Journal of the Human Engineering Society of Korea
Vol. 5 No. 2, Dec. 1986

《研究論文》

中高齡 勤勞者의 勞動適應能力의 評價

(손의 巧緻性에 의한 評價法)

(Evaluation of Labor Aptitude of Middle-Aged and Old Workers : Evaluation of Manual Dexterity)

辛 承 憲†

Abstract

In recent years, the average life span of people in advanced countries has increased. Consequently, the number of middle-aged and old workers who have the will to work has increased. On the other hand, the declining birth rate has decreased the number of young workers.

However, because many enterprises in advanced countries have extended their mandatory retirement age from 55 to 60 years, labor accidents involving aged workers are on the increase. As a result, the need for a method to evaluate the work skills of middle-aged and old workers has become urgent.

To explore one such method, this study investigated the relationship between aging and manual dexterity. Dexterity was found to deteriorate with age, but with large variability from individual to individual. The parameters of dexterity used in this experiment were found to be reliable.

Ⅰ. 緖 論

최근 先進國에서는 평균수명이 늘어나고 출산율이 저하한 결과, 노동자의 高齡化추세가 증가되고 있다. 한편 生産現場에서는 自動化, 機械化가 진보되어 육체가 관계하는 노동이 경감한 결과, 高齡者라도 할 수 있는 작업이 많아지게 되었다. 또 VDT(Visual Display Terminal) 작업과 같은 정보처리작업의 수요가 급증하여 그 人材의 부족이 지적되고 있다. 따라서 高齡者의 기능을 알아서 어떤 작업에 적합, 부적합한가를 판단하는 것이 중요한 과제가 되었다.

그러나 勞動에는 많은 기능이 관여하고 작업에 따라서 요구되는 기능이 서로 다르기 때문에, 職業能力이 연령증가에 대해서는, 노동적응능력의 기본적인 기능으로 보여지는 것에 좁혀서 多元的인 평가를 하는 것이 실제적이라고 할 수 있다.

Yokomizo(1985)는 障碍者를 위한 직업평가 test를 응용하여 高齡者의 노동 능력을 조사하였다. Nishimura(1985)는 重心動搖計를 이용하여 신체 기능의 연령증가 변화를 조사했다.

이들 硏究에 의하면 高齡者는 靑年層보다 노동 능력이 떨어지는 경향이 있지만, 개인차도 크

†계명대학교 공과대학 산업공학과

고, 高齡者중에는 青年層의 기능과 비교해도 떨어지지 않는 者가 있다는 것을 나타내고 있다. 그러나 이들 연구는 어느 것이나 全身作業에 대한 調節機能評價를 한 것이고, 실제의 作業에 필요한 미묘한 조절 기능을 필요로 하는 손가락 동작의 연령 증가 변화에는 반드시 분명하지는 않았다.

그래서 본 연구에서는 노동 적응 능력의 多元的 評價의 한 연구로써, 손의 기능에 대하여 巧緻性과 연령 증가와의 관계를 조사 하기로 하였다.

본 연구에 있어서, 「巧緻性」이란 것은 技巧가 뛰어난 것, 精巧하고 치밀하다는 일반적인 의미로 이용되지만, 생물학적으로는 神經支配가 뛰어난 것으로 생각된다. 巧緻性은 눈으로 보고 생각하여 image를 만들어, 그 image대로 신체를 움직이도록 大腦皮質等에서 운동의 企劃이 이루어지는 것이다.

따라서, 巧緻性을 동작의 正確性, 圓滑性의 측면에서 생각하여 손가락 반응시간 측정과 握力 tracking을 행하여 測定方法과 연령증가에 의한 巧緻性의 영향을 검토한다.

Ⅱ. 方　法

2-1 實驗의 槪要

손의 동작을 기민하게 하려면 作業順序가 머리 속에 확실히 program되어 있어야 하고, 신체의 balance를 잘 유지하면서 그 program대로 정확, 쾌속, 원활히 손을 움직여야 한다.

巧緻性 그 자체를 직접 측정하는 것은 곤란하지만 巧緻性에 포함된 요소의 얼마인가를 간접적으로 측정하는 것은 가능하다. 예를 들면 비교적 어려운 작업을 하도록 하고 그 성적으로 巧緻性을 평가할 수 있다.

본 연구에서는 다음의 두가지의 실험을 행하여 巧緻性과 연령 증가의 관계를 조사하기로 했다.

① 多刺戟 連續反應時間 (單純刺戟-反應에 관한 生理機能의 역할)

② 握力 tracking (예측을 포함하는 비교적 高次의 生理機能의 역할)

①은 random으로 點灯하는 lamp를 對應하는 손가락으로 button을 눌러서 끄는 동작을 행한다. 그래서 손가락이 자신이 생각한 바와 같이 움직일 때까지의 시간 즉, 자극에 대한 지체시간 (delay time) 을 측정한다. 각 시행마다 操作은 독립되어 있고 예측이 불가능하다.

피험자가 lamp가 켜진 것을 보고 button을 누르는 동작을 하기 위해서는 生體 feed-back이 필요하다. 따라서 feed-back을 포함하는 神經回路를 통과하는 데 걸리는 시간과 손가락을 움직이기 위한 시간을 합한 것이 반응시간이다.

②는 一定區間을 random(1.2 ～ 3.6 秒間) 으로 순간적으로 移動하는 목표치에 대하여 握力으로 tracking을 행한다. 이러한 동작은 感覺器官, 神經機能이 함께 작용하는 것으로, 본 실험으로 기민하게 조절하는 능력을 어떻게 持續할 수 있을까를 평가할 수 있다.

이 두가지 측면에서 손의 동작을 측정하여 年齡代別로 비교한다.

2-2 實驗裝置

그림 1과 같이 5개의 button과 5개의 lamp가 설치되어 있고, button은 오른손으로 누르기 쉬운 위치에 있다. lamp는 계산기에 入力한 algorithm에 따라서 點灯하고 그것에 대응하는 button을 누르면 꺼지도록 되어 있다. 點灯한 곳의 button을 누르지 않는 한 lamp는 꺼지지 않고, 또 複數個의 lamp가 點灯했을 때는 한 순간이라도 대응하는 모든 lamp를 동시에 누르지 않으면 꺼지지 않게 되어 있다.

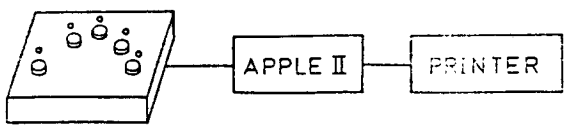


그림 1. 손가락 反應測定器의 構成圖

lamp가 꺼지고 나서, 다음 lamp가 點灯할 때까지의 시간은 0.1～0.2초이다. 이 반응시간의 測定精度는 0.01초이다(實驗1).

그림 2와 같은 裝置를 이용하여 握力으로 追從하는 tracking을 행한다. 목표 lamp는 左右의 2點間을 移動한다. lamp는 옆으로 31개 설치되어 있고, 10번째와 25번째에 點灯하도록 되어 있다. 1點에 停止해 있는 시간은 1.2～3.6초이고 1회의 실험에서 random으로 34회 왕복하도록 되어 있다.

오른손의 握力은 制御棒에서 굽은 sensor로부터 검출되어 LED panel 아래쪽의 列에 표시된다. 制御 lamp는 制御棒을 약 800 g의 힘으로 쥐면 목표 lamp의 10의 곳에, 약 2,500 g의 힘으로 쥐면 25의 곳에 가도록 되어 있고, 握力을 增幅시키는 것으로써 목표 lamp를 追從한다(實驗2).

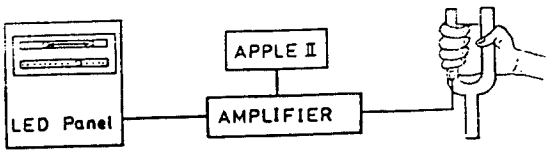


그림 2. 握力tracking 裝置의 構成圖

목표 lamp의 위치를 目標値, 制御棒의 出力의 lamp 위치를 制御値, 兩者의 거리를 偏差라고 한다.

2-3 實 驗

실험 1에서는 다음의 3종류를 각각 20회 실시하였다.

① lamp가 1개 點灯하는 경우

② lamp가 2개 點灯하는 경우

③ lamp가 2～4개 同時에 點灯하는 경우

연습은 각각 3회씩 하였다. 피험자에게는 가급적 빨리 누르라고 指示하였다.

실험 2에서는 握力 tracking을 70초간 하였다. 연습은 70초간 하여 握力의 感度를 이해시켰다. Data의 sampling 주파수는 10 Hz이다.

피험자의 구성은 표1과 같다. 표1은 실험1에서의 피험자이고, 실험 2에서는 여기에 28才(男) 1명, 30才(男) 1명, 44才(男) 1명, 計 3명이 더하여졌다. 피험자의 20～50代는 大邱直轄市 所在 啓明大學校의 학생 및 교원이고, 60～70代는 大邱大學校에 설치되어 있는 노인대학의 학생이다.

표 1. 被驗者의 構成 185名(男 141名, 女 44名)

年齡代	20		30		40		50		60		70	
性別	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女
性別 被驗者數	28	5	25	4	28	4	26	3	15	16	19	12
性別 平均年齡	22.5	22.6	33.9	35.7	45.1	44.2	52.1	54.6	66.2	63.1	73.2	72.8
年代別 被驗者數	33		29		32		29		31		31	
年代別 平均年齡	25.0		34.2		45.0		52.6		64.5		73.0	

Ⅲ. 結 果

3-1 손가락 반응 시간

Lamp의 數마다 年齡代 및 男女別로 반응 시간의 평균과 표준편차를 계산했다. 이들 평균치의 차이의 t검정으로부터 통계적으로 有意의 차이를 조사했다.

그림 3에서 알 수 있듯이 자극의 수가 증가함에 따라서 반응 시간이 늦어진다. 또 연령 증가에 따라서도 반응 시간이 늦게 되고, 더욱 표

준편차가 커지는 경향이 있다. 표 2에서 30代와 40代, 50代와 60代에서 同時刺戟의 수와 관계없이 통계적으로 有意의 차이가 있다. 40代와 50代, 60代와 70代에서는 有意의 차이가 없었다.

표 2. 손가락 反應 時間의 연령대에 의한 평균치 차의 t 검정

年齡代	lamp 1個	lamp 2個	lamp 2～4個
20～30	1.24	2.19	0.80
30～40	3.38	3.10	3.09
40～50	0.74	0.18	0.56
50～60	3.87	5.52	3.88
60～70	0.74	0.65	0.42

$t_{60,005} = 2.000$

그림 4는 lamp가 1개 켜질때와 2～4개 켜질 때의 相關關係를 나타낸 것이다. 굵은선은 각 年齡代의 평균치를 연결한 것이고, 타원형으로 되어있는 것은 각 年齡代가 분포하고 있는 범위이다. 相關關係가 0.85이므로 강한 상관이 있는 것을 알 수 있다. 금번 실험에서는 60代 및 70代의 피험자 중의 13%가 20代와 30代의 領域에 들어가 있다.

그림 5는 자극의 수에 따른 男女의 차이를 나타낸 것이다. lamp가 2개인 경우에 70代에 있어서만이 통계적으로 有意의 차이가 보여진다 (표 3). 전반적으로 女性이 조금 높은 값을 취하고 있다.

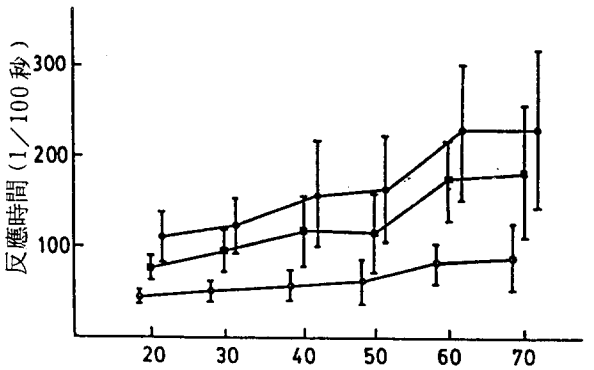
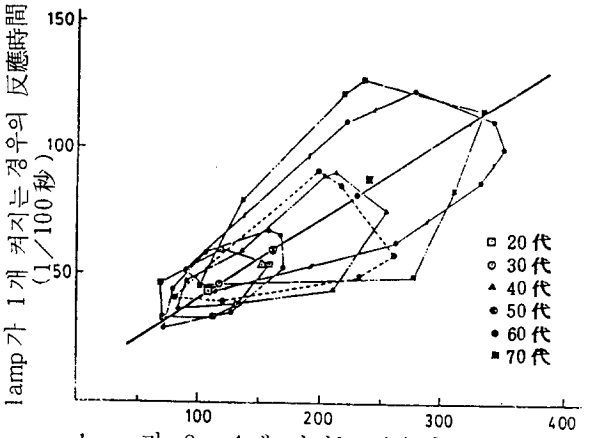


그림 3. 손가락反應時間의 年齡的 變化
1. lamp가 1개 켜지는 경우
2. lamp가 2개 켜지는 경우
3. lamp가 2～4개 켜지는 경우



lamp가 2～4개 켜지는 경우의 反應時間

그림 4. 손가락 反應時間 測定에 있어서 lamp가 1개 켜지는 경우와 2～4개 켜지는 경우의 相關分析圖

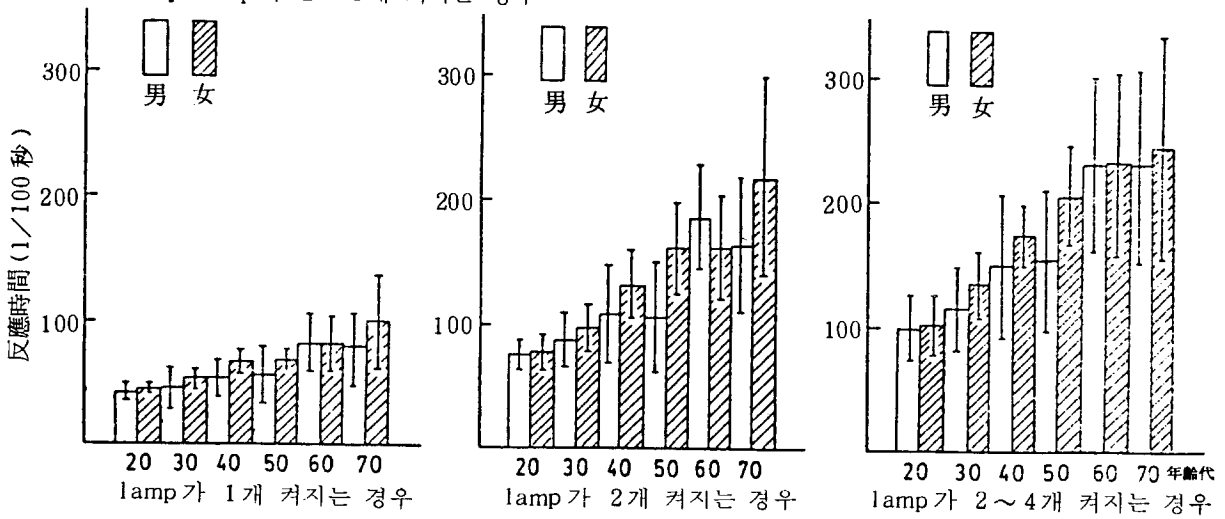


그림 5. 손가락反應時間에 있어서 男女의 差

표 3. 손가락 反應 時間에서 남녀의 평균치 차의 t검정

年齡代	lamp 1 個	lamp 2 個	lamp 2～4 個
20	0.31	0.26	0.97
30	1.00	0.72	1.30
40	1.82	1.00	0.83
50	0.79	1.23	1.51
60	0.13	1.71	0.05
70	1.34	2.05	1.70

$t_{30,0.05} = 2.402$

어느 정해진 조건에서 人間의 반응시간에 대한 분포의 型을 찾기 위해 분포의 一般形인 Weibull 분포를 이용했다. Weibull 累積函數는 $F(t) = 1-\exp\left[-\frac{(t-r)^m}{t_0}\right]$로서 나타낼 수 있다. 여기에서 m은 形狀母數 (m), η은 尺度母數 ($\eta = t_0^{1/m}$), γ는 位置母數이다. 각각의 母數는 Weibull 確率紙를 이용하여 母數推定을 했다. 그림 6이 그것을 나타낸 것이다.

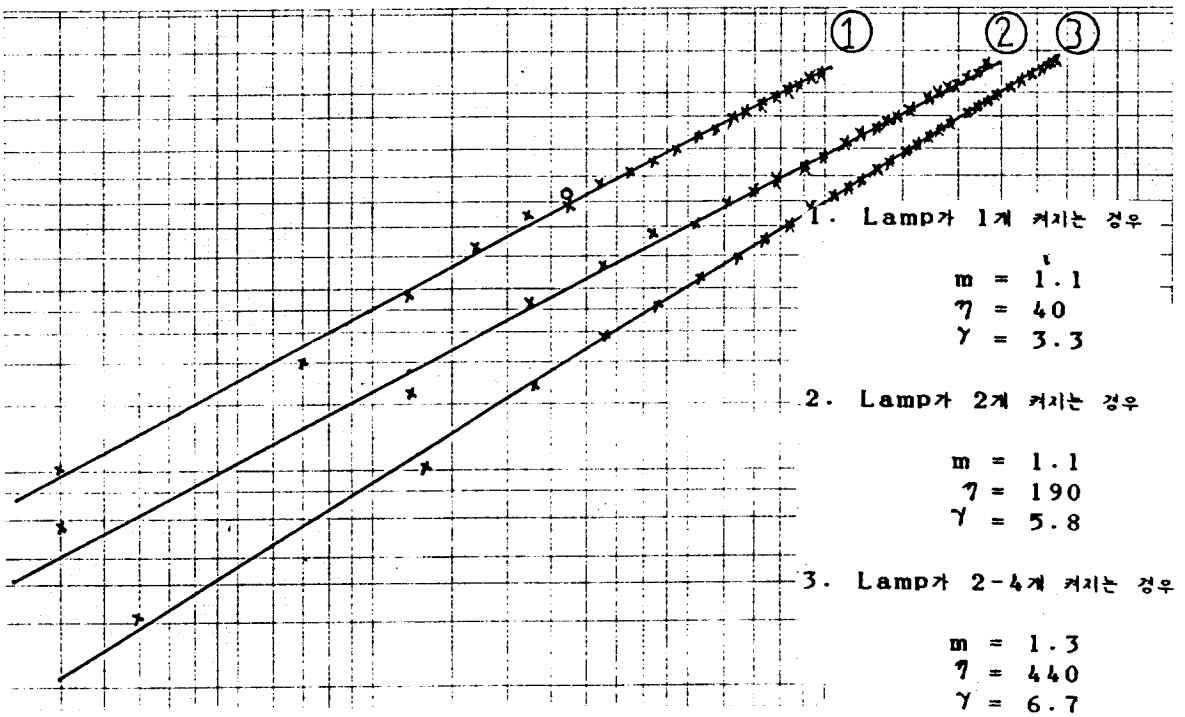


그림 6 . 刺戟數에 의한 被驗者의 分布

이 그림에서 자극의 수에 관계없이 m의 값이 1보다 큰 것으로부터 반응 시간의 분포가 故障率增加型 (摩耗型)인 것을 알 수 있다. m의 값이 변하면 분포의 型이 변하고, m이 크게 되면 정규분포에 가까와진다. lamp가 1개 및 2개의 경우에 비교해서 2～4개의 경우가 m의 값이 크다. 따라서 1 또는 2개의 경우와 2～4개의 경우에서는 분포의 型이 다른 것을 알 수 있다. η의 값이 자극의 수와 더불어 증가하는 것은 偏差가 커지고 있기 때문이고, γ의 값이 크게되는 것은 반응 시간이 늦어지는 것을 나타낸다.

3-2 握力 tracking

data sampling은 1초간 10회로 했다. 目標値와 制御値의 거리의 합을 sampling한 수로서 나눈 것이 偏差의 平均이다.

握力 tracking에서는 목표치가 10일 때와 25일 때로 나누어 편차의 평균을 算出하여 각각 年齡代別, 男女別로 평균을 계산했다. 목표치

가 이동하는 時點마다 0.5초간의 data에 대해서도 목표치가 10과 25일 때의 편차의 평균을 年齡代別로 算出했다.

목표치가 10의 경우, 연령 증가에 의한 변화는 그림 7과 같다. 연령 증가에 따라 편차의 평균이 커지는 경향이 있다. 50代에서는 40代보다, 또 70代에서는 60代보다 偏差의 平均이 낮게 되어 있지만, 標準偏差를 보면 40代와 60代가 크게 되어있다. 표 4에서 20代와 30代의 평균치는 통계적으로 有意의 차이가 보이고, 50代와 60代에서는 그 값이 1.98로 큰 값을 나타내고 있다.

目標値가 25의 경우, 연령 증가에 의한 변화는 그림 8과 같다. 50代와 60代에서 현저한 변화가 보인다. 그 以外의 年齡代에서는 변화가 보이지 않았다.

표 4. 握力 tracking의 연령대에 의한 평균치차의 t검정

年齡代	目標値가 10일때	目標値가 25일때
20 ~ 30	2.21	0.76
30 ~ 40	1.74	0.18
40 ~ 50	0.60	0.00
50 ~ 60	1.98	3.12
60 ~ 70	0.85	0.00

$t_{60,0.05} = 2.000$

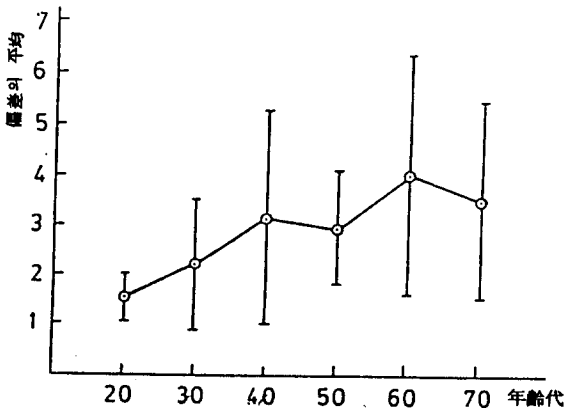


그림 7. 握力tracking에 있어서 目標値가 10일때의 年齡的變化

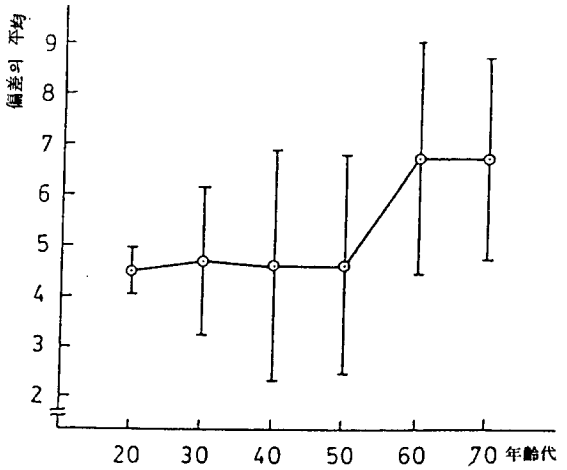
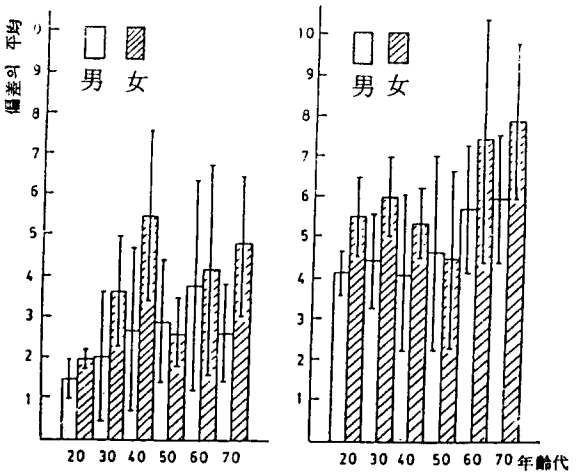


그림 8. 握力tracking에 있어서 目標値가 25일때의 年齡的 變化



目標値가 10일때　　目標値가 25일때

그림 9. 握力tracking에 있어서 男女의 差

표 5. 握力 tracking에서 남녀의 평균치 차의 t검정

年齡代	目標値가 10일때	目標値가 25일때
20	2.14	5.17
30	1.84	2.65
40	2.89	1.64
50	0.23	0.06
60	0.42	1.94
70	2.14	3.07

$t_{30,0.05} = 2.402$

그림 9는 男女의 차이를 나타낸 것으로, 어느 조건에서도 50代는 남자가 크고, 그 以外에서는 여자가 크게 되어 있다. 목표치가 10의 경우에서는 20代, 40代, 70代에서 평균치의 有意의 차이가 있고, 목표치가 25의 경우는 20代와 70代에서 평균치의 有意의 차이가 있었다(표 5).

그림 10은 손가락 반응 시간에서 lamp가 1개 켜지는 경우와 握力 tracking에서 목표치가 10의 경우의 相關分布를 나타낸 것이다. 이 그림 중에서 각 年齡代의 평균치를 큰 年齡代 mark로 나타내었다. 相關係數는 0.43으로 낮은 相關이었다.

目標値가 이동하는 時點마다, 0.5초간의 data에서는 年齡代에 관계없이 편차의 평균은 약 10으로 연령 증가에 의한 변화는 보이지 않는다.

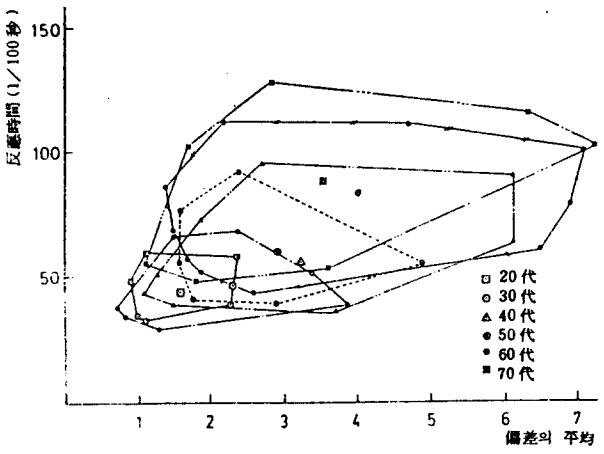


그림 10. 손가락反應時間에서 lamp가 1개 켜지는 경우와 握力tracking에서 目標値가 10의 경우와의 相關 分布圖

Ⅳ. 考 察

4-1 손가락 반응 시간

자극의 수에 관계없이 연령 증가에 따라 반응 시간이 늦게 되는 것은 巧緻性의 기능이 쇠퇴되어 가는 것이고, 표준편차가 크게 되는 것은 개인 차이가 크다는 것을 反映한 것이다.

각 年齡別에서 평균치가 통계적으로 有意의 차이는 자극의 수에 관계없이 30代와 40代, 50代와 60代에서 보였다. 여기에서 몇가지의 원인을 생각해 보면, 30代와 40代에서는 社會的으로 이 時期에 업무 내용이 바뀌고, 업무에 대한 의욕과 體力의 변화가 크다는 것을 생각할 수 있다. 50代와 60代에서는 50代의 피험자는 현재 작업을 갖고 있고, 60代의 피험자는 노인학교의 학생이므로 일정한 직업을 가지고 있지 않은 것, 또 平均年齡의 차이가 약 12才인 것 등이 그 원인으로 생각된다.

Lamp가 1개의 경우와 2～4개의 경우의 相關關係에서 相關係數가 0.85이므로 檢査할 때에는 lamp가 1개의 경우로 하여도 좋다.

男女의 차이에서는 lamp가 2개의 경우 70代에서만 평균치에 통계적으로 有意한 차이가 보였다. 그러나 全般的인 경향에서는 여성이 조금 높은 값을 취하고 있다. 이것은 J.Hodgkins의 연구와 대체로 一致하는 것이다. 이 연구에 의하면 반응 시간에서는 女性이 男性보다 10～15% 늦다고 되어있다.

Weibull 確率紙에서 m, η, γ의 母數를 推定할 수 있으므로, 이 母數로서 반응 시간의 분포를 알 수 있다. 그러므로 여기에서 조사한 분포에 항상 따른다고 가정하면, 全 年齡代의 분포에서 낮은 반응 시간의 전체의 5% 및 10%는 다음과 같다.

1개의 lamp가 켜지는 경우 1.10초(5%), 0.95초(10%)

2개의 lamp가 켜지는 경우 2.40초(5%), 2.10초(10%)

2～4개의 lamp가 켜지는 경우 3.00초(5%), 2.70초(10%)

반응 시간이 이것보다 늦은 者는 巧緻性이 결여되어 있다고 생각할 수 있다. 따라서 이들에 대해서는, 그 原因을 추구할 필요가 있다.

이 실험에서 1개의 lamp를 누르는 데 필요한 반응 시간은 0.30～1.30초이고, 2개일 때는 0.50～2.80초, 2～4개일 때는 0.60～3.70초였다. 이것은 상당히 注意를 集中했을 때의 시간이고, 조금이라도 集中이 결여되면 급격

히 반응 시간이 증가하는 것을 알 수 있다.

4-2 握力 tracking

Display 위의 편차를 보면서 握力 약 800 g으로 制御(목표치 10)할 때에는 연령 증가에 의한 편차의 평균치가 크게 되는 경향이 보였다. 그러나 약 2,500 g (목표치 25)에서는 50代와 60代에서만 현저한 변화가 있었다. 그 원인으로는 感覺器官과 神經機能의 작용보다는 근육의 힘이 작용했다는 것, 60代에서는 女性의 數가 많다는 것과 일정한 직업이 없다는 것 등이 생각된다.

목표치가 10의 경우보다 25의 경우가 편차의 평균이 크게 되어 있으므로 制御하기가 어려운 것을 알 수 있다. 또, 標準偏差가 20代 以外에서는 전반적으로 크게 되어 있으므로 개인차이가 크다는 것을 알 수 있다.

통계적으로 有意의 차이에서는 一貫性은 없지만 50代와 60代에 주목하여 보면 목표치가 10의 경우는 t의 값이 1.98로서 有意水準値 2에 가깝게 되어 있고 25의 경우에는 3.12로서 有意의 차이가 있었다.

실험의 개요에서 설명한 바와 같이 握力 tracking는 예측 및 制御機能의 正確, 迅速性을 측정하는 것이므로 檢査에 있어서는 목표치가 10의 경우의 成績으로 평가해야 하는 것을 알았다.

男女의 차이에서는 20代와 70代가 목표치에 관계없이 편차의 평균치에 有意의 차이가 있었다. 30代는 목표치가 25의 경우, 40代 에서는 목표치가 10의 경우에 有意의 차이가 있었다. 전반적으로 女性이 높은 값을 취하고 있으므로 女性이 男性보다 制御成績이 나쁘다는 것을 알 수 있다. 그러나 20～50代의 女性 被驗者의 數가 적기 때문에 금번 측정에서는 결론을 얻을 수 없다.

손가락 반응 시간에서 lamp가 1개인 경우와 握力 tracking에서 목표치가 10의 경우와의 相關關係에서 낮은 상관이 보였다. 이것은 각각에 역할을 하는 機能이 다르다는 것을 의미한다. 즉, 生體 feed-back系가 다른 것이 작용하고 있는 것이다. 따라서 檢査를 실시할 때에는 한가지 방법으로 할 것이 아니고 몇 가지 방법을 합하여 종합적 평가할 필요가 있다.

그림 11은 앙케이트 조사에서 운동을 하고있다고 응답한 피험자와 하고 있지 않다고 응답한 피험자의 60代, 70代에 대하여 lamp가 1개인 경우 반응 시간과 목표치가 10의 경우의 握力 tracking의 成績을 나타낸 것이다. 어느 경우에 있어서도 운동을 하고 있다고 응답한 쪽이 成績이 좋다. 이것으로 巧緻性은 연령 증가만으로 변화하는 것이 아니고 生活樣式에 의해서도 변화한다는 것을 알 수 있다. 금후 이런 點에 대해서도 연구를 할 필요가 있다.

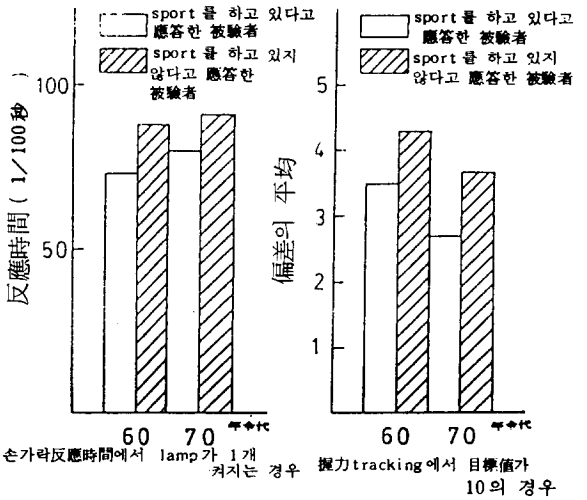


그림 11. 앙케이트調査에서 sport를 하고 있다고 應答한 피험자와 하고 있지 않다고 응답한 被驗者의 區分

參 考 文 獻

[1] Nattual, R.L., "The Strategy of Functional Age Research", *Ageing and Human Development*, Vol. 3, pp.149-152, 1972.

[2] Damon, A., "Predicting Age from Body Measurements and Observations", *Ageing and Human Development*, Vol. 3, pp. 169-173, 1972.

[3] Smith, J.M., "Occupations Classified by

Their Age Structres", *Industrial Geromtology* 1, pp.209-215, 1975.

[4] J, Hodgkins, "Reaction Time and Speed of Movement in Males and Females of Various Ages", *Res. Quart,* 34, 333, 1963.

[5] Y. Yokomizo, "Measurement of Ability of Older Workers", *Ergonomics,* Vol. 28, No. 6, pp.843-854, 1985.

〔6〕 辛承憲, 年齡增加에 따른 身體動搖의 變化에 대하여, 대한인간공학회지, Vol.5, No.1, pp.3 ～ 9, 1986.

〔7〕 伊藤正男, 巧みをの生理學, 體育の科學, Vol.35, No.9, pp.652 ～ 655, 1985.

〔8〕 調枝孝治, 巧みをの心理學, 體育の科學, Vol.35, No.9, pp.656 ～ 659, 1985.

〔9〕 西村純一, 直立時の身體動搖の加齡變化, 雇用職業研究, No.21, 1984.

〔10〕 雇用職業總合研究所, 加齡に伴う職業能力の變化に關すろ研究, 職研調査研究報告書, No.43, 1985.

〔11〕 久保田競, 手と腦, 紀伊國室書店, 1986.

〔12〕 信賴性データ解析, 日科技連編, 1977.