

中高年者における左右下肢別重心動揺測定の意義

松瀬 由紀¹・横山 茂樹²・金子由美子¹・近藤 正行¹

要旨 若年者および中高年者を対象とし、静止立位時の左右下肢荷重値および左右下肢別重心動揺測定値と総合的動揺測定値との関連性について検討した。その結果、中高年者では総合的動揺検査における前後方向単位軌跡長の増加と左右別下肢荷重検査における一側下肢への荷重偏位、荷重側重心の前方変位、荷重側の外周面積増加という立位姿勢の特徴が示唆された。また若年者は荷重側重心後方で重心動揺は減少し、中高年者では荷重側重心前方型で重心動揺は減少する傾向を示した。

長崎大学医学部保健学科紀要 17(2): 39-44, 2004

Key Words : 加齢, 下肢荷重検査

はじめに

立位姿勢調節機構は感覚器系（視覚、前庭覚、体性感覚）、中枢神経系（脊髄、小脳、脳幹、大脳基底核、大脳）、運動器系（骨・関節、筋・腱）などにより調整・統合されている¹⁾。この姿勢調節機構は静的姿勢保持能力と動的体平衡、さらに両者の要素を持つ外乱負荷応答に大別でき、これらにより姿勢保持、起き上がり、立ち上がり、歩行などの運動活動や日常生活活動において身体の平衡が保持されている。よって姿勢調節機構を評価することは、バランス能力低下による運動障害や活動制限を推測する上でも重要となる。

一般的にバランス障害の定量的評価として、重心動揺計を用いた平衡機能検査²⁾が広く普及しており、加齢による重心動揺の変化に関する報告も数多くある。白井³⁾は、重心動揺面積は6～20歳代まで年齢とともに減少、20歳代で最も安定し、その後50歳代まで漸増、それ以降急激に増加する傾向があると報告している。また山本⁴⁾は、年齢が増すにつれて重心動揺は前後方向よりも左右方向への揺れが増加すると述べている。このような変化を把握することはバランス能力低下の要因を解明する上で重要となるが、いずれも両下肢の総合的な重心動揺検査による報告であり、左右下肢が両脚の立位バランスに果たす役割は明らかでない。

そこで今回我々は2枚の重心動揺計を組み合わせたツイングラフィコーダー（アニマ社製 G-620）を用いて下肢荷重検査を行い、静止立位時の左右下肢荷重値および左右下肢別重心動揺測定値と総合的動揺測定値を測定し、左右下肢別の重心動揺と両脚の重心動揺との関連性を明らかにすることを目的とした。

対象と方法

1. 対象

対象は、中高年者50名（old群；以下O群）、また対照

表1. 被検者の身体的特徴

	中高年者 (n=50)	若年者 (n=25)
年齢	63.6±6.8歳	22.7±2.3歳
性別	男性 13名 女性 37名	男性 11名 女性 14名
身長	153.7±7.8cm	164.4±6.5cm
体重	55.3±9.0kg	61.4±11.0kg
BMI	23.3±2.8	22.6±3.4

群として若年者25名（control群；以下C群）とした（表1）。

対象者は測定を行う際の説明や方法の理解力が十分にあること、問診により整形外科系疾患や中枢神経系疾患の既往、現病歴を有さないことを確認した。また円背等著しい変形を有する者は対象から除外した。

2. 方法

(1) 測定機器

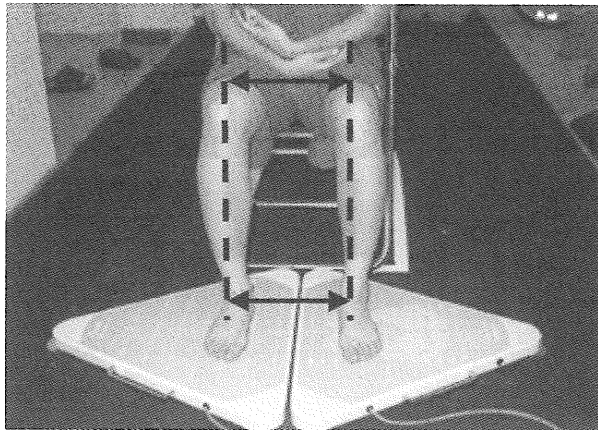
測定にはツイングラフィコーダー（アニマ社製 G-620）を用いた。この機器は、2枚の重心動揺検出器より、直立時における足底圧の垂直作用力を変換器で検出し、足圧中心（COP）の動揺を電気信号変化として出力、各測定値は自動的に数値、グラフとして記録される。重心動揺検査の2枚の検出器を使用することにより、左右下肢別の荷重量・重心動揺が測定できる特徴を持つ。

(2) 測定肢位

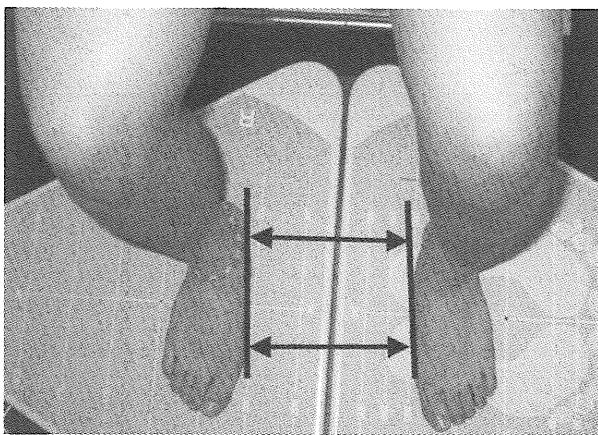
静止立位にて上肢は体側に自然下垂とした。両側の上前腸骨棘（内側縁）の幅を計測し、後方からみた両踵骨内側縁幅が両上前腸骨棘幅と一致するように足部間隔を設定し、足部の向きは、踵部内側縁と第1中足指節関節内側縁を結ぶ線が平行になるようにした。足部の前後の位置は第5中足骨の前後の中央に印を入れ、検出器の中央横線と合わせるようにした（図1）。

1 こんどう整形外科

2 長崎大学医学部保健学科理学療法専攻



両踵骨内側縁幅が両上前腸骨棘幅が一致



踵部内側縁と第1中足指節関節内側縁を結ぶ線が平行

図1. 足部を置く位置

(3) 測定手順

検査を行うにあたって、十分なオリエンテーションを実施した。検出器の上で測定肢位をとり、「前方のマーカ―を注視し、楽に立って下さい。」と指示した。測定は立位保持から5秒以上経過してから計測を開始した。

(4) 測定条件

測定は周囲の音や声が少ない場所とし、検出器は壁から2m離れた場所に設置した。被検者の目の高さにマーカ―を取り付け、視線は前方のマーカ―を注視させた。検査時は裸足とし、検査中は頭を動かさないように注意させ、こちらからも話しかけたり、指示を与えないようにした。

測定時間は30秒、取込周期は50ms、測定回数は1回とした。

(5) 測定項目

総合的な重心動揺検査から総軌跡長、単位軌跡長、単位面積軌跡長、左右方向（以下、X方向）単位軌跡長、前後方向（以下、Y方向）単位軌跡長、矩形面積、外周面積、実効値、実効値面積の9項目、左右別の下肢荷重検査から荷重値、軌跡長、外周面積、単位面積軌跡長、X方向動揺平均中心変位、Y方向動揺平均中心変位の6

項目とした。

(6) 解析方法

荷重率が50%以上を荷重側、50%以下を非荷重側と定義し、それぞれの荷重側を決定した。また荷重側の荷重率から非荷重側の荷重率を引いて左右の荷重比差を算出した。そして、荷重バランスと位置バランスの左右重心動揺軌跡の結果から荷重タイプを①荷重側重心後方型（荷重側下肢の重心が後方に位置している）、②荷重側重心前方型（荷重側下肢の重心が前方に位置している）、③中間型（荷重率が左右下肢とも50%ずつ均等に荷重している）に分類した。

統計学的処理として、O群とC群について総合的な重心動揺測定値、荷重率、荷重差および荷重側と非荷重側の下肢別重心動揺測定値の平均値を算出し、分析にはSPSS10.0を用い、対応のないt検定を行った。

結 果

1. 総合的な重心動揺検査

O群とC群におけるそれぞれの測定項目の平均値を（表2）に示す。

表2. 総合的な重心動揺測定値

測定項目	O群 (n=50)	C群 (n=25)	
総軌跡長(cm)	24.0±6.9	21.6±4.5	n.s.
単位軌跡長(cm/秒)	0.80±0.23	0.72±0.15	n.s.
単位面積軌跡長(1/cm)	48.5±20.3	48.7±15.8	n.s.
X方向単位軌跡長(cm/秒)	0.36±0.09	0.35±0.09	n.s.
Y方向単位軌跡長(cm/秒)	0.64±0.21	0.55±0.11	p<0.05
矩形面積(cm ²)	1.55±1.02	1.29±0.64	n.s.
外周面積(cm ²)	0.60±0.39	0.51±0.25	n.s.
実効値(cm)	0.41±0.13	0.38±0.11	n.s.
実効値面積(cm ²)	0.58±0.42	0.48±0.28	n.s.

総軌跡長、外周面積、矩形面積に有意差は認められなかったが、Y方向単位軌跡長ではO群0.64±0.21cm/秒、C群0.55±0.11cm/秒となり、O群は有意に大きな値(p<0.05)をとり、加齢により前後方向に不安定な立位姿勢となることが示された。

2. 左右別下肢荷重検査

(1) 下肢荷重率と荷重比差

下肢荷重側の荷重率の平均値はO群53.2±2.8%、C群51.9±1.3%となり、O群では一側下肢への荷重率が有意に大きくなっていった（図2）。また荷重比率の差はO群6.1±5.5%、C群3.8±2.6%となり、C群が有意に増大していった（図3a）。この差が5%以下の者はO群25名（50%）、C群18名（72%）、5~10%の者はO群15名（30%）、C群6名（24%）、10~15%の者はO群5名（10%）、C群1名（4%）であり、C群ではほとんどの者が10%以下の荷重差であった。これに対して、O群では15%以上の者が5名（10%）であった（図3b）。よって、中高年者では

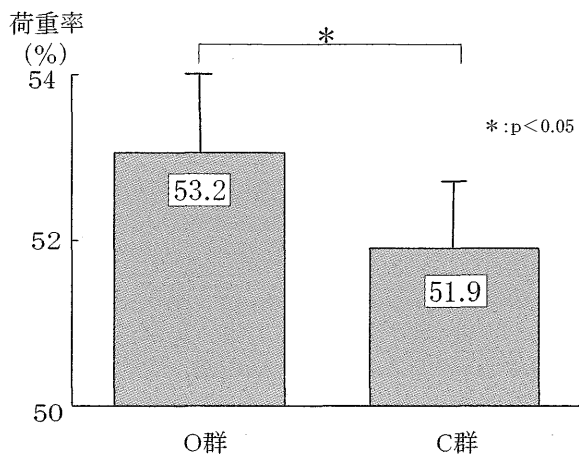


図2. 下肢荷重率の比較

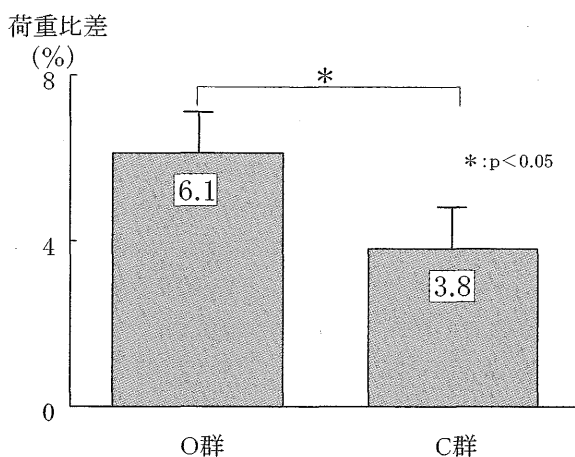


図3 a. 荷重比差の比較

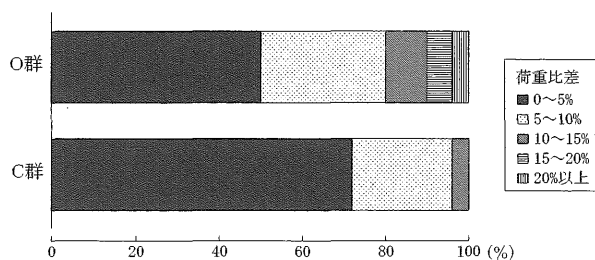


図3 b. 荷重比差の分布

一側下肢へ荷重が偏位し、荷重比差も大きくなっていった。

(2) 荷重タイプ

O群とC群における荷重タイプ別を(図4)に示す。

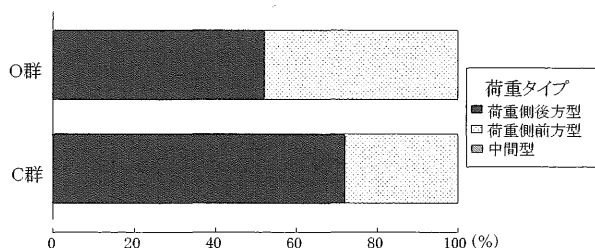


図4. 荷重タイプの分類

O群とC群を荷重タイプに分類すると、O群では①荷重側重心後方型が26人(52%)、②荷重側重心前方型が24人(48%)となり、C群では①荷重側重心後方型が18人(72%)、②荷重側重心前方型が7人(28%)であった。よって、中高年者では荷重側重心前方型の割合が増加しており、荷重側の重心が前方に変位している傾向が窺われた。

(3) 荷重タイプと荷重比差の関連

荷重タイプにおける荷重比差を(図5)に示す。

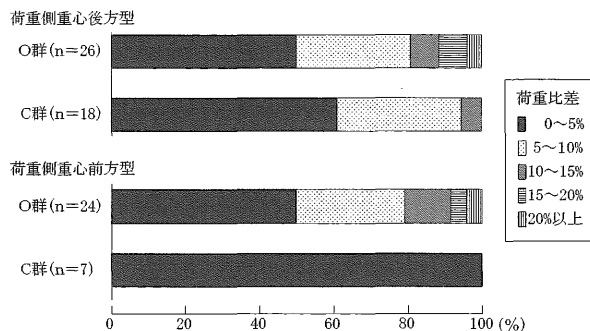


図5. 荷重タイプと荷重比差

荷重タイプにおける荷重比差のばらつきをみると、荷重側重心後方型ではO群は荷重比差5%以下が13名(50%)、5~10%が8名(30.8%)、10~15%が2名(7.7%)、15~20%が2名(7.7%)、20%以上が1名(3.8%)となり、C群では0~5%が11名(61.1%)、5~10%が6名(33.3%)、10~15%が1名(5.6%)となった。また荷重側重心前方型ではO群は荷重比差5%以下が12名(50%)、5~10%が7名(29.2%)、10~15%が3名(12.5%)、15~20%が1名(4.2%)、20%以上が1名(4.2%)となり、C群では5%以下が7名(100%)であった。

このように荷重側重心前方型ではC群は全員の荷重比差が5%以下であったのに対して、O群では荷重比差5%以下は半数で、それ以外のものは荷重比差5%以上であった。

(4) 荷重タイプ別の総合的重心動揺測定値

O群とC群における荷重タイプ別の総合的重心動揺測定値を(表3)に示す。

O群では矩形面積で荷重側重心後方型 $1.76 \pm 1.30 \text{ cm}^2$ 、重心前方型 $1.32 \pm 0.56 \text{ cm}^2$ 、外周面積は荷重側重心後方型 $0.68 \pm 0.49 \text{ cm}^2$ 、荷重側重心前方型 $0.52 \pm 0.21 \text{ cm}^2$ となり、荷重側重心後方型で有意に大きな値をとっていた。C群では、矩形面積で荷重側重心後方型 $1.11 \pm 0.45 \text{ cm}^2$ 、荷重側重心前方型 $1.77 \pm 0.85 \text{ cm}^2$ 、外周面積は荷重側重心後方型 $0.44 \pm 0.16 \text{ cm}^2$ 、荷重側重心前方型 $0.68 \pm 0.36 \text{ cm}^2$ 、実効値は荷重側重心後方型 $0.36 \pm 0.08 \text{ cm}^2$ 、荷重側重心前方型 $0.43 \pm 0.16 \text{ cm}^2$ 、実効値面積は荷重側重心後方型 $0.42 \pm 0.17 \text{ cm}^2$ 、荷重側重心前方型 $0.65 \pm 0.44 \text{ cm}^2$ となり、荷重側重心前方型で有意に大きな値となっていた。よって、中高年者で

表3 a. 中高年者における荷重タイプ別の総合的重心動揺測定値

測定項目	荷重側重心後方型 (n=26)	荷重側重心前方型 (n=24)	
総軌跡長 (cm)	24.3±8.3	23.7±5.0	n.s.
単位軌跡長 (cm/秒)	0.81±0.28	0.79±0.12	n.s.
単位面積軌跡長 (1/cm)	44.9±18.8	52.3±21.5	n.s.
X方向単位軌跡長 (cm/秒)	0.36±0.10	0.36±0.09	n.s.
Y方向単位軌跡長 (cm/秒)	0.65±0.26	0.62±0.15	n.s.
矩形面積 (cm ²)	1.76±1.30	1.32±0.56	p<0.05
外周面積 (cm ²)	0.68±0.49	0.52±0.21	p<0.05
実効値 (cm)	0.44±0.15	0.39±0.09	n.s.
実効値面積 (cm ²)	0.67±0.53	0.49±0.24	n.s.

表3 b. 若年者における荷重タイプ別の総合的重心動揺測定値

測定項目	荷重側重心後方型 (n=18)	荷重側重心前方型 (n=7)	
総軌跡長 (cm)	21.0±4.2	23.0±5.3	n.s.
単位軌跡長 (cm/秒)	0.70±0.14	0.77±0.18	n.s.
単位面積軌跡長 (1/cm)	51.4±14.6	41.8±17.9	n.s.
X方向単位軌跡長 (cm/秒)	0.33±0.09	0.40±0.09	n.s.
Y方向単位軌跡長 (cm/秒)	0.54±0.10	0.56±0.14	n.s.
矩形面積 (cm ²)	1.11±0.45	1.77±0.85	p<0.01
外周面積 (cm ²)	0.44±0.16	0.68±0.36	p<0.01
実効値 (cm)	0.36±0.08	0.43±0.16	p<0.01
実効値面積 (cm ²)	0.42±0.17	0.65±0.44	p<0.01

は荷重側重心後方で重心動揺は大きくなり、若年者では荷重側重心前方型で重心動揺は大きくなっていった。

(5) 下肢別重心動揺測定値について

O群とC群における下肢荷重検査による荷重側-非荷重側の重心動揺測定値を表4に示す。荷重側の外周面積においてO群0.18±0.10cm²、C群0.14±0.06cm²となり、O群では有意に大きな値をとっており、中高年者では荷重側の重心動揺面積は大きくなること示された。

表4. 荷重側-非荷重側の下肢別重心動揺測定値

測定項目		O群	C群
総軌跡長 (cm)	荷重側	21.4±6.2	18.5±5.0
	非荷重側	21.2±7.9	19.5±5.3
外周面積 (cm ²)	荷重側	0.18±0.10	0.14±0.06
	非荷重側	0.17±0.11	0.14±0.08
単位面積軌跡長 (1/cm)	荷重側	145.9±62.8	153.2±57.1
	非荷重側	148.6±59.4	168.7±65.7
X方向動揺平均中心変位 (cm)	荷重側	-2.86±11.96	0.39±11.98
	非荷重側	3.04±12.11	0.48±12.34
Y方向動揺平均中心変位 (cm)	荷重側	-3.32±1.51	-3.68±1.73
	非荷重側	-3.15±1.44	-3.28±1.81

*: p<0.05

考 察

1. 総合的重心動揺について

これまでの重心動揺に関する報告では60歳以上の高齢者では重心動揺距離が有意に延長し、左右方向への動揺が上昇する傾向にあるとされている⁵⁾。これらの研究では重心動揺測定時には閉脚（ロンベルグ位）が原則とされてきた。しかし今回の研究では、日常生活の立位保持時、立ち上がり時など多くの場面で開脚位となっている

ことや、測定機器の特徴を考慮して開脚位における計測を実施した。この影響によって開脚位では閉脚位と比較して、左右方向に安定した姿勢となるために前後方向単位軌跡長の増加が認められたと推察される。

2. 荷重タイプについて

加齢に伴う重心動揺に関する報告では、前後方向の重心位置は踵から30~60%の間に分布しており、この重心位置に加齢の変化は認められず、重心位置がこの範囲内であれば立位姿勢の安定性には影響を及ぼさないことが明らかとされてきた⁶⁾。この報告は総合的な重心動揺測定値から導き出されたものであるが、今回我々が行った左右下肢別の重心動揺検査では、中高年者の特徴として①一側下肢への荷重偏位、②荷重側重心の前方変位、③荷重タイプにおける総合的重心動揺値の変化を捉えることが可能となった。このことから左右下肢別に重心動揺を計測することによって加齢による変化を把握しやすと考えられた。

荷重タイプにおける総合的重心動揺測定値において、若年者では荷重側重心後方が前方型と比較して重心動揺が減少したのに対して、中高年者は荷重側重心後方型より前方型で重心動揺が減少していた。一般的には第5中足骨頭（踵から60%の位置）より後方に重心が位置している場合には体重のほとんどは靭帯などで強固なユニットとして足弓で受けるため、前方に重心が位置している時より安定した立位姿勢を保持することができるとされている⁶⁾。このため若年者では荷重側重心後方が安定したと考えられる。一方、中高年者では荷重側重心前方型の方が後方型と比較して安定していた。これは加齢に伴う円背や膝関節屈曲拘縮等による姿勢変化によって重心が前方へ偏位することに伴う変化であると考えられる。

Cummings⁷⁾は高齢者の転倒方向は後方もしくは側方であると述べている。今回の測定結果からも、荷重側の重心が後方に位置している中高年者では総合的重心動揺測定値も増加していたので、高齢者の転倒方向と荷重パターンの関連性についてはこれから明らかにしていくべきであると考えられる。

おわりに

今回、我々は左右下肢別の重心動揺検査を行い中高年者では若年者と比較して①総合的重心動揺測定における前後方向単位軌跡長の増加、②一側下肢への荷重偏位、③荷重側重心の前方変位、④荷重側重心前方型における荷重比差の増加、⑤荷重側重心後方型の総合的重心動揺測定値の増加、⑥荷重側外周面積の増加が認められた。このように加齢による立位姿勢の変化と特徴が明らかとなり、左右下肢別の重心動揺と両脚の重心動揺との関連性を把握することができた。今後はこのような中高年者の特徴と転倒との関連性についても検討していきたい。

参考文献

- 1) 内山靖：理学療法と姿勢調節. PTジャーナル, 30 (5) : 296-297, 1996.
- 2) 内山靖：姿勢バランスの定量的評価. 理学療法学, 24(3) : 109-113, 1997.
- 3) 臼井永男：重心動揺の発達的变化. 理学療法学, 10 (3) : 167-173, 1995.
- 4) 山本高司：直立時動揺の年齢による変化. 体力科学, 28 : 249-256, 1979.
- 5) 五島桂子：重心動揺の検討. Equilibrium Res., 45 : 368-387, 1986.
- 6) 奈良勲夫, 内田靖：姿勢調節障害の理学療法, 医歯薬出版, 東京, 89-90, 2004.
- 7) Cummings, S.R.: A hypothesis; The causes of hip fractures. J.ofgerontol., 44: 107-111, 1989

Significance of differences in gravity-center sway between right and left legs in young and elderly patients.

Yuki MATSUSE¹, Shigeki YOKOYAMA²,
Yumiko KANEKO¹, Masayuki KONDO¹

1 Kondo Orthopedic Hospital

2 Department of Physical Therapy, Nagasaki University School of Health Sciences

Abstract The present study investigated relationships between general gravity-center sway and weight-bearing volume and differences in gravity-center sway between right and left legs during static standing. Subjects comprised an elderly group (n=50; mean age, 63.6 ± 6.8 years) and a younger group (n=25; mean age, 22.7 ± 2.3 years). A Twin-Gravicorder combined with 2 force plates was used to measure 15 parameters, such as mean sway velocity along the X and Y axes from the general gravity-center sway test; mean volume of weight-bearing; envelope area, such as mean sway along the X and Y axes from the weight test distinguishing between the right and left legs. Weight rates $\geq 50\%$ were used to define the weight-bearing side, and weight rates $<50\%$ represented the non-weight bearing side. We determined the weight-ratio difference for right and left sides by subtracting weight rate on the non-weight-bearing side from weight rate on the weight-bearing side. Moreover, 3 categories of weight-bearing type according to center of gravity were defined: posterior type, anterior type, and middle type on the weight-bearing side using measurements of Weight-Balance and mean sway along the X axis for Location-Balance.

The results suggest characteristic postural standing in elderly patients, with increased mean sway velocity along the Y axis, increased volume of the weight-bearing side, anterior shift of the center of gravity on the weight-bearing side, and increased envelope area on the weight-bearing side. In addition, while gravity-center sway increased for posterior weight-bearing type center of gravity on the weight-bearing side for the younger group, the elderly group showed a tendency for increased gravity-center sway for anterior weight-type center of gravity on the weight-bearing side.

Bull. Nagasaki Univ. Sch. Health Sci. 17(2): 39-44, 2004

Key Words : aging, the difference in gravity center sway between the right and left legs