《研究論文》

Journal of the Human Engineering Society of Korea
Vol. 5 No. 1, June 1986

年齡增加에 따른 身体動揺의 変化에 대하여

(On Changes of Postural Sway with Ageing)

辛 承 憲†

Abstract

This research is aimed at examining age-related changes of postural sway when people stand upright, examining external effects which can be exerted upon the postural sway (experiment 1), and also analyzing specific changing characters of posture-control by sudden impacts (experiment 2).

The total number of subjects was 115, who are in twenties through seventies, and 75 of them were participated in experiment 2. In experimen 1, the subjects were examined for 25 seconds respectively while standing upright with both feet and with eyes opened, standing upright with both feet and with eyes closed, and standing upright with a single foot and with eyes opened. In experiment 2, only while standing upright with both feet and with eyes opened they were examined for 5 seconds. Main findings were as follows:

1. In the single-foot standing position, the growing older exerted more important effects upon the fluctuation length and area of the center of gravity than in the both-foot standing position.
2. The standard deviation was increasing with age in the fluctuation length and the fluctuation area of the center of gravity.
3. There were no significant differences in daily variation, temperature change, and muscle burdening.
4. The recuperation from the postural sway by external impacts was so slow with age.
5. There were little differences in decrease frequencies among the subjects but younger persons.

I. 서 론

直立姿勢는 자세, 동작의 기본이며 인간을 다른 동물과 구별하는 가장 큰 특징의 하나이다[1]. 이 直立姿勢는 19세기 이래 많은 연구자에 의하여 生理學 形態學을 시작으로 여러 분야에서 연구가 되어 왔다[2]. 최근에는 平衡機能障害와 관련하여 主로 臨床醫學과 Rehabilitation분야

†계명대학교 공과대학 산업공학과

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

등에서도 연구가 되고 있다.

直立姿勢의 유지는 感覺受容器, 神經系 및 骨格筋系에 의하여 조절되고 있다. 즉, 感覺受容器로부터 정보가 末梢 및 中樞神經系에 전달되면, 中樞神經系에서 統合 處理되어 여기에 應한 신호가 錐體路와 錐體外路系를 거쳐서 骨格筋에 전달된다. 그러면 全身의 骨格筋에서 目的에 맞는 자세로 조절된다[3]. 이렇게 복잡한 feed-back 系가 작용하기 때문에 直立姿勢를 취하고 있다고 하더라도 신체는 끊임없이 動搖하고 있다. 이 身體動搖는 神經-筋系의 조절 능력의 상태를 나타내고 신체의 平衡機能의 지표로서 이용할 수 있다. 이러한 平衡機能은 年齡增加와 더불어 저하한다는 보고가 있다[4].

본 연구는 平衡機能과 年齡增加와의 관계 및 重心動搖에 영향을 미친다고 생각할 수 있는 筋負荷 等의 외적 영향에 대하여 검토하였다. 또 重心動搖系의 床面에 전후 방향의 impulse 入力을 가했을 때 重心動搖를 측정하여 平衡機能低下의 메카니즘을 찾고자 試圖하였다.

2. 방 법

2-1. 측정원리 및 실험장치

중심의 質點荷重 G를, 1변의 길이가 2a인 正方形 平板上에서 받았을 때 그림 1과 같은 X, Y 좌표계를 생각할 수 있다. 質點荷重 G의 좌표를 X_P, Y_P로 하고, 그 荷重에 의하여 생기는 支持點을 F_1, F_2, F_3, F_4로 한 경우에 각 모멘트의 平衡關係로부터 다음 式이 성립한다.

$$G \cdot X_P = (F_1 + F_2)a - (F_3 + F_4)a$$

$$X_P = \frac{F_1 + F_2 - F_3 - F_4}{G} \cdot a$$

$$G \cdot Y_P = (F_1 + F_3)a - (F_1 + F_4)a$$

$$Y_P = \frac{F_2 + F_3 - F_1 - F_4}{G} \cdot a$$

$F_1 \sim F_4$를 측정함으로써 質點荷重 G의 이동을 측정할 수 있다. 이상과 같은 원리에 기인하여 다음과 같은 측정 장치를 고안하였다.

장치의 구성은 그림 2, 3과 같다.

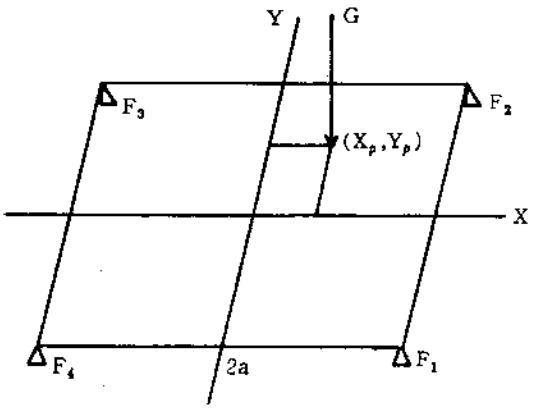


그림 1. 중심위치의 측정원리

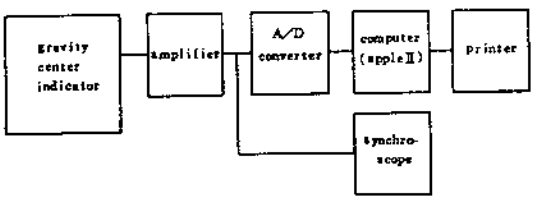


그림 2. 실험장치의 구성도

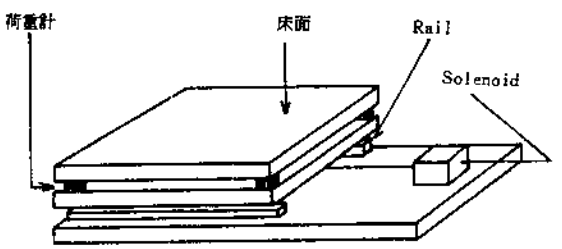


그림 3. 外部衝擊(external impacts) 發生裝置

4개의 加重壓力 sensor(荷重計)로부터 전압출력은 A/D 변환기를 거쳐서 컴퓨터에 入力된다. 그림 2의 중심계를 rail 위에 두고 출력 20 *kg*의 solenoid로서 순간적으로 움직이게 하여 外部衝擊을 준다. 加重壓力 sensor 간의 거리는 40 *cm*이고, 중심계의 높이는 13 *cm*이다. 加重壓力 sensor는 三榮機器(日本) 製品으로 200 *kg*까지 측정이 가능하다.

2-2. 실 험

그림 2의 중심계(gravity center indicator)

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

를 사용하여 중심 동요를 측정하고, 重心動搖에 영향을 미친다고 생각되는 日變化 (오전 10:00 와 오후 5:00) 온도변화 (14 도, 20 도, 30 도) 筋負荷 (자전차 ergometer 로서 80 W의 負荷를 합계 27 분 주어서 開時直前, 6 분, 12 분 경과후 및 종료 직전에 중심동요를 측정) 가 어느 정도 영향을 미치는가를 조사한다 (실험 1). 또한 重心計의 床面을 0.14 초 동안에 1.2 cm 전후 방향으로 움직이게 하여 자세 제어의 動特性을 분석한다 (실험 2).

피실험자는 전원 건강한 者로써 다음 표와 같다.

표 1 . 피실험자의 구성

구분 \ 연령별	20	30	40	50	60	70	합계
실 험 1 남	20	9	7	10	16	17	115
피실험자수 녀	8	8	3	1	11	5	
실 험 2 남	19	8	0	0	14	14	75
피실험자수 녀	3	6	0	0	6	5	

2-3 . 측정순서 및 출력의 例

피실험자를 床面의 중앙에 直立시키고 양발의 각도를 30 도로 한다. 1.5 m 전방에 있는 표시를 주시하도록 하여 注時點을 一定하게 한다. 양팔은 차례 자세로 하고, 가급적 움직이지 않도록 지시한다. 이렇게 하여 피실험자의 준비가 완료된 것을 확인하고 측정한다.

실험 1 에서는 兩足開眼, 兩足閉眼, 片足開眼의 3 종류를 sampling 주파수 10Hz 로서 각각 25 초 동안 측정한다. 실험 2 에서는 兩足開眼만으로 sampling 주파수 50Hz 로서 각각 5 초 동안 측정한다. 연습을 1 회 행한다. synchroscope 로서 피실험자의 초기 중심이 바르게 선 자세와 변함없는 것을 확인하고나서 측정한다. 출력의 例는 그림 4 , 그림 5 와 같다.

2-4 . 분석 방법

실험 1 : 컴퓨터에 입력된 重心計의 4 荷重計의 값으로부터 전후(X 方向), 左右(Y 方向)의 중심 좌표를 계산한다.

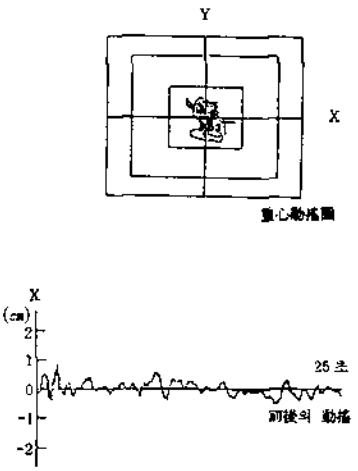


그림 4 . 실험 1 의 出力例 (35 才男, 兩足開眼)

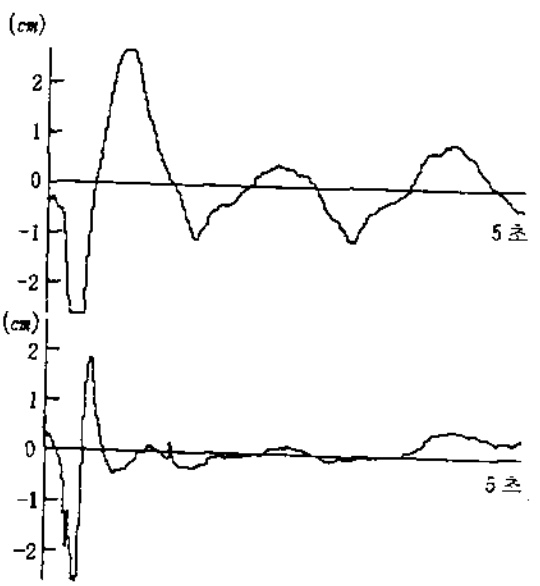


그림 5 . 실험 2 의 出力例 (上 : 60 才男, 下 : 22 才男)

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

다음에 중심동요거리($=\sum_{i=1}^{n}\sqrt{(X_i-X_{i-1})^2+(Y_i-Y_{i-1})^2}$), 面積($=4\cdot sx\times sy$, sx :X방향의 표준편차, sy : Y방향의 표준편차)을 25초에 대하여 算出한다.

실험 2 : t시점에 sampling된 가속도를 $X_{(t)}$ 전후 방향의 동요를 $Y_{(t)}$로 둔다. $X_{(t)}$를 입력, $Y_{(t)}$를 출력으로 생각하여 $X_{(t)}$와 $Y_{(t)}$ 사이에 다음과 같은 2차 차분 방정식으로 나타낼 수 있는 시스템을 假定한다.

$$Y_{(t)}=b_0X_{(t)}+a_1Y_{(t-1)}+a_2Y_{(t-2)} \quad \cdots\cdots \quad (1)$$

(1)식에서 나타낸 시스템의 impulse 응답은 다음과 같이하여 구한다. 입력으로서 $t=0$에서 높이 $\frac{1}{\Delta t}$의 impulse가 주어졌다면 하면 (1)식은,

$$Y_{(t)}=\frac{b_0}{\Delta t}\delta(t)+a_1Y_{(t-1)}+a_2Y_{(t-2)} \quad \cdots\cdots \quad (2)$$

로 나타낼 수 있다. 여기에서 $Y_{(t)}$의 Z변환을 $Y_{(z)}$, $X_{(t)}$의 Z변환을 $X_{(z)}$로 두고 (2)식의 양변을 Z변환하면,

$$Y_{(z)}=\frac{b_0}{\Delta t}+a_1Z^{-1}Y_{(z)}+a_2Z^{-2}Y_{(z)} \quad \cdots\cdots \quad (3)$$

으로 된다. 이것을 $Y_{(z)}$에 대하여 풀면

$$Y_{(z)}=\frac{b_0}{1-a_1Z^{-1}-a_2Z^{-2}} \quad \cdots\cdots \quad (4)$$

로 된다. 그리하여 (4)식의 Z변환에 의하여 impulse응답을 구할 수 있다.

$$\alpha=-\frac{1}{2}ln(-a_2),\ \beta=\cos^{-1}\left(\frac{a_1}{2\sqrt{-a_2}}\right) \quad \cdots\cdots \quad (5)$$

로 두면, $1-a_1Z^{-1}-a_2Z^{-2}=0$의 根이 복소수로 되는 경우에는, (4)식의 역Z변환은 다음과 같이 된다.

$$Y_{(t)}=\frac{b_0}{\Delta t}e^{-t\alpha}\frac{\sin(t\beta+\beta)}{\sin\beta} \quad \cdots\cdots \quad (6)$$

(6)식 우변의 좌측부분은 시간의 경과와 더불어 時定數 $\frac{1}{\alpha}$로서 減衰하는 것을 나타내는 項이고, 우측부분은 角周波數 β로서 진동하고 있는 것을 나타내는 項이다. 따라서 (1)식에서 나타내는 시스템의 impulse응답은 減衰진동에 의한 것을 알 수 있다. 이상으로부터 (1)식을 外部衝撃이 가해졌을때 重心動搖의 단순화한 모델로 볼 수 있다. 그리하여 실험으로부터 얻어진 $X_{(t)}$, $Y_{(t)}$를 (1)式에 대입하여 최소2승법으로 a_1, a_2를 구한다. a_1, a_2를 (5)식에 대입함으로써 α, β를 구할 수 있다. $\frac{1}{\alpha}$을 減衰시간, β를 減衰주파수로 하여 이 2가지의 parameter로부터 시스템의 특성을 나타낼 수 있다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 年齡增加와 重心動搖와의 관계

年齡增加에 따라서 중심 동요 거리 및 면적이 증대하고 있다.(그림 6～9). 특히 兩足의 경우에 비하여 片足의 경우에 그 차이가 현저하다. 一見 그림 7에서 片足의 경우 50才代, 60才代 70才代의 중심 동요 거리가 같은 수치로 보이지만 측정 도중 25초이내에 중심계를 이탈하여 측정 불가능으로 된 피실험자가 20才代～40才代가 0%, 50才代가 18%, 60才代가 59%, 70才代가 64%나 되었다. 이것으로 高齡者는 片足으로 서는 것이 어렵다는 것을 알 수 있다.

年齡增加에 따라서 중심 동요 거리 및 면적의 표준편차가 증대하는 경향이 있다. 이것은 年齡增加와 더불어 개인차가 커진다는 것을 의미한다.

開眼兩足과 閉眼兩足의 중심 동요 거리 및 면적의 차이를 보면 20才代에서 70才代까지가 대략 일정하므로, 平衡維持能力은 視覺에서의 feed-back 機構의 低下에 의한 것이 아니고 神經系 및 骨格筋系의 低下에 의한 것으로 생각할 수 있다.

3-2. 외적영향과 중심 동요와의 관계

筋負荷, 日變動, 溫度變化에 대하여 4명의 피실험자(22才, 35才, 45才, 60才)로써 측정했다. 그림 10은 筋負荷의 중심 동요 거리이다. 兩足開眼에서는 영향을 미치는 것으로 보이나 兩足開眼, 片足開眼의 경우에는 분명한 차이는 보이지 않았다. 이것은 兩足開眼 측정시부터 兩足開眼 측정시까지 취한 데이타를 disk에 기록등으로 약 1분 30초의 시간이 소요된다. 따라서 兩足開眼 측정시로부터 片足開眼 측정시까지 약 3분이 소요된다. 그동안 상당히 회복

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

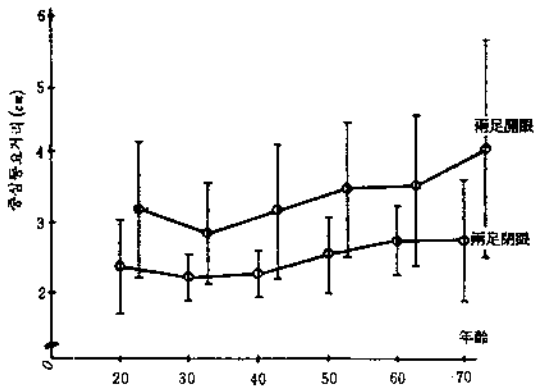


그림 6. 年齡과 중심 동요 거리의 변화(兩足)

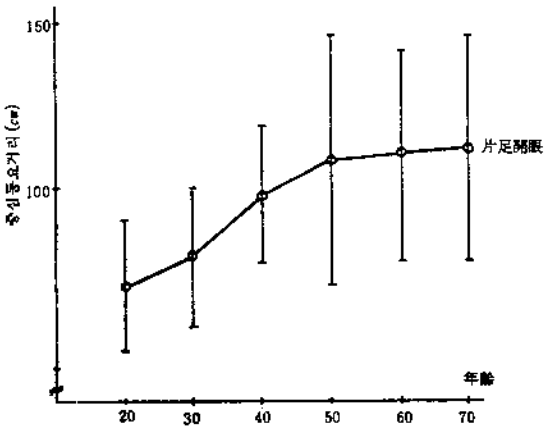


그림 7. 年齡과 중심 동요 거리의 변화(片足)

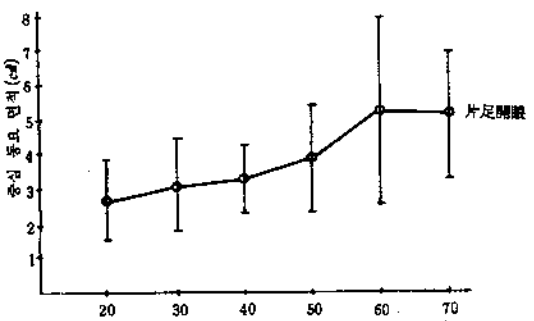


그림 8. 年齡과 面積의 變化(兩足)

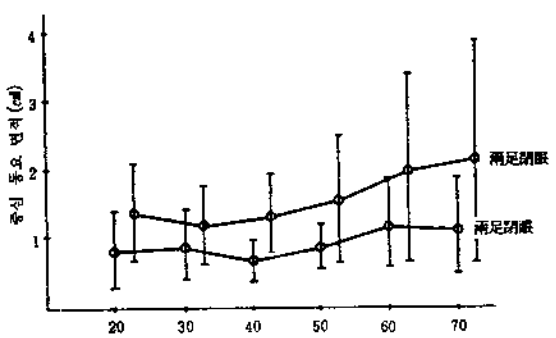
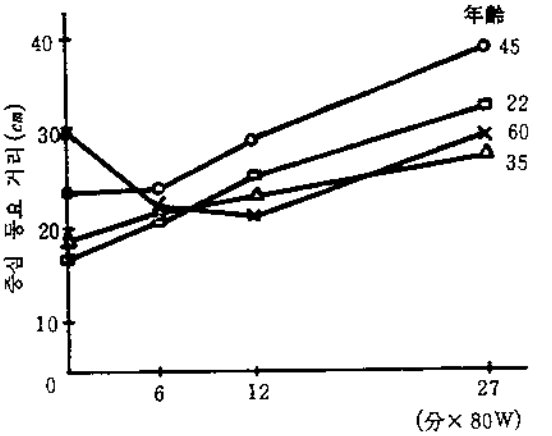
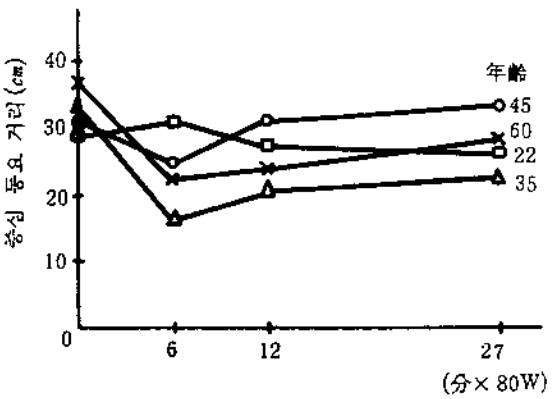


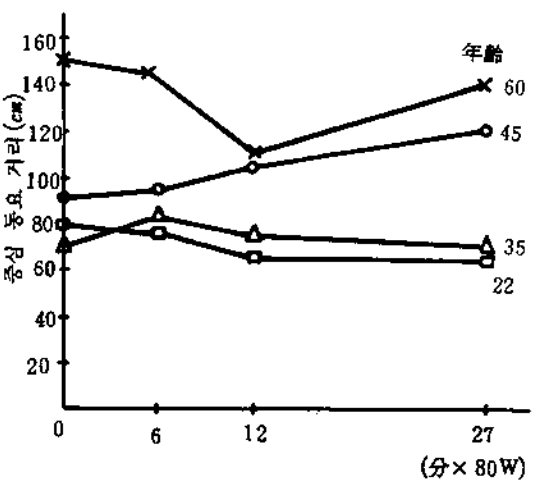
그림 9. 年齡과 面積의 變化(片足)



兩足開眼



兩足開眼



片足開眼

그림 10. 負荷와 중심 동요 거리의 변화

Copyright (C) 2005 NuriMedia Co., Ltd.

되는 것으로 생각할 수 있다. 중심 동요 면적에서도 비슷한 결과가 나타났다. 日變動, 溫度變化에서는 차이가 보이지 않았다.

3-2. 外部衝擊에 의한 자세 제어의 動特性

전후 방향의 impulse 入力에 대하여 虛根을 갖는 피실험자(진동계)들의 減衰率 - 減衰周波數를 평면에 표시한 것이 그림 11, 12이다. 減衰率은 年齡增加에 따라서 낮아지는 경향이 있다. 減衰率은 外部衝擊에 의한 영향이 後까지 남는 것을 의미하고 있다. 減衰周波數에서는 확실한 차이는 보이지 않았지만, 청년층 中에 값이 큰 者가 있다. 減衰周波數는 外部衝擊에 의하여 발생한 변동의 주파수를 나타내는 것이므로, 청년층中에는 높은 주파수로 동요하고 있는 者가 있다.

Z의 根이 實根으로 된 피실험자는 20才代가 50%, 30才代가 50%, 60才代가 40%, 70才代가 32%로 되었다. 이것으로 노년층집단이 진동계인 경우가 많다는 것을 알 수 있다.

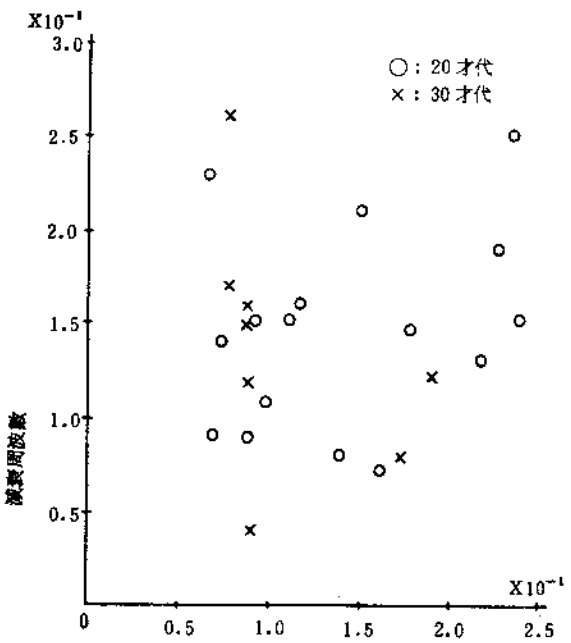


그림 11. 減衰率 - 減衰周波數 平面表示
(20才代, 30才代)

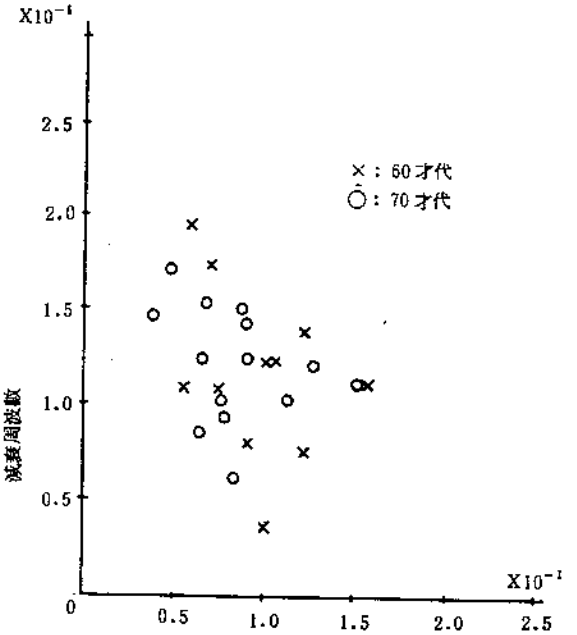


그림 12. 減衰率 - 減衰周波數 平面表示
(60才代, 70才代)

4. 추 론

본 연구는 橫斷的인 연구이므로 年齡增加에 따른 변화라고 하는 것이 적절하지는 않다. 방법적으로 年齡階層에 의한 差이므로 年齡差(age difference)의 변화이다. 그러나 근본적인 의미에 있어서는 노년층집단과 청년층집단의 차이는 年齡增加를 반영하고 있다고 볼 수 있다. 중심 동요 거리와 면적에서 보는 한, 年齡增加에 따라서 신체동요가 증가하고 개인차가 커지는 것이 사실이기 때문이다. 따라서 年齡增加에 의한 신체동요의 변화라고 했다.

실험 1 (그림 4)에서 전후동요와 좌우동요를 측정하였으나 금번 연구에서는 별다른 의미가 없었다. 그러나 이것으로 뇌성마비환자와 무릎관절환자의 병의 정도를 수치화할 수 있을것이다.

실험 2에서 대부분의 피실험자를 진동계로 하기 위하여 solenoid의 강도를 높혀 보았으나 高齡者에게는 중심계를 이탈하는 등 위험하였다. 대부분의 피실험자가 진동계로 될 수 있는 外部衝擊을 연구하여 이 실험을 계속하면 더욱 바람직한 결과를 얻을 것으로 생각된다.

日常生活의 諸因子, 운동습관과의 有無, 직업,

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

음주등이 평형기능과 어떠한 관계에 있는가에 대해서도 연구를 거듭해야할 것이다.

參 考 文 獻

〔1〕 平澤彌一郎；直立姿勢と神秘. 財團法人姿勢研究所編. 姿勢と生活, 14, pp.1～4, 國際社. 東京, 1974.

〔2〕 猪飼 道夫, 姿勢および運動のメカニズム. 岡田直幹, 内薗耕二編, 新生理學, pp.1103～1175. 醫學書院, 東京, 1968.

〔3〕 猪飼 道夫, 動作學, 藤森聞一編, 生理學大系Ⅶ, 運動系の生理學, pp.717～766, 醫學書院, 東京, 1973.

〔4〕 西村 純一, 直立時の身体動搖の加齡變化, 雇用職業研究, No.21, 1984.

〔5〕 西村 純一, 日常動作の主觀的運動强度と身体機能の加齡との關係. 心理學研究, 1981 a, 52(4), pp.219～225.

〔6〕 長町 三生, 中高年活性化のための生涯的職務設計, 日本生產性本部, 1981.

〔7〕 大柿 哲朗, 身体平衡機能の姿勢および動作の調整に及ぼす影響. 流大保醫誌,2(1), pp. 35～42, 1979.

〔8〕 小澤, ディジタル信號處理, コロナ社,1975.

〔9〕 藤崎・松浦, ラプラス變換とデルタ關數, 東海大學出版會, 1981.

〔10〕 辛 承憲・林喜男, "加齡に伴う身体動搖の變化について", 日本人間工學會 27回大會講演集, 1986.

〔11〕 齋藤 進, "からだの搖らぎと高齡化社會", バイオメカニズム學會誌, Vol.6, No.3, 1982.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.