

□原著論文□

## 糖尿病患者における足底触圧覚と2ステップ値の関係

木村 和樹<sup>1,2</sup> 二宮 秀樹<sup>1</sup> 久保 晃<sup>3</sup> 石坂 正大<sup>3</sup>  
遠藤 佳章<sup>2</sup> 三浦 寛貴<sup>2</sup> 鈴木 悠<sup>2</sup>

### 抄 録

目的：糖尿病（以下、DM）患者の足底触圧覚と2ステップ値との関係を明らかにすることを目的とした。

方法：対象は男性58例、女性26例のDM患者84例（1型は7例、2型は77例）とした。Semmes-Weinstein-Monofilament（以下、SWM）を使用して足底触圧覚の評価を行い、Evaluator Sizeの2.83, 3.61, 4.31, 4.56, 5.07, 6.65を使用した。測定部位は足底の母趾、母趾球、小趾球、踵の左右計8カ所とした。足底計8カ所を正答できた最も小さいEvaluator Sizeを個人の代表値とし、Evaluator Sizeごとに群分けを行った。2ステップ値は最大2歩幅（cm）/身長（cm）で算出し、最大値を採用した。

結果：SWMを使用した足底触圧覚の評価において2.83群と3.61群の該当者はなく、4.31群は11例、4.56群は31例、5.07群は28例、6.65群は14例であった。2ステップ値は6.65群が5.07群・4.56群・4.31群よりも有意に低値で、5.07群・4.56群が4.31群よりも有意に低値であった。

結論：SWMを使用して評価した足底触圧覚の低下に伴い、歩行能力の複合的指標でもある2ステップ値が低下していることが明らかとなった。

キーワード：糖尿病, SWM, 2ステップテスト

## Relationship of plantar tactile point pressure sensitivity and two-step value results among patients with diabetes mellitus

KIMURA Kazuki, NINOMIYA Hideki, KUBO Akira, ISHIZAKA Masahiro,  
ENDO Yoshiaki, MIURA Hiroki and SUZUKI Yu

### Abstract

Purpose: The objective of this study was to evaluate the relationship of plantar tactile point pressure sensitivity and the two-step value results among patients with diabetes mellitus (DM).

Methods: Eighty-four DM patients (male: 58, female: 26; type 1: 7, type 2: 77) were included. Touch-pressure sense of the plantar tactile points was evaluated using the Semmes-Weinstein-Monofilament (SWM), which included the following evaluator sizes: 2.83, 3.61, 4.31, 4.56, 5.07, and 6.65. Measurements were performed at the medial and lateral aspect of the hallux, ball of the first toe, ball of the fifth toe, heel and eight different locations in the plantar aspect. Subjects were assigned to each evaluator size that was the corrected small size of the eight locations. The two-step value was calculated as the maximum two-step length (cm)/height (cm).

Results: No subjects were assigned to the 2.83 and 3.61 groups; using the touch-pressure sense of the plantar aspect with the SWM, 11 cases were included in the 4.31 group; 31 in the 4.56 group; 28 in the 5.07 group; and 14 in the 6.65 group. The two-step value was significantly lower in the 6.65 group than in the 5.07, 4.56, and 4.31 groups and in the 5.07 group compared with the 4.31 group.

Conclusion: By decreasing the touch-pressure sensitivity of the plantar foot using SWM, the value of the two-step of the gait ability composite indicator was reduced.

**Keywords** : diabetes mellitus, SWM, two-step test

受付日：2015年10月28日 受理日：2016年3月14日

<sup>1</sup> 国際医療福祉大学大学院 医療福祉学研究科 保健医療学専攻 理学療法学分野 博士課程

Division of Physical Therapy, Doctoral Program in Health Sciences, Graduate School of Health and Welfare Sciences, International University of Health and Welfare

<sup>2</sup> 国際医療福祉大学塩谷病院 リハビリテーション室

Department of Rehabilitation, International University of Health and Welfare Shioya Hospital

11s1039@iuhw.ac.jp

<sup>3</sup> 国際医療福祉大学 保健医療学部 理学療学科

Department of Physical Therapy, School of Health Sciences, International University of Health and Welfare

## I. はじめに

厚生労働省の報告では、2013年に、糖尿病（diabetes mellitus；以下、DM）予備群は減少傾向にあるもののDM患者はいまだ増加傾向にあると報告されている<sup>1)</sup>。DMによりインスリンの感受性が低下し、血糖値のコントロールが不良となり合併症に罹患するリスクがある。DMにおける三大合併症として、細小血管障害である糖尿病性神経障害（diabetic neuropathy；以下、DN）、腎症、網膜症がある。そのほかにも大血管障害があり、DM罹患により冠動脈疾患のリスクが高くなる<sup>2)</sup>。今後、DM患者の増加に伴い、合併症に対するリハビリテーションの需要が増加していくと推察される。本研究では、DM患者の三大合併症の1つであるDNによる感覚障害の進行の程度を分類し、歩行能力の複合的指標である2ステップ値の關係に着目した。

DNの進行を評価するには、Semmes-Weinstein-Monofilament（以下、SWM）による足底触圧覚閾値の評価が重要であるとされている。SWMを使用しEvaluator Size 5.07（10 g）の圧が足底で正答できない場合、Natherら<sup>3)</sup>は糖尿病性潰瘍やそれに伴う下肢の切断のリスクが急激に高くなると報告している。そのため米国糖尿病学会<sup>4)</sup>は、DNの評価としてSWMのEvaluator Size 5.07による検査が必須であり、追加項目としてアキレス腱反射と内果振動感覚とピンギリップテストを行うことを推奨している。DNは遠位性対称性の多発神経障害と局所性の単神経障害に分かれる。その中の糖尿病多発神経障害（diabetic polyneuropathy；以下、DP）は最も発症頻度が高く<sup>5)</sup>、DPは感覚障害にとどまらず、下肢筋力低下<sup>6)</sup>、足部可動性の低下<sup>7)</sup>、立位時の重心動揺増加<sup>8)</sup>など身体機能全般が低下する。そのため、DMによるDPは運動器の障害<sup>9)</sup>であると位置づけされている。このように、DNの進行をDPの有無で比較し、DP発症により身体機能の低下があると報告されている<sup>2,9)</sup>。しかし、DPの有無で比較したにすぎず、DNの進行に沿った身体機能や歩行能力の關係を示せていない。そこで、SWMを用いてDNの進行を段階的に分け、歩行能力との關係を明らかにする。

DM患者が運動療法を実施するうえで、歩行能力は非常に重要であるが、DNによる身体機能の低下と同様に歩行速度の低下は大きな問題となる<sup>10)</sup>。歩行能力の複合的指標には、運動器症候群（ロコモティブシンドローム；以下、ロコモ）の検査で用いられている2ステップテストがある。このテストは立位バランスや可動性、筋力などの歩行能力に關与する複合的指標となる。2ステップテストでは、最大2歩幅（cm）を測定し、身長（cm）で除した値が2ステップ値となる。そして、2ステップ値が1.0を下回ると地域在住高齢者の転倒のリスクが高くなるとされているが<sup>11)</sup>、このテストで簡便に測定を行うことが可能である。DMは歩行を中心として全般的に身体機能が低下するため、歩行能力の複合的指標である2ステップ値がDNの進行とともに段階的に低下していくと考えられる。先行研究の多くはDPの有無により群分けされており、DNの進行に沿っての段階的な評価が行えていない。この研究の目的は、SWMを使用することでDNの進行を段階的に捉え、足底触圧覚閾値により群分けし、DNの進行と複合的な歩行能力を示す2ステップ値の關係を明らかにすることである。

## II. 方法

対象は、国際医療福祉大学塩谷病院にDMの教育を目的として入院した日常生活動作の遂行に支障のない男性58例、女性26例のDM患者84例（1型は7例、2型は77例）であった。年齢は $61.0 \pm 13.9$ 歳で、糖尿病罹病期間は $108.1 \pm 118.7$ カ月であった。

足底感覚は、SWMを使用して足底触圧覚閾値の評価を行った。SWMの測定には、Evaluator Sizeの2.83（0.07 g）、3.61（0.4 g）、4.31（2.0 g）、4.56（4.0 g）、5.07（10.0 g）、6.65（300.0 g）の6本セットを使用した。測定部位は足底の母趾、母趾球、小趾球、踵の左右計8カ所とした。測定姿勢はブラットフォーム上で背臥位にて視覚の影響を受けないように閉眼で行った。検者は足底皮膚の胼胝部位を極力避けて、SWMの小さいEvaluator Sizeから順番に測定を行った。SWMの測定は測定部位に対してSWMが直角に曲がる強さで

1.5 秒間押し付けた。足底計 8 カ所を正答できた最も小さい Evaluator Size を個人の代表値とし、Evaluator Size ごとに群分けを行った。

歩行能力の指標は、10 m 歩行と Timed Up & Go Test (以下、TUG) を測定した。10 m 歩行は最大速度にて 10 m 歩行の所要時間 (以下、10 m 時間) と 10 m 歩行の所要歩数 (以下、10 m 歩数) を測定した。測定には 10 m の歩行路を用い、開始と終了を 3 m 延長した補助路を設け、全長 16 m の歩行路を設置した。TUG は椅子座位にて 3 m 先に目印を置き、できるだけ速く立ち上がり、目印の外周をまわり椅子に座るまでの時間を測定した。

2 ステップテストは立位で最大 2 歩幅 (cm) を 2 回測定した。2 ステップ値は最大 2 歩幅 (cm) / 身長 (cm) で算出し、最大値を採用した。

SWM の Evaluator Size ごとに群分けを行い、基礎情報 (年齢、身長、体重、BMI、HbA1c、eGFR、罹病期間)、歩行能力の指標 (2 ステップ値、10 m 時間、10 m 歩数、TUG) に対して一元配置分散分析後に下位検定として Bonferroni 法を行った。また、性別 (男・女)、1 型 DM・2 型 DM の比率、DP の有病率については  $\chi^2$  検定を行った。さらに、2 ステップ値と他の歩行能力の指標との関連を検討するため、Pearson の積率相関係数を求めた。統計ソフトは SPSS 21.0J (IBM SPSS Japan, Inc., Tokyo, Japan) を用い、有意水準はすべて 5% とした。

## 倫理的配慮

対象者には研究の内容を十分に説明して同意が得られた者を対象とした。なお、本研究は国際医療福祉大学倫理審査委員会に承認を得て行った (倫理番号: 14-10-72)。

## Ⅲ. 結果

基礎情報について示す (表 1)。SWM を使用した足底触圧覚閾値の評価において、2.83 群と 3.61 群は該当者はなし、4.31 群は 11 例、4.56 群は 31 例、5.07 群は 28 例、6.65 群は 14 例であった。DP の有病率は 6.65 群が 5.07 群・4.56 群・4.31 群よりも有意に高く、5.07 群が 4.31 群よりも有意に高かった。年齢は 4.31 群が 4.56 群・5.07 群・6.65 群よりも有意に低く若年であった。eGFR は 6.65 群が 4.31 群よりも有意に低値であった。

足底触圧覚閾値の評価と歩行能力の指標の関係を示す (表 2, 図 1)。2 ステップ値は 6.65 群が 5.07 群・4.56 群・4.31 群よりも有意に低値で、5.07 群・4.56 群が 4.31 群よりも有意に低値であった。10 m 時間は 6.65 群が 5.07 群・4.56 群・4.31 群よりも有意に延長していた。10 m 歩数は 6.65 群が 5.07 群・4.56 群・4.31 群よりも有意に多く、5.07 群が 4.31 群よりも有意に多かった。TUG は 6.65 群が 5.07 群・4.56 群・4.31 群よりも有意に延長していた。

2 ステップ値と歩行能力の指標との相関関係について示す (表 3)。すべての歩行能力の指標間において 2

表 1 SWM の各 Size からみた基礎情報 (\*:  $p < 0.05$ )

	Size 4.31	Size 4.56	Size 5.07	Size 6.65	平均値 ± 標準偏差 $p$ 値
症例数 (男・女)	11 (10・1)	31 (19・12)	28 (19・9)	14 (10・4)	0.336
1 型 DM・2 型 DM	1・10	3・28	2・26	1・13	0.984
DP 発症数と有病率 (例・%) *	0・0%	7・22.6%	12・42.9%	12・85.7%	0.000
年齢 (歳) *	42.2 ± 13.8	63.4 ± 12.6	63.2 ± 9.4	66.4 ± 13.9	0.000
身長 (cm)	167.7 ± 10.3	160.3 ± 9.1	160.5 ± 9.4	160.9 ± 9.5	0.141
体重 (kg)	74.0 ± 21.3	63.2 ± 15.4	63.8 ± 12.8	67.1 ± 22.6	0.295
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	26.1 ± 5.7	24.5 ± 5.1	24.7 ± 4.3	25.8 ± 8.1	0.791
HbA1c (NGSP 値 %)	8.8 ± 2.9	8.4 ± 1.9	8.6 ± 2.2	9.3 ± 2.5	0.661
eGFR (mL/min/1.73 m <sup>2</sup> ) *	93.9 ± 17.4	80.6 ± 25.9	74.2 ± 17.7	66.8 ± 19.7	0.014
罹病期間 (月)	32.7 ± 44.2	119.7 ± 114.3	114.6 ± 131.7	128.6 ± 128.9	0.155

一元配置分散分析: 年齢, 身長, 体重, BMI, HbA1c, eGFR, 罹病期間

$\chi^2$  検定: 性別と type の比率と DP の有病率

ステップ値と有意な相関が認められた (\*:  $p < 0.05$ ).

#### IV. 考察

本研究は、SWM を使用し足底触圧覚閾値により群分けし、DN の進行と複合的な歩行能力を示す2ステップ値の関係を明らかにすることを目的とした。SWM を使用した足底触圧覚閾値の評価について、2.83 群と3.61 群は該当者がいなかったことは、DM 患者には足底触圧覚閾値の該当者がおらず、足底触圧覚が障害さ

れていることが考えられる。また、先行研究において木村ら<sup>12)</sup>はDM患者の足底触圧覚は加齢に影響されると報告しており、4.31 群は他の群と比較して有意に若く、DM の影響だけではないことが考えられる。本研究の対象者のDM患者は、4.31 群の平均年齢が約42歳と他の群よりも若年であり、4.56 群・5.07 群・6.65 群の3群は約65歳で年齢の差はみられなかった。6.65 群は感覚障害だけでなくDPの有病率が85.7%と高くなり、DNが進行している患者が多くみられた。また、

表2 SWM の各 Size における歩行・動的バランス指標 (\*:  $p < 0.05$ ) 平均値  $\pm$  標準偏差

	Size 4.31	Size 4.56	Size 5.07	Size 6.65	p 値
2 ステップ値 *	1.6 $\pm$ 0.2	1.3 $\pm$ 0.2	1.4 $\pm$ 0.2	1.1 $\pm$ 0.2	0.000
10m 時間 (秒) *	5.4 $\pm$ 0.7	6.0 $\pm$ 0.9	6.3 $\pm$ 0.9	7.6 $\pm$ 1.4	0.000
10m 歩数 (歩) *	13.0 $\pm$ 1.1	14.5 $\pm$ 1.7	14.9 $\pm$ 2.0	16.8 $\pm$ 2.3	0.000
TUG (秒) *	5.5 $\pm$ 0.8	6.3 $\pm$ 1.4	6.3 $\pm$ 1.6	8.6 $\pm$ 2.0	0.000

一元配置分散分析：2 ステップ値、10m 時間、10m 歩数、TUG

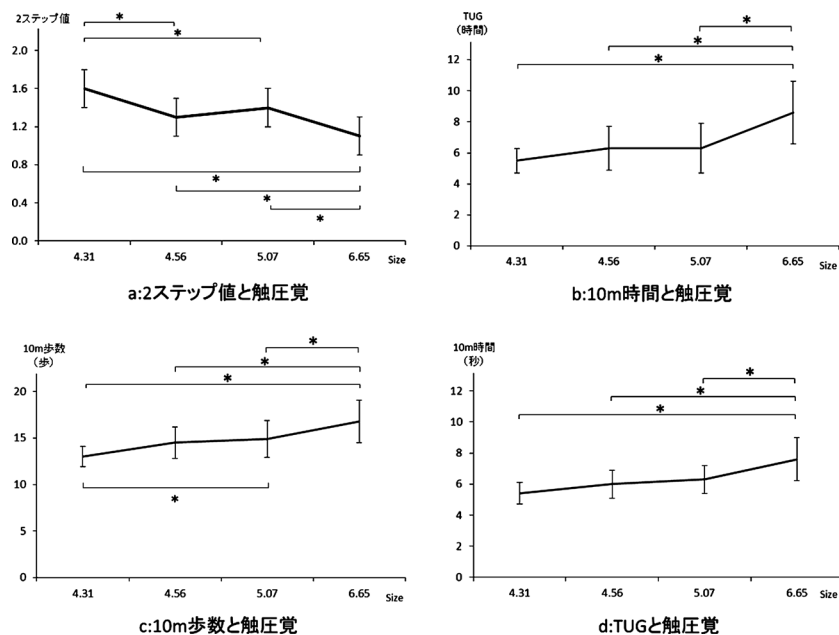


図 SWM の各 Size における各歩行能力 (\*:  $p < 0.05$ )

表3 各歩行・動的バランス指標の Pearson の積率相関係数 (\*:  $p < 0.05$ )

	2 ステップ値	10m 時間	10m 歩数	TUG
2 ステップ値	1	-0.563 *	-0.591 *	-0.713 *
10m 時間	-0.563 *	1	0.715 *	0.765 *
10m 歩数	-0.591 *	0.715 *	1	0.635 *
TUG	-0.713 *	0.765 *	0.635 *	1

6.65 群は 4.31 群と比較して eGFR が有意に低値であり、4.56 群・5.07 群・6.65 群の 3 群は平均罹病期間が 100 カ月以上であった。eGFR は DM 性の腎症の進行を反映するため<sup>13)</sup>、罹病期間が長く高齢であることが腎機能障害の進行に影響していることが考えられる。糸球体は毛細血管により構成されており、DM の長い罹病期間に伴い毛細血管が障害<sup>14)</sup>され eGFR が低下したと考えられる。本研究において、6.65 群は感覚障害だけでなく DP の有病率が 85.7% と高く、eGFR が他群に比べ有意に低値であることから、DN による感覚の障害の進行に伴い腎機能も障害されたことが考えられる。つまり、2.83 群と 3.61 群の該当者はおらず DM 患者の足底触圧覚が障害され、4.31 群は他の群と比較し罹病期間が短く若年であり、年齢を交絡因子として考慮する必要があった。さらに、6.65 群は 4.56 群・5.07 群と年齢に差はみられないが DP の有病率が高く、eGFR が低値を示し、SWM を使用した足底触圧覚閾値の評価は DN の進行を示していると考えられる。

次に、SWM の Evaluator Size と 2 ステップ値について、4.31 群は罹病期間が短く、若年であり DN の影響が少ないため、歩行能力の低下が少なく 2 ステップ値が高値を示した。6.65 群では DN が進行し足底触圧覚が障害され歩行能力が低下したため、2 ステップ値が低値を示したと考えられる。また、二宮らによると DM 患者において DP を発症していると 2 ステップ値が低下することが報告されており<sup>15)</sup>、本研究においても足底触圧覚が障害されたことで、2 ステップ値が低下し、DN の進行により歩行能力が低下したことが明らかとなった。足底触圧覚閾値と 2 ステップ値の低下は DN により感覚神経の障害だけでなく、運動神経の障害により蹴り出しに必要な下肢筋力や足部の可動性が低下していた可能性も考えられる。歩行時の母趾と母趾球の相対的な圧が減少し、小趾側への圧が上昇すると報告されている<sup>16)</sup>。感覚神経の障害より前方移動に重要な母趾と母趾球への重心移動が困難となると考える。これら DN による運動・感覚神経の障害が 2 ステップ値に影響したと考える。SWM の Evaluator

Size 5.07 が不答である 6.65 群は 2 ステップ値が有意に低下していた。Evaluator Size 5.07 は防御性感覚の消失の段階にあり、Size 5.07 が不答であると DM 性足病変へ移行しやすく<sup>5,17)</sup>、歩行能力の複合的指標である 2 ステップ値も有意に低下した。

最後に、2 ステップ値と歩行能力の指標の相関について考察する。2 ステップ値と TUG および 10m 時間と高い相関がみられた。2 ステップ値は歩行能力を示す指標でありロコモの簡易診断にも用いられている。2 ステップテストの特徴は最大 2 歩幅であるため、10m 歩数にも関与していると考えられる。2 ステップテストは、大きく前方にステップする点から股関節や足部の可動性、蹴り出す下肢の筋力、転倒しないようにバランスを保つ立位バランスも必要となり<sup>11)</sup>、10m 時間と 10m 歩数との高い相関を示したと考えられる。また、TUG は立ち座りや方向転換を含む複合的な動作で動的バランス評価指標<sup>18)</sup>であり、2 ステップ値と高い相関を示した。TUG と 10m 時間を比較すると、動的なバランス課題を含む TUG の方が 2 ステップ値との高い相関関係が認められたと考えられる。

## V. 結論

糖尿病患者を対象に、SWM による足底触圧覚の評価と歩行能力の複合的指標である 2 ステップテストを行った。DN の進行により足底触圧の感覚障害だけでなく、歩行能力の複合的指標でもある 2 ステップ値が低下することを明らかにした。また、2 ステップ値は各歩行指標と相関が認められ、特に動的バランスの指標でもある TUG と高い相関がみられた。2 ステップテストは簡便な歩行能力の評価項目である。

## 利益相反

本研究では、報告すべき利益相反はない。

## 文献

- 1) 厚生労働省ホームページ：平成 20 年（2008）患者調査の概要。http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/kanja/08/index.html（2015 年 7 月 25 日引用）
- 2) Sone H, Katagiri A, Ishibashi S, et al. Effects of lifestyle



- modifications on patients with type 2 diabetes: the Japan Diabetes Complications Study (JDCS) study design, baseline analysis and three year-interim report. *Horm. Metab. Res.* 2002; 34: 509-515
- 3) Nather A, Bee CS, Huak CY, et al. Epidemiology of diabetic foot problems and predictive factors for limb loss. *J. Diabetes Complications* 2008; 22: 77-82
  - 4) American Diabetes Association. Microvascular complications and foot care. *Diabetes Care* 2015; 38: 558-576
  - 5) 日本糖尿病学会編. 糖尿病神経障害の治療. 科学的根拠に基づいた糖尿病診療ガイドライン 2013. 東京: 南江堂, 2013: 115-140
  - 6) 野村卓生, 池田幸雄, 末廣正ら. 2型糖尿病患者における片脚立位バランスと膝伸展筋力の関係. *糖尿病* 2006; 49: 227-231
  - 7) McPoil TG, Yamada W, Smith W, et al. The distribution of plantar pressures in American Indians with diabetes mellitus. *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.* 2001; 91: 280-287
  - 8) 森田真也, 田淵優希子, 笠山宗正ら. 糖尿病患者の転倒要因としての身体バランスに影響する因子の解析. *Osteoporosis Japan* 2010; 18: 435-438
  - 9) 石黒友康. 糖尿病は運動器の障害である. *理学療法学* 2013; 40: 297-301
  - 10) 荒木厚, 千葉優子. 糖尿病患者における転倒 糖尿病合併症, 身体能力低下, 血糖コントロールとの関連. *医学のあゆみ* 2011; 239: 457-461
  - 11) 村永信吾, 平野清孝. 2ステップテストを用いた簡便な歩行能力推定法の開発. *昭和医学会雑誌* 2003; 63: 301-308
  - 12) 木村和樹, 久保晃, 石坂正大ら. 女性糖尿病患者は足底触圧覚の閾値が高くなる—地域在住高齢者との比較—. *体力科学* 2016; 65: 163-167
  - 13) 小根森元. 糖尿病性腎症の進展に影響を及ぼす因子の検討. *日本臨床内科医会誌* 2014; 29: 290-296
  - 14) 日本糖尿病学会編. 糖尿病神経障害の治療. 科学的根拠に基づいた糖尿病診療ガイドライン 2013. 東京: 南江堂, 2013: 97-113
  - 15) 二宮秀樹, 木村和樹, 久保晃. 糖尿病多発神経障害が2ステップ値におよぼす影響. *理学療法科学* 2016; 31: 77-79
  - 16) 地神裕史, 田中尚喜. 足底感覚と足圧分布. *理学療法* 2006; 23: 1237-1245
  - 17) Birke JA, Sims DS. Plantar sensory threshold in the ulcerative foot. *Lepr. Rev.* 1986; 57: 261-267
  - 18) 岩瀬弘明, 村田伸, 宮崎純弥ら. 女性高齢者における床からの立ち上がり所要時間と身体機能との関係. *総合リハビリテーション* 2012; 40: 163-168