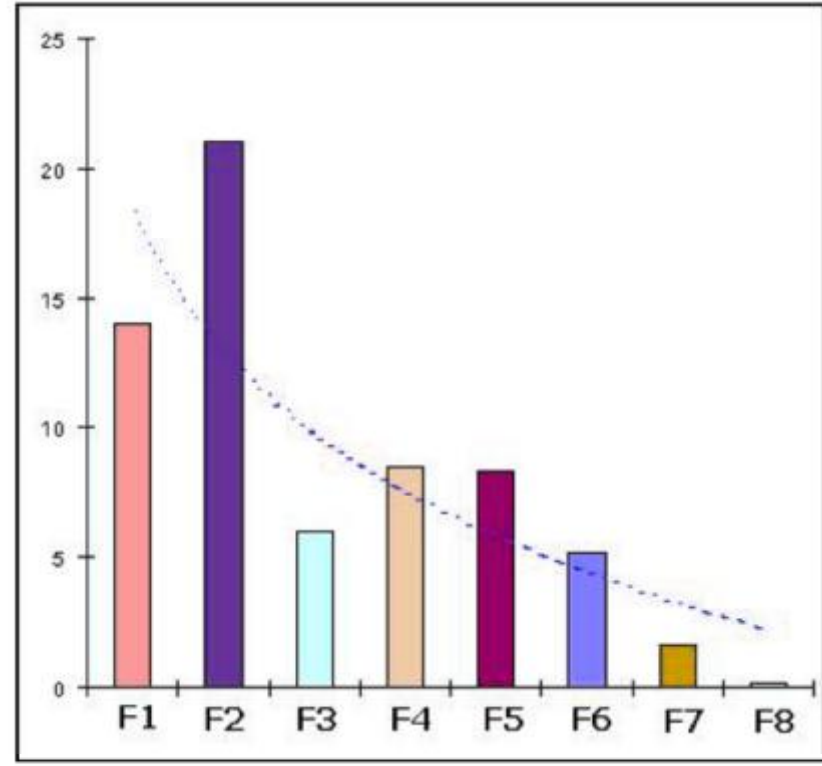
⁷ Nashner, L. M. Organisation and programming in motor activity during postural control. Progr. Brain Research, 1979, 50, 177 – 184

⁸ Gagey P.M., op. cit.

⁹ Alpini, D., Caputo, D., Pellegatta, D., Fini, M. The evaluation of balance disorders in multiple sclerosis by means of Tetraxiometry. Proceedings of the 10th Meeting of the European Neurological Society. Jerusalem, 2000



Figür 1-1 Normal İnsanların Fourier Spektrumu.
Not: ağırlıklı sapma düşük frekanslarda (0.01-0.1Hertz).

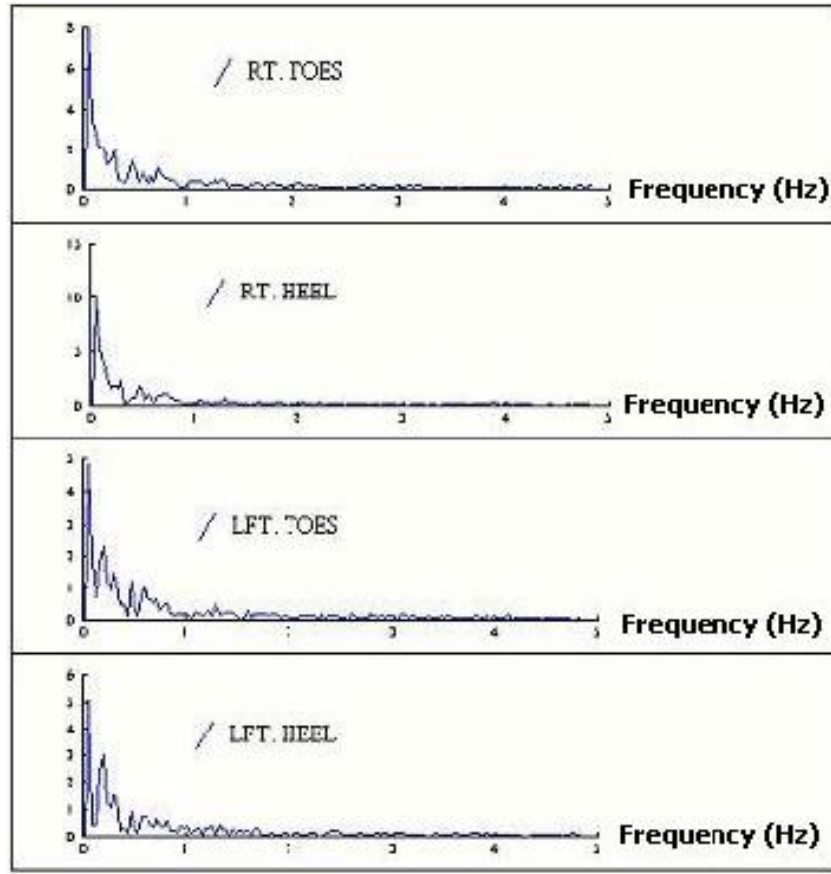


Figür 1-2 Fourier Spectrum of Multiple Sclerosis hastalarının Fourier spektrumu.
Not: düşük frekans bölgesinde bozukluklar.

2. Düşük Orta Frekans Bandı (F2-F4)

Yukarıda tanımlanan düşük frekans salınımları etkin dengeyi sağlamada başarısız olursa Orta düşük frekans salınımları uyarılır,yani 0.3Hz. civarında salınımlar başlar. Böyle bir salınım fizyolojik olarak alkollü durumlarda,yorgunluk ve fiziksel tükenmişlik durumlarında görülür. Ek olarak Tetrax ile yapılan klinik deneyimler periferik vestibüler patolojisi olan hastalarda aynı bölgede salınımlar göstermiştir. İlginç bir notta ortalama insan boyuna denk bir sarkacın 0.3 –0.4 Hz. civarında salınım göstereceğidir.Bu nedenle teorik olarak insan organizması bir çeşit 0.3 Hz. civarında salınan postural tampon sistemi ile ifade edilebilir.Şöyleki insan dengesi bir tehditle karşılaştığında artık eski gibi 0.2 Hz. altında durağan bir postüre sahip olamayacaktır.Hemen periferik vestibüler sistemin bir parçası olan semi-circular kanallar devreye girecek ve tampon mekanizmasında önemli bir rol oynamış olacaktır. 10 11 12

Normal postural salınım frekansları (Figür 2-1) ile peripheral vestibülerin aktif olduğu postural salınımlar arasındaki farklar belirgindir (Figür 2-2).

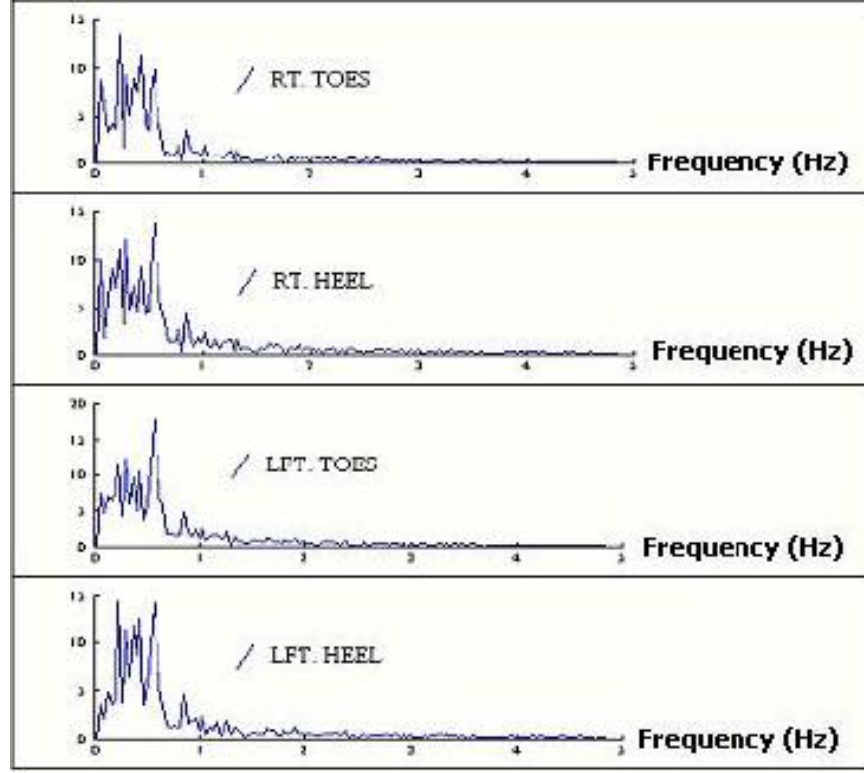


Figür 2-1 Normal postural salınım.

10 DeWit, G., op. cit.

11 Taguchi, K. op. cit.

12 Kollmitzer, J., Ebenbichler, G.R., Sabo, A. Kersch, K., Bochsansky, Th. Effects of back extensor training versus balance training on postural control. *Medicine & Science in Sports & exercise*, 2000, 1770-1776



Figür 2-2 peripheral vestibular bozukluğu olan hastanın salınımları

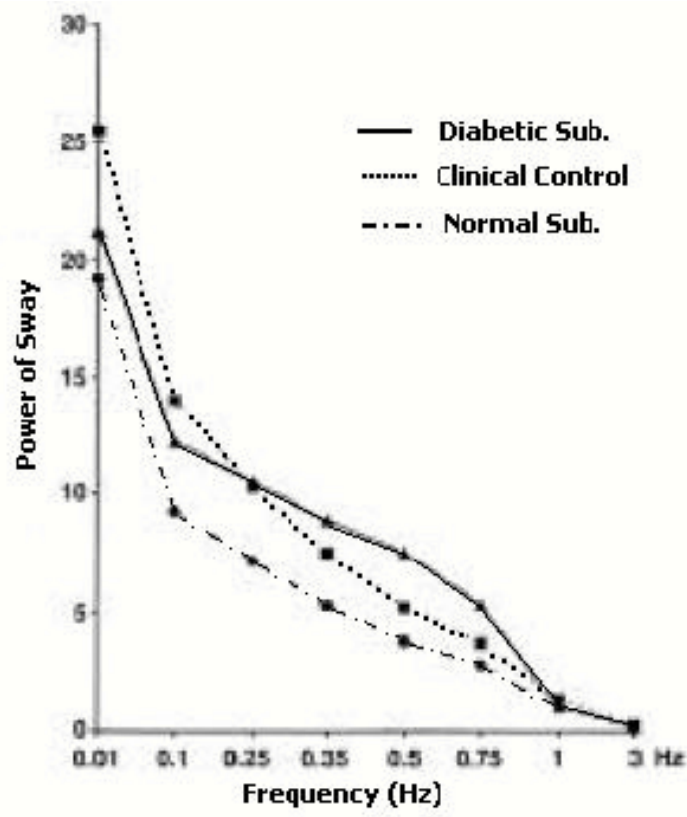
3. Yüksek Orta Frekans Bandı (F5-F6)

Yüksek orta frekans bölgesinde yoğunlaşmış salınımlar somato-sensor hareketliliğini gösterir. Oluşan somoto sensör reaksiyonlar ellerin ayakların, omurganın ve sırt alt tarafının motor teçizatı etkisi aracılığıyla oluşur.

Yüksek orta fourier spektrumundaki dalgalanmalar ellerin(kol) ve ayaklardaki(bacak) problemlerin göstergesidir.

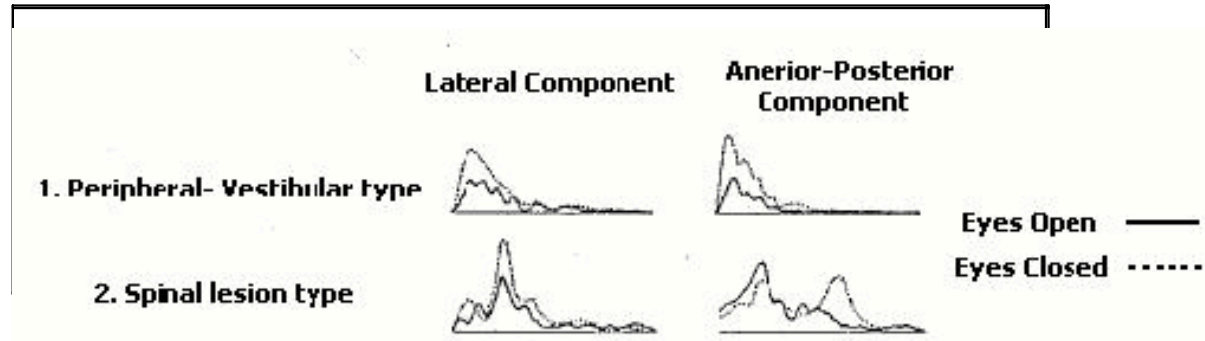
Ayrıca diyabetik nöropatide de görülür. Figür 3-1.13

13 Oppenheim, U, Kohen-Raz R., Daitz, A, Kohen-Raz A. Azarya, M. Postural characteristics of diabetic neuropathy. *Diabetes Care*, 1999, 22 , 328-332



Figür 3-1 Normal , klinik kontrol ve diyabetik adaylardaki postural salınımın Fourier Spektrum paterni Subjects (Oppenheim et al, 2000)

Vestibular bozukluk (düşük orta salınımlar) ve spinal patoloji (yüksek orta salınımlar) arasındaki karşıtlıklar Taguchi nin raporundada görülebilir. (Figür 3-2).14

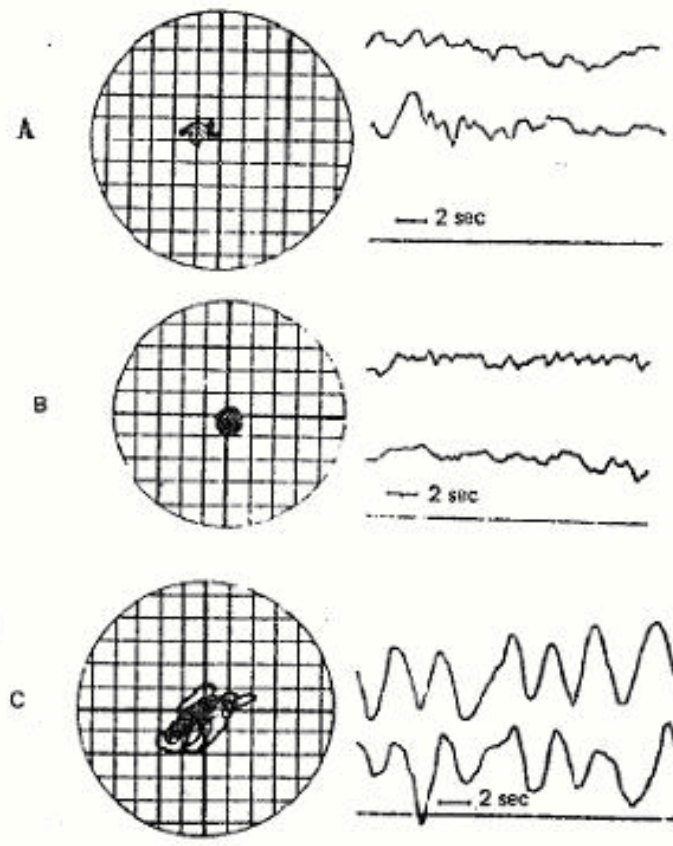


Figür 3-2 Vestibular ile spinal bozuklukların farkı

Başka bir örnek (Fig 3-3)de düşük orta ve yüksek orta frekans bölgesindeki Salınım farklarını desteklemektedir. Bu örnek sektörde klasik bir çalışma olan Dewit 15 dir. Hastanın labyrinth (iç kulak boşluğu) çıkarılmasından sonra (labyrinthectomy) düşük orta frekans salınımları kaybolmaktadır.

Yine eğer başka bir hastayada Valium adlı sakinleştirici verilirse , somatosensör duyusunun baskılandığı dolayısıyla yüksek orta frekans salınımlarının yok olduğu görülmektedir.

14 Taguchi, K. op. cit.
15 DeWit, G. , op. cit.



Figür 3-3 A- Normal kişi, B- Labyrinthine fonksiyonu olmayan kişi, C- Diazepam(Valium) etkisi altında olan kişi

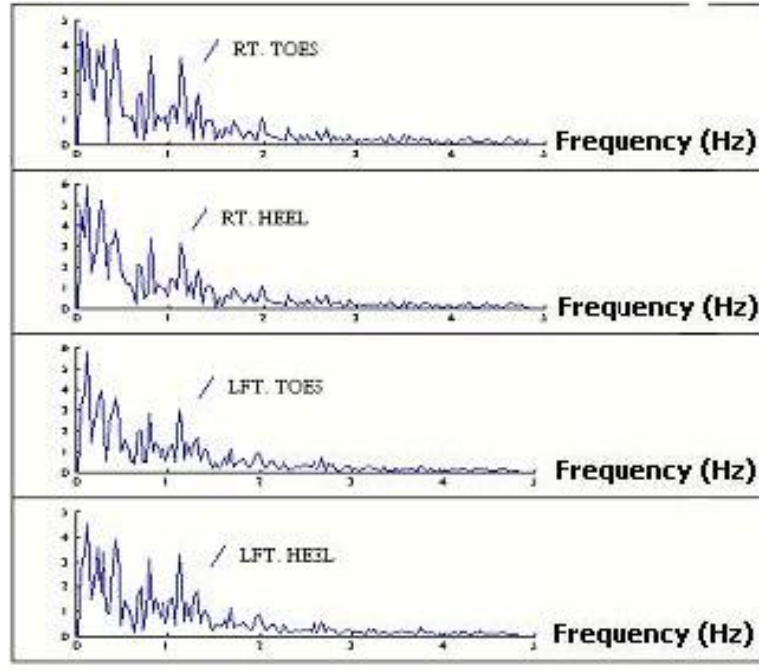
son olarak Kollmitzer et al çalışmasında gösterilmiştir ki, (2000) vestibular eğitim postural salınım frekansını F2-F4 bölgesinde azaltmaktadır.¹⁶ Eğer hastalar alt kaslarını çalıştırmaya maruz kalırlarsa somato sensör sistemleri uyarılmakta belirgin bir salınım yoğunluğu F5-F6 frekans bölgesinde görülmektedir.

4. Yüksek Frekans Bandı (F7-F8)

Yüksek frekans bölgesi salınımları santral sinir sisteminin sıklıkla tremor(titre)un göstergesidir.

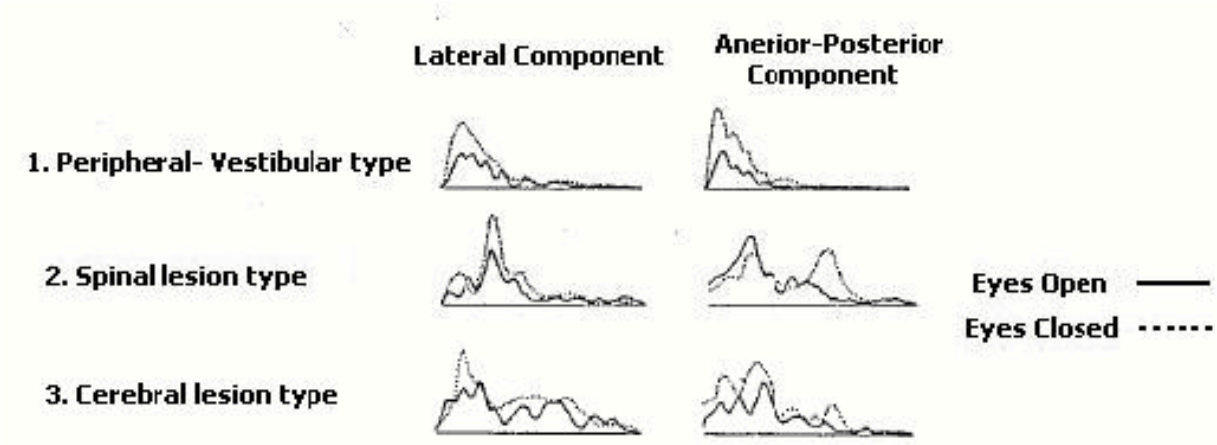
Bakınız Fig 4-1 örneğin beyini zarar görmüş hasta yüksek frekans bölgesinde salınımlar gösterir.

¹⁶ Kollmitzer, J., Ebenbichler, G.R., Sabo, A. Kersch, K., Bochsansky, op. cit.



Figür 4-1 Beyni zarar görmüş hasta

Benzer bir sonuç Taguchi'nin raporundada görülebilir 17



Figür 4-2 Cerebral yaralı tip (bakınız örnek 3)

5. Günlük ritimler

İlginçtirki Fourier spektrumunda ifade edilen farklı alt postural sistemler Farklı günlük ritimlere sahip olduğu görülür..

Shub et al, 18 çalışmasında gösterildiği gibi 8 normal aday 36 saatlik uykusuz kalma periyodunda 16 kez ölçüm yapılmış, frekans bölgeleri farklı günlük ritim etkileri göstermiştir.

17 Taguchi, K. , op. cit.

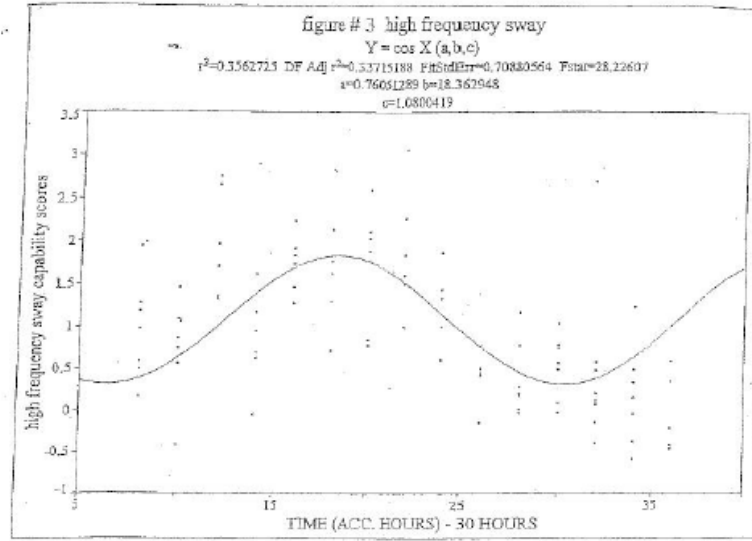
18 Shub, Y., Kohen-Raz, A. Kohen-Raz, R. Ashkenazi I.E. Combination effect of circadian variations and fatigue assessment by Flight Simulator and Multiple Posturography. Proceedings of the

(Figür 4-3 ve Figür 4-4).Alınan bu veri alt postural sistemlerin yorgunluktan farklı etkilendiğini göstermektedir.

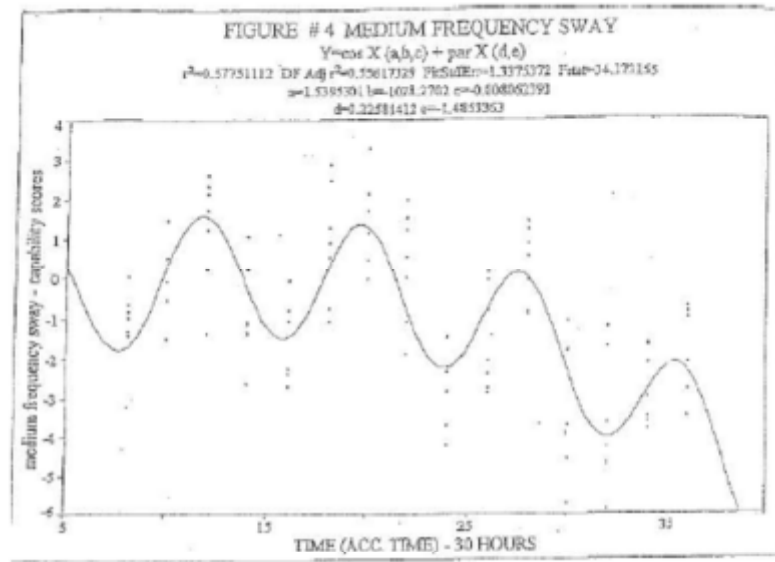
Vestibular sistem düşük orta frekans salınımlarıyla ifade edilmekte ve 8 saat te salınımlar ortaya çıkmaktadır.Oysaki bu saatlerde merkezi sistemler daha dirençli görülmektedir.

Santral sistemlerin salınım saatleri 24 saate denk gelmektedir.
(Zaten buda jetlag fenomenisini çok iyi açıklamaktadır).

Jetlag;uzun süreli yolculuklarda özellikle gün aşırı uçak seyahatlerinden sonra görülen bitkinlik.



Figür 5-1 yüksek frekans salınımı (F7-F8) perivodu 24 saattir



Figür 5-2 düşük orta frekans salınımları (F2-F4) 8 saatlik bir ritime sahiptir.

Henüz yayınlanmayan en son çalışmada 19 vestibüler fonksiyonlara duyarlı olan

düşük orta frekans bölgesi salınımları diğer postural alt sistemlere nazaran çok kolay etkilenir.

Tenth International Symposium on Aviation Psychology. The Ohio State Department of Aviation Psychology. Columbus, Ohio, 1999

19 Noa Avni, Isaac Avni, MD, Erez Barenboim, MD, Bella Azaria, MD, David Zadok, MD,

Reuven Kohen-Raz, PhD, Yair Morad, MD, A brief posturographic test as an indicator of fatigue.

Psychiatry and Clinical Neurosciences (Volume 60, No.3 June 2006)

6. Sonuç

Sonuç olarak herbir postural salınım frekans bölgesi farklı postural alt sistemi ifade eder. Frekans bölgelerinde normal değerlerden sapmalar değişik klinik sonuçları gösterir. Bu bilgiler kullanılarak doktorlar ve diğer sağlık uzmanları Fourier dönüşüm spektumunu teşhis ve terapide yardımcı olarak kullanılabilirler.