

# Balance system SD を用いて測定した日本人の動的バランス能力に関する研究

大東文化大学スポーツ・健康科学部 琉子 友男、佐藤真太郎、  
朴 美香、只隈 伸也

## A study on the dynamic balance ability measured by using Balance system SD in community-dwelling Japanese older adults

Tomoo Ryushi, Shintaro Sato,  
Mihyang Park, Shinya Tadakuma<sup>1)</sup>

### 【はじめに】

平成 26 年 9 月に発表された総務省統計局の調査では、65 歳以上の高齢者人口が 3,296 万人（総人口の 25.9%）に達し、国民の 4 人に一人は高齢者であることが報告されている。また、75 歳以上の高齢者は総人口の 12.5%、80 歳以上も 7.6% に達したことが報告されている。このペースで増加すると、20 年後の日本では、国民の 3 人に一人が高齢者になると予測されている。この調査結果は、日本における超高齢化社会が予想を上回るペースで進んでいることを示すものである。また、それにともない国民の関心は「いかに長く生きるか」といった生命の量的なものから「いかによく生きるか」という生活の質的なものに変化してきている。

生活の質（QOL）を支える「体力」は、大きく身体活動能力および精神活動能力に分類される。精神活動能力の要因である意欲、根性、根気、勇気などの「気力」は、身体活動能力の中の行動体力および防衛体力と密接な関係があり、しかも行動体力のほとんどは加齢とともに大きく低下することが知られている<sup>1)</sup>。その中でも特に「バランス能力」の低下が著しく、続いて「筋力」、「筋持久力」、「柔軟性」、及び「敏捷性」となっている<sup>2)</sup>。また、加齢に伴い形態の変化も著しく、からだ全体に占める骨格筋の割合（筋量）も大きく低下する。この筋量の低下はサルコペニアの原因となり生活習慣病の中の特に糖尿病の一因となっている<sup>3)</sup>。一方、脂質の占める割合（体脂肪率）が増加することでメタボリックシンドロームを惹起する。また、筋肉の動きを調節する脊髄の運動ニューロン数も減少する。さらに、骨密度の低下が原因で骨粗鬆症になり、転倒による骨折（大腿

骨頸部、椎骨など)も多くなる。

国際的な「転倒」の定義は、「自分の意思からではなく、地面もしくは低い場所に足以外のからだの一部が接触した場合」とされている<sup>1)</sup>。したがって、転びそうになって何かにつかまった場合も、自転車から転落したり、階段を踏み外したりした場合も「転倒」とみなす。欧米の報告では65歳以上の高齢者の約30%が1年間に1回あるいはそれ以上の転倒経験があることが示されている。日本の報告では約20%と、欧米に比べるとやや低い結果が得られているが、この転倒が原因で高齢者は自信を喪失し、活動能力が低下する。また、下肢を骨折した場合は寝たきりの原因となり、ひいては死亡の原因ともなる。転倒の原因について調査した研究では、加齢にともない歩行時の姿勢やバランス保持に関する知覚・運動系機能が低下すること、また、転倒群は非転倒群に比較して大腿部および下腿部の筋力やバランス能力が低下していたことが報告されている<sup>1)</sup>。転倒の危険因子に関する研究では、段差やスリップしやすいフロアー、暗い照明、段差、階段や風呂場の手すりなど外的要因と、生理機能の低下、脳血管障害、薬の服用(睡眠薬、抗不安剤、抗うつ剤)など内的要因がある<sup>4)</sup>。転倒の原因を調査した研究では、つまずいて52.8%、バランスを崩して37.2%、滑って34%などと報告されている<sup>5)</sup>。これらの報告は、バランス能力を改善することで転倒経験者が激減することを示唆している。

先行研究では、転倒経験群は非転倒群に比較して大腿部前面の筋力が低く、バランス能力が悪く歩行速度も遅いことが明らかにされている。その他、転倒経験者の約75%は前後方向へ転倒すると言われているが、8方向(前、右前、右、右後ろ、後ろ、左後ろ、左、左前)へからだを傾ける能力(%LOS)は若年者に比較して60~80%しかなく、特に前・後方向への%LOSの低下は著しいことも明らかにされている<sup>6)</sup>。ヒトのバランス制御は視覚系、前庭・迷路系、体性感覚系からの情報によって行われている。静的バランスのように立位姿勢を維持している場合でも、3つの器官から常に情報が中枢に入り統合され、微妙な筋張力発揮を行うことで制御されている。動的バランスのように自分のからだを傾けたり、立位している台が急に移動した時に姿勢を制御したりする場合も同様である。加齢にともないこれらの機能は低下するが、特に高齢者になると閉眼で片足立ち動作の維持は非常に困難になる。したがって、高齢者のQOLを向上させるためには、バランス機能を維持・向上させるトレーニング処方やバランス能力を適確に評価する機器の開発が必要である。

USAで開発されたバランスシステムSDは、静的・動的なバランステストおよびトレーニングが可能な機器として販売されている。また、この機器には12段階の安定性レベル(stability level)を設定できるしくみになっているため、様々な姿勢制御能力を測定することが可能であり、6種類の姿勢制御トレーニングモードと4種類の姿勢制御テストモード(バランス評価テスト、身体傾斜限界(%LOS)テスト、片足立ちテスト、転倒リスクスクリーニングテスト)が搭載されている。そこで本研究は、転倒リスクスクリーニングテストの結果を基に転倒リスクに関する日本人の標準値を作成するための指標を得ること、また、アメリカ人の標準値と日本人の標準値との比較を行うこと、さらに、それらに影響を及ぼした要因についての検討を行うことを目的として実施された。

## 【方法】

- 1) 被験者：埼玉県 の 2 市町 に在住している住民 164 名（男性：73 名、女性：91 名）を対象にした。対象者はすべてボランティアとして参加した。
- 2) 測定項目：すべての被験者を対象に BALANCE SYSTEM SD (Biodex Inc, Shirley, NY) を用いて転倒リスクスクリーニングテストを行った。本研究では、そのテスト成績を「バランス INDEX」とした。なお、バランス INDEX の数値が低いほどバランス能力（姿勢制御能力）は高いことを意味する。
- 3) 測定方法：被験者をモニター画面前のプラットホーム上に両足をやや広げた姿勢で立たせ、画面上の被験者自身の重心がモニター画面上で指定された位置に入るよう足を前後左右に移動させ足位置を決定させた。その後、被験者のかかとの位置と足の向き角度をプラットホーム上のグリッド線を参考に入力した。被験者は 4 秒ごとに安定性が低くなるプラットホーム上で 20 秒間のあいだ、姿勢を維持するよう依頼された。この試行は 3 回行なわれ、最も低い測定値（高い姿勢制御能力）がその被験者のデータとして採用されるようになっている。最初の stability level は 12 であり、4 秒間隔で徐々にそのレベルは低くなり、最後は本研究において最も安定性の低いレベル 8 であった。

## 【結果及び考察】

日本人の年代別のバランス INDEX は、40 代（7 人）が  $0.57 \pm 0.21$ 、50 代（13 人）が  $0.82 \pm 0.26$ 、60 代（93 人）が  $0.88 \pm 0.3$ 、70 代（43 人）が  $1.01 \pm 0.27$ 、80 代（7 人）が  $1.36 \pm 0.28$  と加齢と共に数値が高くなる傾向が認められた（図 1）。この結果は、加齢にともないバランス能力が低下していくことを示している。一方、USA でまとめられたバランス INDEX データ (Finn J.A., 2010)<sup>7)</sup> では、18～35 歳までの若年者が  $1.4 \pm 0.7$ 、36～53 歳までが  $1.9 \pm 1.2$ 、54～71 歳までが  $2.3 \pm 1.4$ 、72 歳以上が  $3.0 \pm 1.0$  と、日本人のデータに比較してかなり悪い結果が得られている（図 2）。例えば、60 歳代の日本人のバランス INDEX は、アメリカ人の 54～71 歳までの数値と比較すると約 1/3 程度にしかならなかった。この結果は、加齢にともない低下する様相は同じであるが、日本人のバランス能力はアメリカ人に比較してかなり高いことを示している。

バランス能力に影響を及ぼす要因は、大きく分けると機能的な要因と形態的な要因に分類できる。機能的な要因としては、二足立位のヒトのバランス制御に欠かせない視覚系、前庭・迷路系、体性感覚系などであるが、民族によってそれらの機能に差があるとは考えにくい。一方、形態的な要因には大きな民族差がある。例えば、アメリカ人の平均身長及び体重は、日本人のそれとは大きく異なる。前述した Finn の論文<sup>7)</sup> には被験者の身長や体重などの記述がないため両国のデータを単純に比較することは困難であるが、身長や体重、そして脚長の差（重心高の高さ）がバランス

INDEXの差の原因になる可能性は否定できない。そこで、本研究では、身長や体重別にデータの解析を試みた(図3及び図4)。図3及び4の結果から、体重は60kgを超えたあたりから、身長は166cmを超えたあたりからバランスINDEXの数値が悪くなる傾向を示している。2000年当時のアメリカ人男性の平均身長は176.5cm、体重が86.6kg、一方、女性は162.6cm、体重が74.5kgと報告されている。最近では、白人だけの身長及び体重はもっと大きな数値を示しており、さらに全体的にアメリカ人は肥満傾向にあると言われている。このUSAのデータと本研究の結果は、身長や体重の数値が高くなるほどバランスINDEXも高く(悪く)なることを示すものである。

次に本研究では、平均身長や体重の異なる男女でバランスINDEXの差を調査した結果、女性群のバランスINDEXの平均値は $0.82 \pm 0.26$ 、男性群のそれは $1.04 \pm 0.33$ と女性群に比較して男性群の方がバランス能力は良くないことが明らかとなった(図5)。本研究に参加した男性群の内訳は80

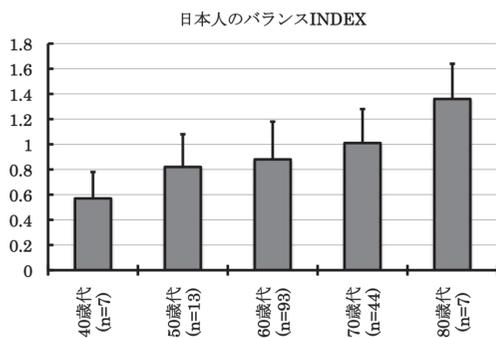


図1 日本人のバランス INDEX (平均値 ± SD)

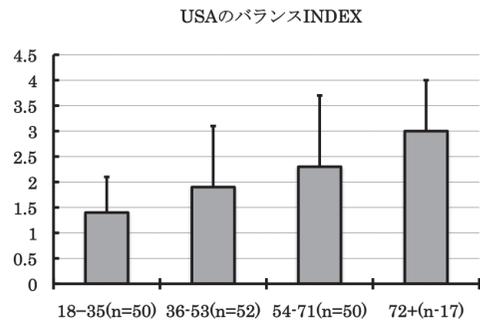


図2 USAにおける年代別のバランス INDEX (平均値 ± SD)

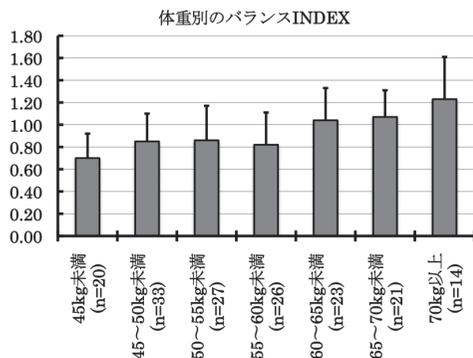


図3 体重別のバランス INDEX (平均値 ± SD)

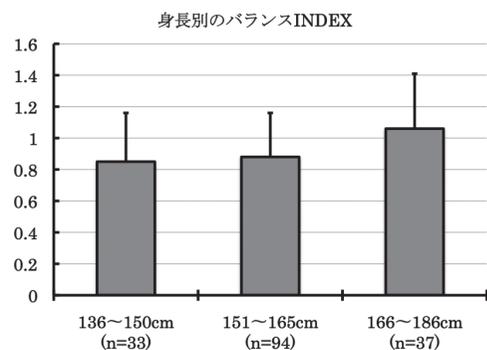


図4 身長別のバランス INDEX (平均値 ± SD)

歳代が4人、70歳代が30人、60歳代が32人、50歳代が2人、40歳代が5人であった。一方、女性群は80歳代が3人、70歳代が14人、60歳代が61人、50歳代が11人、40歳代が2人と、男性群に比較して70歳代の被験者が少なく、60歳代の比較的若い被験者が多く参加していた。このようにそれぞれの年齢層に属する被験者数が群間で異なることが男女差を生じさせた原因ではないかと思われた。そこで本研究では、被験者数をそれぞれの群の最も低い被験者数に統一して分析を試みた。被験者数の削減はランダムに行った。その結果、女性群 (n = 54) の平均年齢は  $67.3 \pm 7.6$  歳、男性群 (n = 54) の平均年齢は  $67.1 \pm 8.4$  歳とほぼ同一の年齢層になったが、バランス INDEX の方は女性群が  $0.83 \pm 0.3$ 、男性群が  $1.05 \pm 0.3$  となり、各年齢層における被験者数を男女で統一しても女性群に比較して、男性群の方がバランス能力は良くないことが明らかとなった (図6)。このことは、バランス INDEX には男女差があること、その男女差は身長や体重に起因している可能性が高いことを示唆している。

本研究の結果から、身長や体重がバランス INDEX に大きな影響を及ぼしていることが明らかとなった。そのため、日本人の標準値とアメリカ人の標準値とを比較する場合は、身長や体重で補正する必要がある。しかし、身長と体重を別々に補正することは困難でしかも現実的ではない。そこで本研究では、身長と体重が組み込まれた Body Mass Index (BMI) に着目した。BMI は体重を身長 (m) の二乗で除することによって算出される肥満の程度を予測する数値である。22 がもっとも理想的な数値で肥満でも痩身でもないことを意味する。最近の研究では、25 ~ 30 未満が最も長寿であることが報告されている。しかし、この BMI にはボディビルダーのように筋肉質であっても体重が重いと肥満と判定されるなど問題点も存在する。なお、本研究では、対象から外すべきと判断された被験者は存在していなかった。

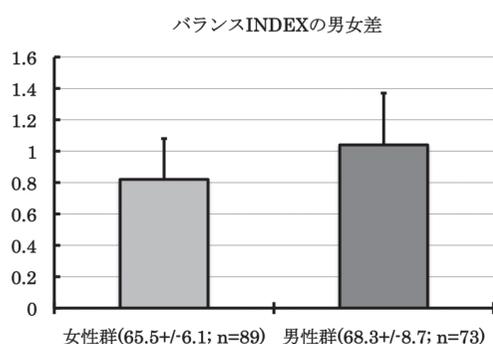


図5 バランス INDEX の男女差 (平均値 ± SD)

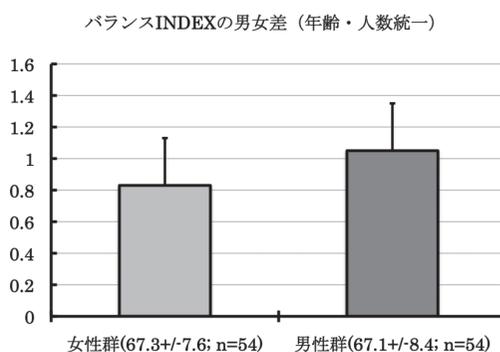


図6 年齢・人数調整後のバランス INDEX の男女差 (平均値 ± SD)

本研究では、痩身よりも肥満傾向にある被験者の方がバランス INDEX が悪いという傾向を示した(図7)。また、BMI とバランス INDEX の相関関係を調査した結果、統計的に有意な相関関係が認められた。本研究の結果から BMI が高い被験者は、バランス INDEX も悪いことが明らかとなった(図8)。この図は被験者全体の相関関係を示したものであるが、女性だけを対象にした場合は、相関係数が 0.317 ( $p < 0.01$ ,  $n = 91$ ) であり、男性だけを対象にした場合は、相関係数が 0.435 ( $p < 0.001$ ,  $n = 71$ ) と、男性の方が女性よりも高い相関係数が得られた。この原因は、女性に比較して男性の方が身長、体重が重いのでバランス INDEX データのばらつきが大きいと考えられた。しかし、いずれの場合も相関係数は低く、本被験者数が多いことが有意水準を高くした可能性も考えられるため、この点に関しては更なる検討が必要と思われた。

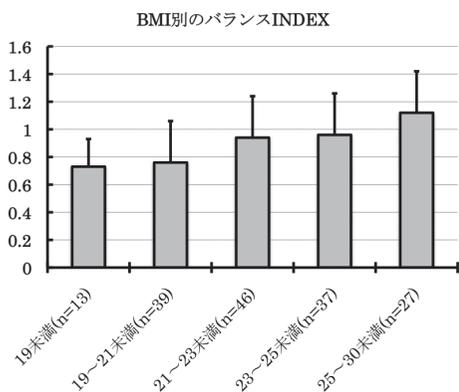


図7 BMI 別のバランス INDEX (平均値±SD)

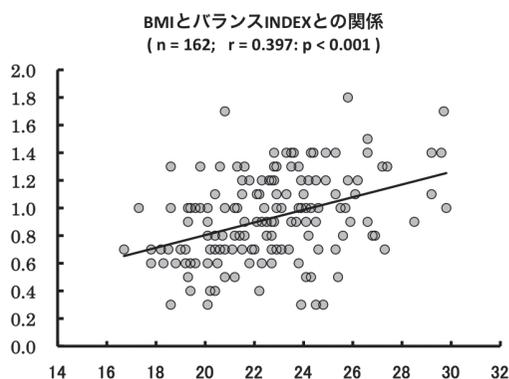


図8 BMI とバランス INDEX との相関関係

## 【まとめ】

埼玉県 の 2 市町 に在住する住民 164 名を対象に BALANCE SYSTEM SD を用いて転倒リスクスクリーニングテストである「バランス INDEX」の測定を行った。その結果、次のような結果が得られた。

- 1) 日本人のバランス INDEX は USA のそれよりも低い数値を示した。また、60 歳代の日本人のバランス INDEX は、アメリカ人の 54 から 71 歳までの数値と比較すると約 1/3 程度であった。したがって、同一の方法で国際的な比較をすることは難しいことが明らかとなった。
- 2) 日本人の場合、体重は 60 kg を超えたあたりから、また、身長は 166 cm を超えたあたりからバランス INDEX の数値が悪くなる傾向を示した。
- 3) 男・女のバランス INDEX を調査した結果、男女差があること、その男女差は身長や体重の差に起因している可能性が高いことが明らかとなった。

4) BMIが高くなるとバランス INDEX が悪くなる傾向が認められた。

5) BMI とバランス INDEX との間に有意な相関係数が得られ、男女関係なく肥満傾向が高い被験者はバランス INDEX も悪いことが明らかとなった。

以上の結果から、身長や体重がバランス INDEX に影響を及ぼしていることは明らかであり、日本人の標準値を作成する場合は、BMI 数値に配慮して作成すべきと思われた。また、測定機器 BALANCE SYSTEM SD を用いて日本人を対象に測定する場合は、USA 基準の安定性レベル(stability level) を 12 から 8 よりも 1 ランク下げて測定すべきではないかと思われた。また、本研究の結果から肥満傾向にある中高齢者は動的バランス能力が低く、転倒の危険性が高まることが明らかになった。

#### <参考文献>

- 1) 琉子友男：高齢者の体力と転倒。眞野行生（編著）：高齢者の転倒とその対策，pp.25-32, 医歯薬出版，1999.
- 2) 琉子友男：力強さや爆発的なパワーは何が違うのか，安部孝，琉子友男（編著）：これからの健康とスポーツの科学（第4版），pp.63-78, 講談社，2017.
- 3) 藤田聡：加齢による筋萎縮に対する運動と栄養摂取の役割，安部孝，琉子友男（編著）：これからの健康とスポーツの科学（第4版），pp.127-135, 講談社，2017.
- 4) 眞野行生：高齢者の転倒・転倒後症候群。眞野行生（編著）：高齢者の転倒とその対策，pp.25-32, 医歯薬出版，1999.
- 5) 小野晃、琉子友男（著）：高齢者の転倒予防トレーニング。PP2-13, ブックハウス HD, 2002.
- 6) 琉子友男：若年者と高齢者の体力の違い。Journal of Clinical Rehabilitation, Vol.9 No.4: 323-328, 2000.
- 7) Finn J.A: Final report, Biodex Balance System SD: A Norms Study. 2010.

(2017年9月29日受理)