

КОЛИЧЕСТВЕН АНАЛИЗ НА СТАБИЛОГРАФСКИ СИГНАЛИ

н.с.Ист.Катерина Илионова Стамболиева, н.с.І ст.д-р Валентина
Кръстева Григорова
БАН, Институт по физиология, София

Abstract

This study presents global and spectral characteristics of postural stability maintenance in healthy humans. Body sway is measured by stable force platform. Record time of each realisation was 30s. The parameters of stabilogram (mean distance; sway path; mean sway velocity) and statokineziogram (resultant distance; total excursion; area) are calculated. The absolute power spectra are calculate too. Parameters: dominant frequency; total power density (TPD); changes of TPD (Δ TPD) and quantitative comparison between power spectrum of body sway before stimulation to power spectra during and after COKS are presented.

The results indicate that the spectral analysis of the postural sway by means of the method of Fast Fourier Transformation discloses more possibilities for estimation of the effect of stimulation for revealing of latent changes in the complex process of postural maintenance.

Стабилографията е един от използваните в клиничната практика методи за изследване на равновесието на тялото на човека.

В настоящата работа е представена програма за определяне на параметрите на стабилографски сигнали, получени при провеждане на клинично отоневрологично изследване.

Изследването включва регистрация при спокоен изправен стоеж с отворени и затворени очи (фон) и последващи регистрации на спонтанните колебания на тялото при различни експериментални условия.

Като входни данни за програмата служат записите от стабилографска платформа премествания на проекцията на центъра на тежестта в двете направления - ляво-дясно (LR) и предно-задно (AP), които посредством АЦП с честота на дискретизация 33Hz постъпват в компютър за съхранение и обработка. При избора на стъпката на дискретизация изхождахме от честотния спектър на стабилографския сигнал, който при здрави лица е от 0.05 до 1.5 Hz [5].

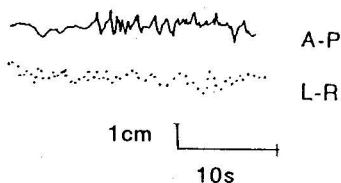
Програмата за количествен анализ на стабилографски сигнали включва следните програмни модули:

Цифрово филтриране на входния сигнал

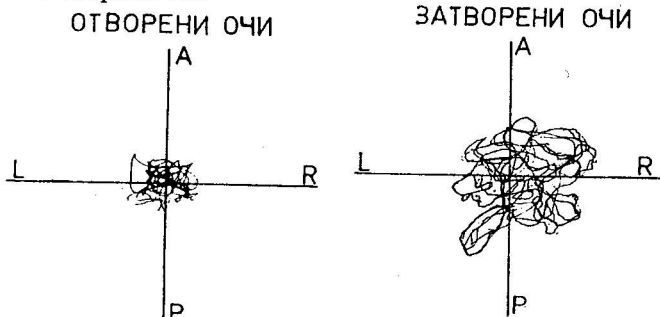
Използван е Hamming нискочестотен цифров филтър с честота на среза 5Hz с цел отстраняване на артефакти предизвикани от тремор или друг случаен високочестотен шум [3];

Изчисляване на базови параметри на стабилограмите

Стабилограмите отразяват колебанията на центъра на тежестта, във функция на времето съответно в LR(t) и AP(t) направления (фиг.1), а статокинезиграмата - пространствената траектория на преместването на центъра на тежестта в хоризонталната равнина $AP=f(LR)$, (фиг.2).



Фиг.1.Стабилографски записи на клинично здрав(Н.С.) в статично изправено положение с отворени очи



Фиг.2.Статокинезиграма на клинично здрав(Н.С.) при отворени и затворени очи

С помощта на известни в литературата алгоритми са изчислени основните параметри на стабилограмите и статокинезиграмата [1,2,4,5,6]:

Стабилограма:

- Изминат път(см)

$$SP_{LR(AP)} = \sum |x(i+1) - x(i)|, i=1, N-1$$

където $x(i+1) - x(i)$ е разстоянието между два съседни отчета, а N е броя отчети за изследвания период.

- Средно отклонение (см)

$$MD_{LR(AP)} = SP_{LR(AP)} / N$$

- Средна скорост на отклонение (см/сек)

$$SV_{LR(AP)} = SP_{LR(AP)} / T,$$

- Обща мощност на спектъра:

$$TPD = \sum P(f_i); f_i = 1, n$$

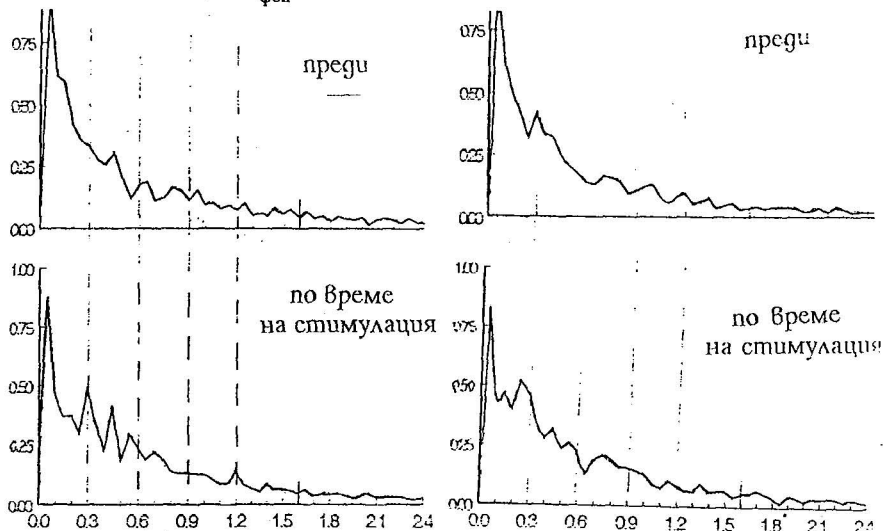
където $P(f_i)$ е мощността за всяка честота f_i , а n броя честоти при стъпка 0.05 Hz.

- Доминантна честота:

$$FD = \sum (P(f_i) \cdot f_i / \sum P(f_i)); f_i = 1, n$$

- Промяна на мощността по време на различни експериментални условия спрямо фоновата мощност, за всеки честотен диапазон:

$$\Delta TPD = TPD / TPD_{фон}$$



Фиг.3. Абсолютни спектри на мощността на клинично здрав (H.S.) преди и по време на стимулация 5°/сек.

Представени са резултати от изследване на 10 клинично здрави лица, без субективни вестибуларни, зрителни или ортопедични оплаквания. Бяха регистрирани отклоненията на тялото при спокоен изправен стоеж преди и по време на централна оптокинетична стимулация (ЦОКС) с диаметър на зрителното поле 30°, при две скорости на стимулация - 5°/сек. и честота 0.8 Hz и 10°/сек. и честота 1.6 Hz, подавани в случаен порядък. Продължителността на записите е 30 сек., а интервала между тях е 2-3 минути (табл.1).

За оценка на статистически значимите разлики между скоростите на стимулация е използван непараметричен рангов критерий за сравнение.

където T е продължителността на изследването.

Статокинезиграма:

- Аритметичен център на статокинезиграмата

$$MLR = \sum LR(i)$$

$$MAP = \sum AP(i), i=1, N$$

където $AP(i)$ и $LR(i)$ са дискретите на отклоненията в предно-задна и странична посоки.

- Дължина на траекторията на проекцията на центъра на тежестта

$$TE = \sum ((AP(i+1) - AP(i))^2 + (LR(i+1) - LR(i))^2)^{1/2}, i=1, N-1$$

- Среден радиус на статокинезиграмата

$$MR = 1/N \cdot \sum ((AP(i) - MAP)^2 + (LR(i) - MLR)^2)^{1/2}, i=1, N$$

- Площ

$$AREA = 4\pi(MR + (1/N \cdot \sum MR(i)^2)^{1/2})$$

Използвани са различни методи за определяне на площта на статокинезиграмата [4,5,6]. В настоящата работа е приложен метод при който статокинезиграмата се апроксимира с кръг с радиус определен от средното отстояние от центъра и стандартното му отклонение.

Честотен анализ

С цел получаване на по пълна количествена характеристика на стабилографския сигнал се преминава от времеви в честотен анализ. За получаване на спектъра е приложен алгоритъм за бърза трансформация на Фурие [1,7].

Изчисляват се абсолютните спектри на сталбилограмите за всяко лице и всяко експериментално условие. На фиг.3 са представени абсолютни спектри на клинично здрав човек (Н.С.) преди и по време на централна оптокинетишна стимулация.

В стабилографските изследвания, спектралният анализ е използван, предимно за качествена оценка на промените във формата на обвиващата на спектъра [4,5,6,7]. За количествена характеристика е изчислявана общата мощност на целия спектър [6].

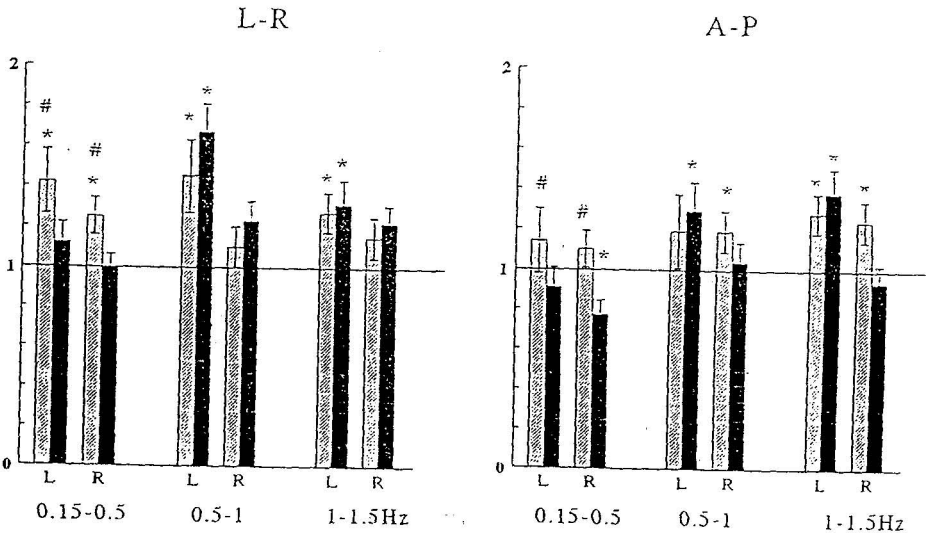
В настоящата работа за по - детайлно изучаване на промените на позната стабилност целият спектър е разделен на четири честотни диапазона: 0.15-0.5; 0.5-1; 1-1.5; 1.5-2.5Hz.

Тъй като промените в спектрите са съсредоточени до честота 1.5Hz, над която спектралната плътност на енергията на сигнала рязко намалява под 20% от общата мощност на спектъра, количествените параметри характеризиращи мощностния спектър се определят до тази честота. Изчислени са параметрите:

Таблица 1

Параметър	Преди стимулация	При 5°/сек. ЦОКС	При 10°/сек. ЦОКС
SP _{LR} (cm)	65.7	67.3	66.1
SP _{AP} (cm)	77.8	72.5	75.7
MD _{LR} (cm)	0.24	0.28	0.25
MD _{AP} (cm)	0.3	0.26	0.28
SV _{LR} (cm/s)	2.19	2.21	2.17
SV _{AP} (cm/s)	2.5	2.47	2.43
AREA (cm ²)	114.5	125.48	121.19
FD (Hz)	0.31	0.35	0.34

Не са установени статистически значими разлики в стойностите на базовите параметри на стабилографските сигнали. Същевременно статистически значими промени се наблюдават в мощностните спектри на стабилограмите, които се изразяват в промяна на общата мощност на спектъра при двете скорости на стимулация, като промените са съсредоточени в областта на ниските честоти - честотни диапазони: 0.05-0.5 и 0.5-1 Hz (фиг.4).



Фиг.4. Промяна на общата мощност на спектъра по време на ЦОКС с 5°/сек. и 10°/сек., *спрямо фоновата мощност (1), # между двете скорости на стимулация

Честотния анализ на стабิโลграмите позволява разкриване на промени в характера на погържане на позата на здрави лица при прилагане на зрителна стимулация, които не се проявяват в базовите параметри на стабิโลграмите.

Литература

1. Dichgans J., K.-H. Mauritz, J. -H. -J. Allum, Th. Brandt. *Agressologie* 17(C):15-24, 1976.
2. Gantchev G.N. *Agressologie* 21(D): 35-40, 1980.
3. Granat M.H., C.Kirkwood, B.Andrews. *J. Medical & Biological Engineering & Computing* 28:601-602, 1990.
4. Hufschmidt A.,J.Dichgans, K.-H.Mauritz, and M. Hufschmidt. *Arch. Psychiat. Nervenkr* 228:135-150, 1980.
5. Mauritz K.H., J. Dichgans, A. Hufschmidt. *Brain*102:461-482, 1979.
6. Prieto T., R. Hoffmann, E. Lovett, M. Myklebust. *IEEE Transaction on Biomedical Engineering* 43(9):956-966, 1996.
7. Scott D.E., E.Dzendolet. *Agressologie* 13, B:35-40, 1972.

Разработката е спонсорирана от Националният Научен Фонд; Проект Б-634