

Research Report of the Research Institute
of Industrial Safety, RIIS-SRR-87, 1987.

UDC 159.936 : 331.115.6 : 331.547 : 331.823 : 612.886 : 614.821

IV 現場での高年齢作業者の立脚能力の評価法に関する研究

永田久雄*

Study on Simple Methods to Evaluate Human Balance of Field Workers

by Hisao NAGATA *

Abstract ; A stabilometry system is widely used in the field of neurology, orthopedics and athletics to register the excursions of the centre of gravity of the body in standing posture and to estimate human balance. But it needs expensive costs for setting up a measure-system including a computer, force plate, recorder, etc, and also needs special measuring skills to manage a stabilometer. Individual data of the gravity movements of human body obtained from a stabilometer, that is, electrogravitiograph (EGG) can be analyzed by highly mathematical techniques such as frequency analysis, etc., but results of analyses are characterized by the deviations coming from wide shifts of individual raw data. Therefore it is not always efficient to adopt the system as an expedient method to evaluate human balance of field workers because of complicated measuring technique, and its insufficient reliability not corresponding with economical costs of the system.

Various kinds of balancing tests such as ramp test, walking test, and standing test are considered and employed in Japan. One singled standing test with closed eyes is recently popular in the field of industrial safety. It is very convenient to quantify the level of ability of human balance of field workers without any expensive instruments. In this report one singled standing test with closed eyes was modified into two methods, that is, one (method A) was very similar to the ordinary test method, and the other (method B) was a newly devised method carried out by standing on the board of 9cm width with tiptoe of a single leg with closed eyes. 646 male adults were examined by these two methods. In order to evaluate the measured value of these two balancing tests, the average death ratio of slipping, tripping or stumbling accidents on the surface during past 36 years from the year of 1950 to 1985, were calculated using the data of the vital statistics of Japan in this report.

The results obtained from measurements of human balance and the evaluations on the basis of death ratio were as follows :

- 1) Individual difference of measured values of standing time were not so small as the results of other methods as shown in Fig. 5 or 6.
- 2) Values of method A were about ten times as large as those of method B, but distribution trends with ages were very similar.
- 3) The death ratio of falls on the surface was rapidly increasing with measured values by method A, which showed below 7 seconds, but by method B, those were 2 seconds as shown in Fig.7.

* 土木建築研究部 Construction Safety Research Division

- 4) The evaluation table by correspondent ages, estimated death ratio and category ranks of human balance are described in Table 2. Therefore the measured values of standing time can be evaluated the table.

Keywords : Human balance, Balancing test, Falling accidents, Aptitude test, Safety management

1. 研究目的

体育学, 神経学, 整形外科の分野では, 立脚能力を測定する際に, 一般に, 体の重心移動を計測する床反力計 (スタビロメーター) を使用するクロステストなどの方法が多く使われている¹⁻³⁾。しかし, この方法は専門の測定技術や高価な器材及びコンピュータ・ソフトを必要とすることから, 現場での簡易計測法としては, 適当とは言えない。また, 測定値に高度の計算処理 (周波数分析など)⁴⁾ をして, 立脚能力を解析することができるが, 測定値の個人差, 測定差などのほうが, 大きいと解析値の信頼度が高まることはない。別の検査法として前報のように体に外力を加えてその転倒限界値から評価するといったことが考えられるが, 危険をとまったり, 測定時間や解析に時間がかかり, 実用的な方法ではない。

そこで, 本研究では, 高齢者の転倒災害防止の観点から, 作業現場で労働者の身体能力の自己診断や, 適正配置などに, 簡便に利用できる立脚能力の検査法

を検討し, その検査法による具体的な評価を図ることを目的とした。

2. 立脚能力の簡易測定法とその問題点

従来の検査法において問題となるのが, 計測された結果の評価がなされていないことである。つまり, 検査値によって立脚能力がどの程度劣り, それが安全なのか危険なのかという判断基準が提示されていないことである。現場で利用できる検査方法としては, その評価基準を示すことが最も重要となる。そこで, 本報では, 検査結果の評価をするために, 評価の基準として過去36年間に「滑り, つまずきによる転倒」で頭部打撲などにより死亡⁶⁾した事故死亡率 (人口10万人対) を年齢別に算定して, その平均的傾向を用いることにした。その算定結果が Fig. 1, Table 1 である。図の縦軸は対数目盛りとなっている。転倒での事故死者数は, 1950年から1985年の過去36年間に約3.8倍にも増大してきている。その理由として, 高齢者人口の増大による転倒事故件数の増大があげられるであろう⁷⁾。また, 死亡といった最悪のケースに陥るのは, 体のバランスを失うことが原因となり, 転倒し頭部, 脚部の骨折などを生じることによる。そのため, 転倒が死亡

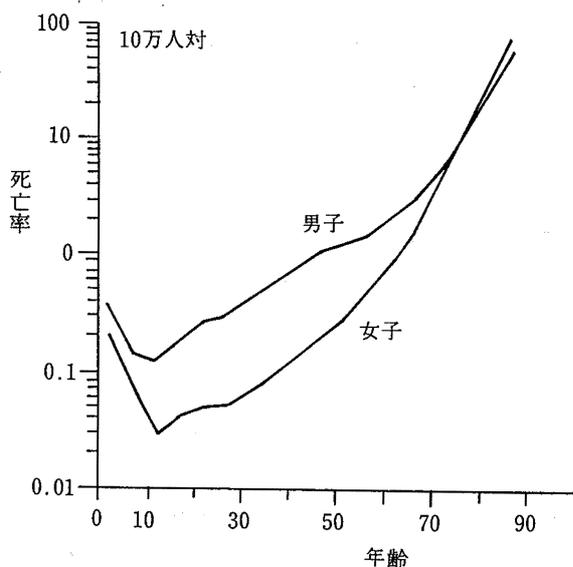


Fig. 1 Mean value of death ratio by falls on the same level.
転倒災害による平均死亡率 (1950-1985)

Table 1 Average death ratio by falls on the same level. (between the year of 1950 and 1985).
転倒による事故死亡率 (1950-1985年)
(人口10万人対)

年齢層	男子	女子	年齢層	男子	女子
0-4	0.39	0.21	45-49	1.02	0.19
5-9	0.14	0.07	50-54	1.18	0.28
10-14	0.12	0.03	55-59	1.43	0.49
15-19	0.17	0.04	60-64	2.02	0.85
20-24	0.26	0.05	65-69	3.00	1.68
25-29	0.30	0.05	70-74	5.02	4.28
30-34	0.40	0.07	75-79	10.22	10.87
35-39	0.56	0.09	80-84	21.64	27.43
40-45	0.75	0.13	85-	51.26	73.00

事故に到るかどうかは、防御姿勢を取るための反射能力や激突時の身体強度にも関連してくる。この死亡率を基準とした場合の適用上の注意点については、後述する。

立脚能力検査は、斜面板による転倒角度検査、不安定板によるバランス検査、歩行検査、そして片足立ち検査などがある。立脚能力を数量化する簡易測定法として、現在、労働現場に最もよく適している方法が、立脚能力を起立時間で表す閉眼片足立ち検査である。その検査方法を大別すると、閉眼片足立ちを始めてから体が動揺するまでの時間を測定する場合と、完全に両足立ちになるまでの時間を測定する場合に分けられる。検査方法が違うため、得られる結果も全く異なっている。一般に、後者の検査方法が老化度の判定に用いられている⁵⁾。本研究では後者に類似した検査方法で計測することにする。

3. 閉眼片足立ち検査の測定

閉眼片足立ち検査は、通常素足で行うが、本報では現場で簡便に適用することを前提としているために、なるべく被験者を検査中に拘束したり制限したりしないように配慮した。そのために、靴は着用したままの状態での測定している。従来の方法では、両手を腰の位置に当てて利き足で立つとしているが、測定時の腕の位置は、広げることも、腰に置くことも自由にし、拘束する条件を最少にするよう配慮した。閉眼片足立ち検査を医学の分野では、主に自立機能の診断や治療効果を知るために利用しているが、労働現場では、健康な労働者の作業能力がどの程度あるかを知るのが目的であるので、脚の筋負担をより高め、厳しい立脚条件

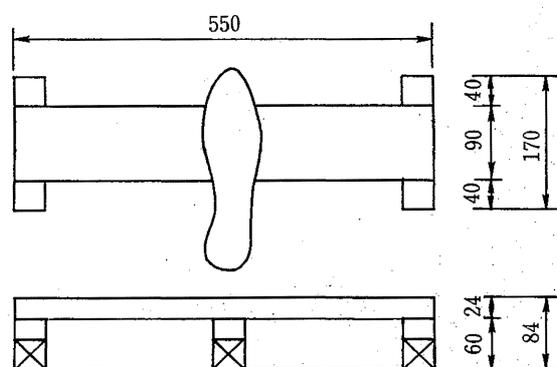


Fig. 2 One foot test with closed eyes on a beam and a foot position.
前足部片足立ち検査台と足位置

での閉眼片足立ち検査法も考えられる。そこで、本研究では前足部立ちをさせ、立脚時の体のコントロールに重要な役割を担うアキレス腱部に強い抗力を生じさせる検査法を考案した。この検査法の特長点としては、高度の立脚能力が測れる、検査時間が短い、靴の踵高の影響を除去できるなどが挙げられる。本報では、閉眼片足立ち時間を片足の全面接地と前足部のみの接地に分けて実測を行った。前足部立ちの検査の場合のみ、Fig. 2に示すような検査台を使用。以下、本報では、この方法による検査を閉眼前足部立ち検査と称する。前足部と踵を接地させた従来の方法による検査を、単に、閉眼片足立ち検査と称することにする。

具体的な検査は、それぞれ次のような手順で行った。

a) 閉眼前足部立ち検査

- 1) 足指が板からはみ出る程度に両足を板上に載せる。
- 2) 片足で立つ。
- 3) 静かに、両目を閉じて出来る限り長く立ち続ける。

b) 閉眼片足立ち時間

- 1) 履物のまま両足で床に立つ。
- 2) 片足で立つ。
- 3) 静かに、両目を閉じて出来る限り長く立ち続ける。

両目を閉じてから、支持点の足位置がずれたとき、他の足が地についた時、閉じた目を開いた時までのいずれかの時間を秒単位で小数点第1位まで3回計り、閉眼片足立ちの起立時間とした。検査をするにあたって、心理的要因が即、測定結果に強く影響を与え、本来の直立可能な時間を短くする傾向がある。測定時に閉眼状態の被験者に心理的不安をなるべく与えないように配慮する必要があることから、例えば、測定者は、被験者の正面近くに立たない、やかましい騒音下は避けるなどである。そのために、測定時間のうち最大値を取って検査の代表値とした。また、測定時の床は、砂地や滑りやすい条件を避けている。測定中に転倒することも考えて、安全な場所を選んで測定した。

4. 前足部閉眼片足立ち検査の予備測定

本測定に先立ち、測定時に注意すべき項目を知る必要がある。両足の土踏まず部での棒上両足立ち姿勢の身体動揺についての研究成果はあるか⁹⁾、片足での前足部立ち検査は、本報で初めて取り扱うために既往の研究に検査台の幅による測定値の相違に関するデータ

は、見あたらない。そこで、予備的にその幅による特性を明らかにしておく必要がある。

4.1 測定方法

新しい測定方法のために、どの程度の検査台の幅が必要かをまず知る必要がある。つまり、板幅が狭すぎると、立脚能力の年齢差が現れない、また、広すぎると、脚筋力の負担を高められないので閉眼片足立ち検査結果となんら変わらないことになる。そこで、本測定の前に、前足部立ちの検査台の板幅を決定するための予備測定として、当研究所附属技術館の来館者及び職員の男子182名（平均年齢41.6歳，19-66歳）を対象にして測定した。身体の能力差が出る最小の板幅を実験的に求めるための検査台の板幅を30, 45, 60, 75, 90mmの5種として、閉眼前足部立ち検査を実行した。

4.2 予備測定の結果とまとめ

各板幅ごとの平均値と標準偏差を Fig. 3 に示す。板幅が30-75mmの間では、値のバラツキ（標準偏差）の増加は、大きくないが、板幅が75-90mmになると、標準偏差が顕著に増加している。また、測定時間は10秒以内と短時間に行えることが分かる。各年齢層ごとに平均値をプロットしたのが Fig. 4 である。板幅が90mmの場合に年齢別傾向が強く現われている。年齢別立脚能力の差を知るという観点からは、板幅90mmが最適であると言える。

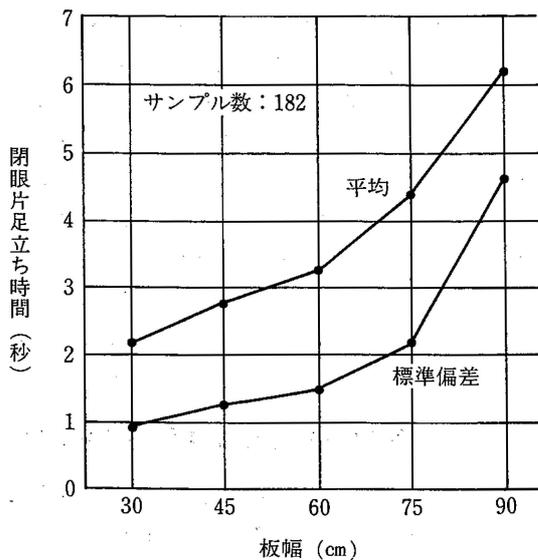


Fig. 3 Mean value and standard deviation by the width of a beam.
各板幅ごとの平均と変動(標準偏差)

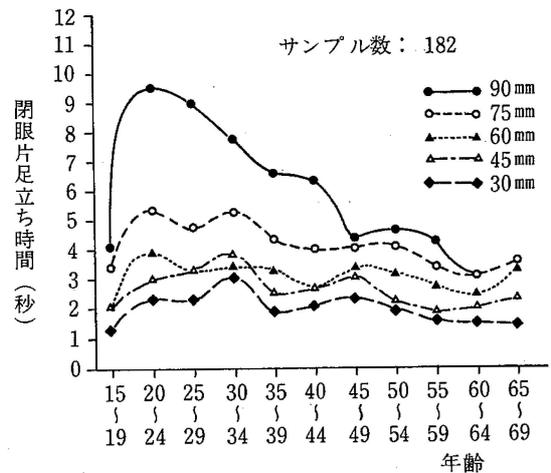


Fig. 4 Mean value of one foot standing test with closed eyes by ages and the width of beams.
寸法別の閉眼前足部立ち時間

5. 本測定

予備測定の結果から、前足部立ち検査では、Fig. 2 に示す幅90mmの検査台を用いることにした。被験者は、男子のみを対象とした。

5.1 測定場所

本測定は、労働省産業安全研究所職員、世田谷区老人会館の利用者、慶応義塾大学（三田校舎）学生及び教職員、飯田橋公共職業安定所の職員及び利用者、NTT 線路工事部現業職員を対象にして、測定を行った。総件数は男子646人である。測定時の様子を Photo. 1 に示す。



Photo. 1 A picture of balancing tests
検査の様子

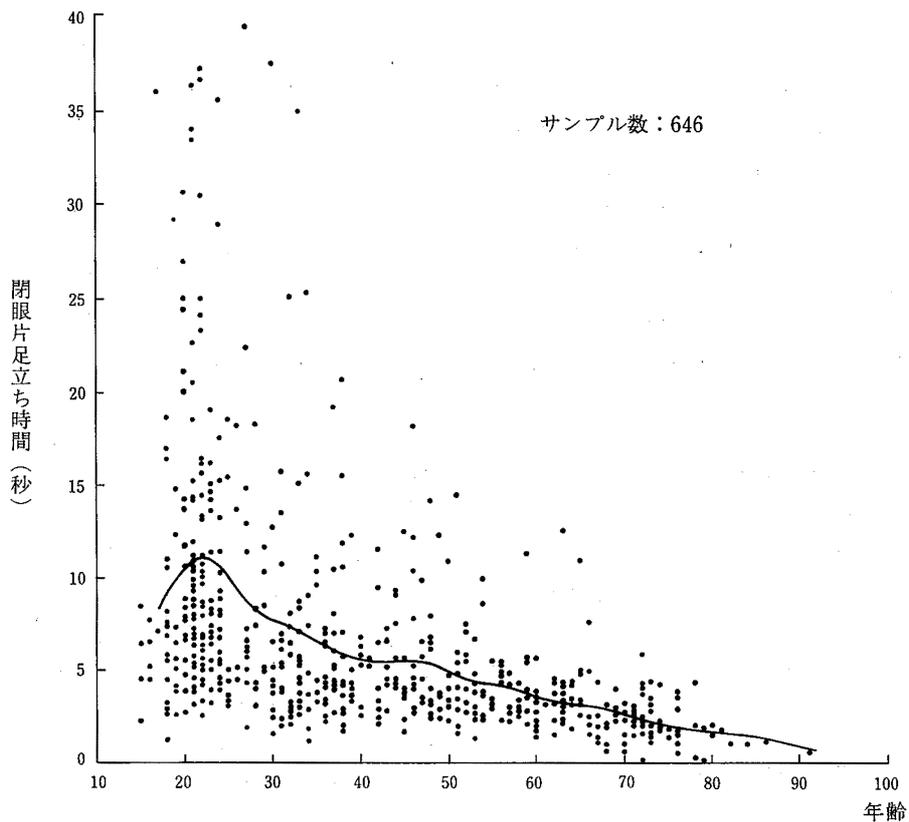


Fig. 5 All subjects' data plotted on a linear scale of age by one foot standing test with closed eyes on a beam (male).
閉眼前足部立ち時間 (男子)

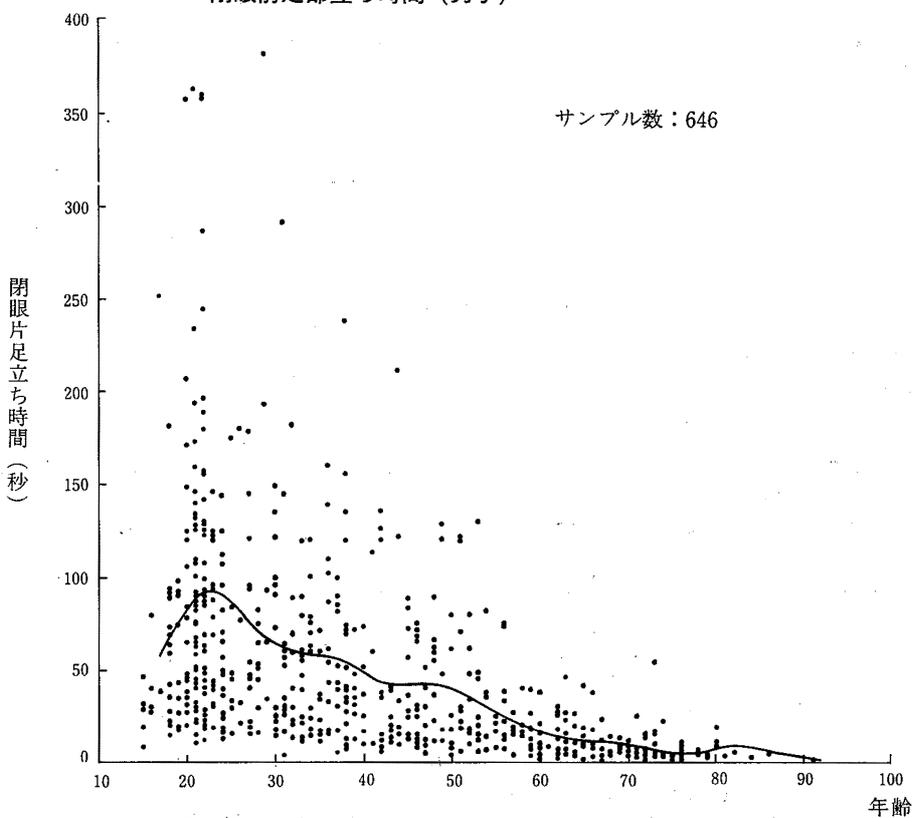


Fig. 6 All subjects' data plotted a linear scale of age by one foot standing test with closed eyes on floors (male).
閉眼片足立ち時間 (男子)

5.2 測定結果

閉眼前足部立ち及び閉眼片足立ち時間と年齢との関係をプロットし Fig. 5, Fig. 6に示した。高年齢者になるほど、一般に立脚時間の変動が少なく収束してくる傾向がある。また、個人的なバラツキが非常に大きいことが分かる。他の研究者の閉眼片足立ち検査の測定データ⁵⁾においても平均値とほぼ等しい大きさの標準偏差量がみられる。前足部立ち及び踵部と前足を接地させた全面接地立ちの平均的分布特性とは、実測値の大きさに違いはあるが、非常に類似している。各図の時間軸を比較してみると、前足部立ちの平均時間は、全面接地立ちの測定時間の約1/10となっている。

従来の閉眼片足立ち検査による平均値にほぼ等しい結果が得られた。このことから、靴の着用の有無、腕の位置、利き足かどうかは測定時に、それほど考慮する必要のないことを裏付けている。被験者をなるべく拘束しないといった本検査の条件であってもなんら差し支えないと言える。

6. 検査値の評価

検査値を評価するために、男子の転倒による年齢別の平均死亡率と、測定された年齢別の閉眼（前足部）片足立ち検査結果の平滑処理データを、年齢軸を媒介として合成すると、Fig. 7のようになる。つまり、測定

時間から転倒による事故死亡率を知ることができるのである。従来から言われているように閉眼片足立ち時間では、約10秒以下の起立時間で、前足部立ち検査では2秒以下で危険度が急激に高くなることが図から分かる。

7. 作業現場への適用と注意点

閉眼前足部立ち検査は、閉眼片足立ちが10秒以上できない高年齢者に対しては、筋負担が大きいために不適當である。若い労働者に適用して評価し、高度の平衡能力を必要とする作業の事前検査に利用するのが得策である。また、前足部立ち検査では、検査時間を短縮できる利点がある。閉眼片足立ちの起立時間が、例えば、60秒以上にわたる場合でも、前足部立ち検査では、約1/10の約6秒に短縮できるのである。

本検査法は、起立測定時間の長いものほど個人差、測定差が大きくなる。片足起立時に、各被験者によっても違うが脚筋力の痛みが前足部立ち検査では約10秒、靴裏の全面での起立姿勢では約50秒ほどから発生する。この時間以上の長い間にわたる起立の継続は、脚筋力の持続性、被験者の検査に対する自発性によると考えられる。その為に、両検査結果のうち結果の良好なほうをとって評価するのが原則とする。

転倒死亡率を基にして、現場で利用しやすいように、

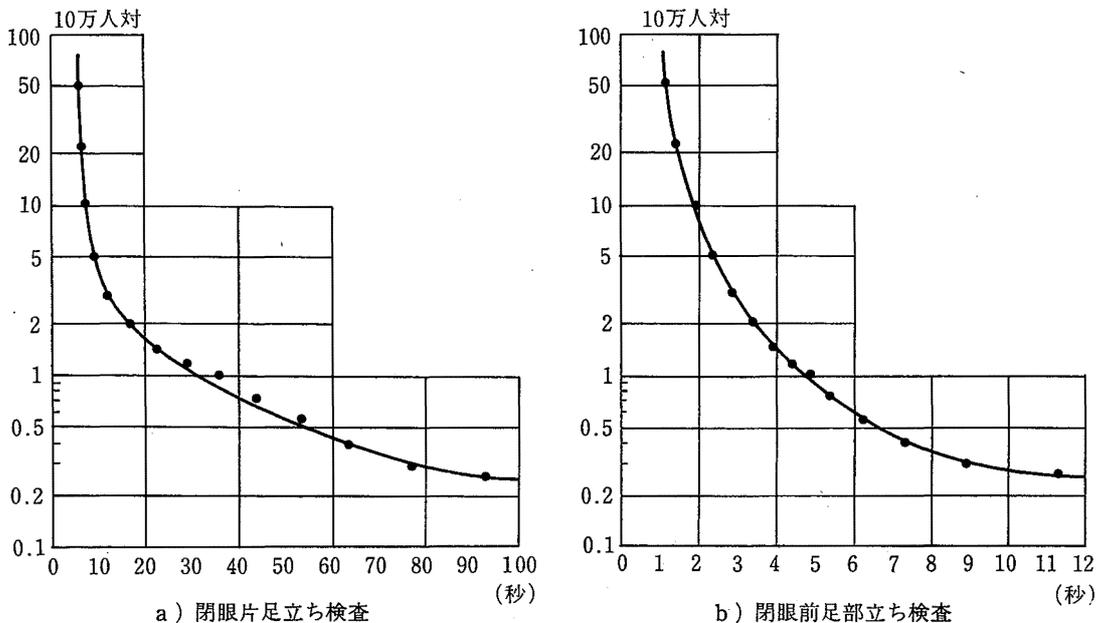


Fig. 7 Relationship between the test time and death ratio by falls on the same level. (male)
測定時間と転倒による事故死亡率(危険度)の関係(男子)

Table 2 Evaluation table of one foot standing test with closed eyes.
(over the age of 20)
評価表 (男子20歳以上を対象)

ランク	相当年齢	転倒死亡率 (10万人対)	閉眼片足立ち (全面) 秒	閉眼片足立ち (前足部) 秒
要 注 意	70歳以上	10.0以上	7 以下	2.0以下
やや要注意	60—69	2.0—10.0	7—17	2.0—3.5
普 通	35—59	0.5—2.0	17—55	3.5—6.5
やや優秀	20—34	0.26—0.5	55—90	6.5—11.0
優 秀	20	0.26以下	90以上	11.0以上

事故死亡率10.0 (10万人対) 以上を「要注意」、2.0から10.0を「やや注意」、0.5から2.0を「普通」とし、0.5以下を「安全域」として、評価表を作成し、Table 2に提示した。事故死亡率が例えば、10.0の労働者とは、1年間に滑ったり、つまずいたりして転倒し死亡する確率が、10万人に対して10人の割合で発生する集団に属していることを意味している。

Table 2を利用するに当たって注意すべき点は、この評価表では、20歳以上の成人、特に、高齢者のみを対象としていることである。体の平衡を失うことは、転倒を起こす要因となるが、負傷する度合は、労働者の身体的(骨、筋、内臓、脳など)な耐性限界とも関わってくる。身体の耐性限界の高い若い労働者の起立検査時間が短いからと言って事故死亡率が高いとはいえないのである。そのために、若い労働者で起立時間の短い場合は、死亡率でなく転倒する割合が高いと理解する必要がある。

8. 結 語

高齢者の安全対策の一つとして、適正配置を実施する場合に、労働者が納得のゆく検査法及び評価法が求められていた。本報では、転倒による事故死亡率(36年間)と閉眼(前足部)片足立ち検査の測定値より転倒の危険度の評価を試み、また、現場で利用できるように評価図及び評価表の提示を行った。その検査結果と転倒による事故死亡率の対応から、閉眼片足立ち検査が7秒以下、前足部立ち検査が2.0秒以下の立脚能力では、転倒による事故の危険性が急激に高まることが判明した。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、浅学な質問に答えて下さった当時東京工業大学工学部の平沢弥一郎氏、多くの

研究参考資料を提供していただいた英国のLoughborough大学のJ.Atha博士並びに、実測に当たって、参加協力して下さった下記の機関の方々に、ここに附して深謝の意を表します。

慶応義塾大学 (三田校舎)

世田谷区老人会館

日本電信電話株式会社線路工事部

飯田橋公共職業安定所

労働省産業安全研究所附属安全技術館

(昭和62年7月10日受理)

参 考 文 献

- 1) 平沢弥一郎, Stasiology からみた左足と右足, 神経研究の進歩, Vol.24, No.3, pp623-633, 1980
- 2) 稲村欣作, One Foot Test と重心図分析方法の再検討, 姿勢研究, Vol.2, No.1, pp49-57, 1982
- 3) 月村康治他, 脳性麻痺における Cross Test (起立及び座位の安定域の検討), 姿勢研究, Vol.3, No.2, pp87-96, 1983
- 4) 西村純一, 老化度の測定に関する研究 (片足起立試験における重心動揺波のフーリエ解析), 職業研究所研究紀要, No.9, pp51-57, 1975
- 5) 都立大学身体適正学研究室, 日本人の体力標準値第3報, pp222-228, 不昧堂
- 6) 厚生省大臣官房統計情報部, 人口動態統計, 昭和25年—昭和60年
- 7) 永田久雄, 階段・床(水平面)・梯子・足場での墜落死亡災害の傾向と分析, 階段・通路の安全性に関する研究第4報, 産業安全研究所技術資料, RIIS-TN-82-2, 1982
- 8) J.W. Smith, the forces operating at human ankle joint during standing, Journal of Anatomy, No.91, pp545-564, 1957

- 9) D.N. Lee and J.R. Lishman, Vision- the most efficient source of proprioceptive information for balance control, symposium international de posturographie, Paris, pp83-95, 1975