

原 著

## 遂行課題を事前認識している事が、課題開始肢位に与える影響

藁科 孝佑<sup>1)</sup> 国宗 翔<sup>1)</sup> 川崎 純<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 秋岡・西代医院

<sup>2)</sup> 四條畷学園大学リハビリテーション学部

### キーワード

バランス・開始肢位・COM・COP・軌跡長

### 要 旨

**【目的】**重心移動課題において、事前に重心移動方向を認識することにより、重心移動方向へ身体重心位置が変位すると考えた。そこで重心移動方向の認識が、開始肢位の center of pressure (以下 COP)・center of mass (以下 COM) に与える影響を明らかにした。

**【方法】**対象者を測定開始前に運動方向を指示する認識群 (n=17) と、動作開始の合図と共に運動方向を指示するランダム群 (n=12) に分類した。測定には三次元動作解析装置と床反力計を用いた。動作開始前 20 秒間の立位時の COP, COM, COP 軌跡長・COM 軌跡長を算出した。

**【結果】**認識群において、COM は 20 秒間の立位時に重心移動方向へ変位していた (p<0.05) が、COP は両群共に重心移動方向への変位はなかった。軌跡長は両群共に COM に比べ COP の方が長かった (p<0.05)。

**【考察】**COM を COP の変位により調整していることが示唆された。また重心移動課題では、運動方向を認識していると事前に COM が変位するため、高い信頼性、再現性が得られないことが示唆された。

### 【はじめに】

現在、65 歳以上の高齢者の総人口に占める割合（高齢化率）は 23.1%とされている<sup>1)</sup>。また総人口が減少する中で、高齢者が増加することにより高齢化率は上昇し、平成 25 年には 25.2%、平成 47 年には 33.7%になるとも言われている。

高齢者において、介護が必要となった主な原因の第 3 位が転倒・骨折であると報告されており<sup>2)</sup>、高齢者の死亡原因としても上位に位置している。転倒による骨折は身体機能の低下、自立性の損失を起し、高齢者の施設入所の主要な原因となる。また、生命予後の悪化や医療費の増大を引き起こすと言われている<sup>3)</sup>。そのため高齢者の転倒予防対策は今まで以上に必要になると考えられる。

ヒトは、自身の質量中心 (center of mass : 以下 COM) の投影点を支持基底面内に保持することで安定した姿勢を確立できる。臨床で求めるバランス能力とは、COM の制御能力と解釈され、簡単には「身体を平衡状態に保持する能力」と定義される<sup>4)</sup>。また、臨床では functional

reach test<sup>5)</sup>、timed up & go test<sup>6)</sup>、Cross test<sup>7, 8)</sup> などが動的バランスを評価する試験として知られている。床反力計や重心動揺計を利用して COM、足圧中心 (center of pressure : 以下 COP) の動揺面積や移動距離、総軌跡長を測定する研究も多く、臨床でも簡便に用いられている評価の一つである。しかし、COP の動揺の中心は、遂行すべき課題によっても容易に変化する<sup>9)</sup>ということが明らかになっており、単一の課題では COP の基本位置が回数毎に変化することが予想される。さらに、ヒトの随意運動の背景には、無意識かつ自動的に行われる姿勢の制御がある<sup>10)</sup>。姿勢制御は、随意運動の前に行われる仕組み (aAPAs : accompanying anticipatory postural adjustments) と、随意運動中に行われる仕組み (pAPAs : preparatory anticipatory postural adjustments) があると言われている<sup>11)</sup>。

これらのことにより、課題を認識することで、COM と COP の位置が変化すると考えた。COM と COP の位置が変化するのであれば、動作課題の重心移動方向が事前に認識されているような評価法では、高い信頼性、再

現性が得られない。そこで我々は重心移動課題における運動方向の認識の有無が、開始肢位の COM と COP に与える影響を明らかとするために、動作開始前の COM と COP を算出し、それぞれの比較検討を行うこととした。

### 【方 法】

対象は健常成人 29 名（年齢  $20.9 \pm 1.6$  歳，身長  $1667.8 \pm 110.7$  mm 体重  $61.4 \pm 16.8$  kg，足長  $246.8 \pm 16.8$  mm）とした。本研究について十分な説明を行い，同意の得られた者を被験者とした。

対象者には，Plug-in Gait マーカーセットに従い，全身に赤外線反射マーカーを 39 点添付した（図 1）。測定開始前に運動方向を指示する認識群（ $n=17$ ）と，動作開始の合図と共に運動方向を指示するランダム群（ $n=12$ ）に分類した。開始肢位は，上肢を腹部の前に置き，足

幅を 20 cm とした。動作課題は 20 秒間の自然立位後，4 秒間で前方または後方へ最大重心移動を行い，その後 4 秒間で静止立位へ戻る動作とした（図 3）。試行中は 60 Hz のリズムの音をメトロノーム（KORG 社製：MERONOME MA-30）で鳴らし続け，前方，後方各 4 回の計 8 回行った。

計測には三次元動作解析装置 Vicon Nexus（Vicon Motion Systems 社，MX-T40S 8 台，サンプリング周波数：200 Hz）を用いた。床反力計（AMTI 社製，サンプリング周波数：1000 Hz）2 枚を使用した。得られた自然立位時（20 秒間）のデータから COP，COM，前後方向の COP 軌跡長，前後方向の COM 軌跡長を算出した。COP，COM の軌跡長は 200 Hz で算出した。COM，COP の位置は両外果の midpoint からの距離を足長で補正し，課題別に比較する事とした。COM・COP 軌跡長は足長で補正し，足長の平均で正規化した後，課題別に比較する事とした。

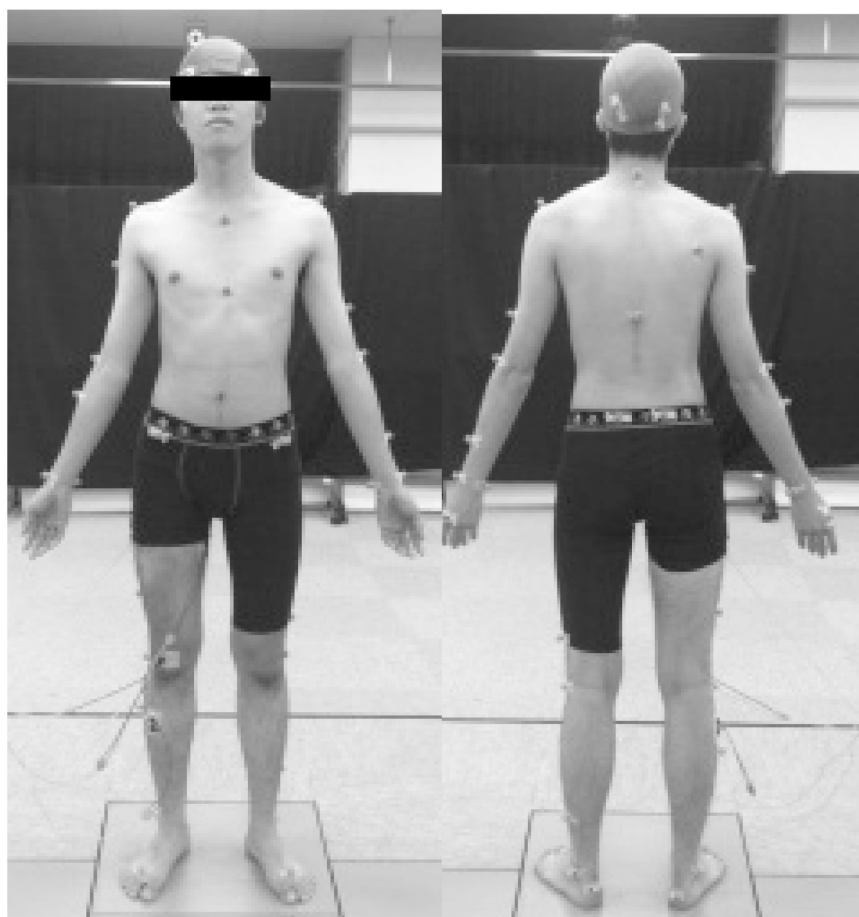


図 1 マーカー貼付位置（39 点）

両前頭部，両後頭部，両肩峰，両上腕外側，両外側上顆，両前腕外側，両手関節内側，両手関節外側，両第 2 中手骨頭，胸骨柄，剣状突起，第 7 頸椎棘突起，第 10 胸椎棘突起，右肩甲骨，両上前腸骨棘，両上後腸骨棘，両大腿外側，両膝関節外側，両下腿外側，両外果，両踵部，両第 2 中足骨頭



図2 開始肢位

上肢を腹部の前に置き、足幅を20 cmとした。

【結 果】

認識群では、前方課題時の COM 平均位置と、後方課題時の COM 平均位置に有意な差を認めた ( $p < 0.05$ ) が、ランダム群では認めなかった (表 1) . COP 平均位置に関しては、認識群, ランダム群共に差を認めなかった (表 2) . 認識群では、前方移動時 ( $p < 0.001$ ) , 後方移動時 ( $p < 0.05$ ) 共に COM 軌跡長と COP 軌跡長に有意な差を認めた (表 3) . ランダム群でも同様に、前方移動時 ( $p < 0.001$ ) , 後方移動時 ( $p < 0.05$ ) 共に COM 軌跡長と COP 軌跡長において有意な差を認めた (表 4) . COM, COP における平均位置と軌跡長のそれぞれの群間比較では有意な差を認めなかった (表 5. 6) .

なお、各試行の比較には、Shapiro-Wilk 検定をそれぞれ行い、対応のある t 検定または Wilcoxon の順位和検定を用いた. 群間比較には、Shapiro-Wilk 検定をそれぞれ行い、二標本 t 検定またはマン・ホイットニーの U 検定を用いた. 有意水準は 5% とし、統計処理には R (2.8.1) を使用した.

【考 察】

本研究は、健常成人を対象に、重心移動課題において運動方向の認識の有無が、開始肢位の COM と COP に与える影響を明らかにすることを目的として、それぞれの比較・検討を行った.

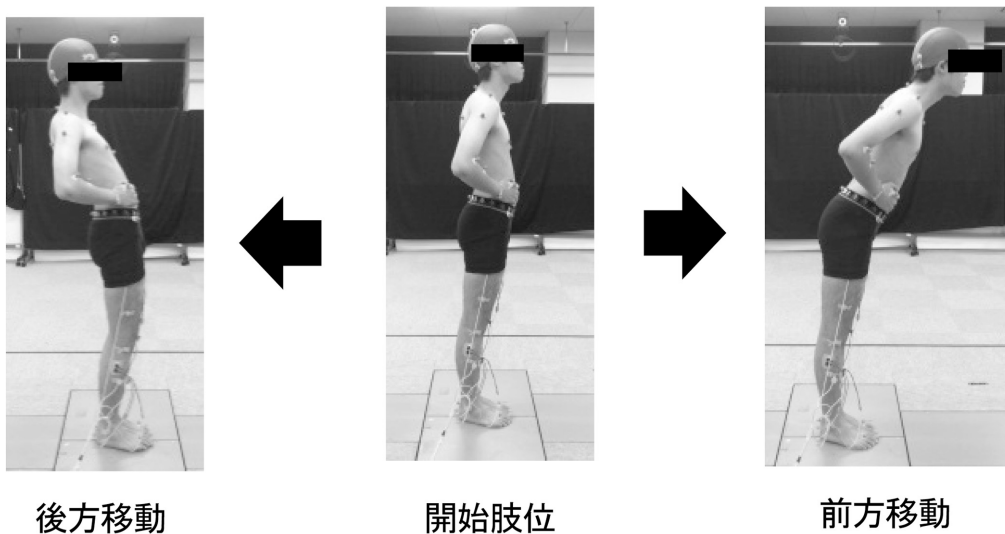


図3 動作課題

20 秒間の自然立位後、4 秒間で前方または後方へ最大重心移動を行い、その後 4 秒間で自然立位へ戻る動作とした。

表1 COM平均位置

	前方課題時	後方課題時	P値	
認識群	38.1 ± 5.7%	36.7 ± 5.5%	0.02205	対応のある t検定
ランダム群	35.3 ± 4.0%	35.6 ± 4.2%	0.5715	対応のある t検定

表2 COP平均位置

	前方課題時	後方課題時	P値	
認識群	28.1 ± 15.8%	27.1 ± 16.0%	0.1454	Wilcoxonの 順位和検定
ランダム群	30.5 ± 14.8%	30.2 ± 15.3%	0.7367	対応のある t検定

表3 認識群軌跡長

	COM軌跡長	COP軌跡長	P値	
前方課題時	52.8 ± 11.5mm	496.0 ± 355.4mm	0.00002	Wilcoxonの 順位和検定
後方課題時	63.7 ± 21.1mm	645.7 ± 706.0mm	0.0038	対応のある t検定

表4 ランダム群軌跡長

	COM軌跡長	COP軌跡長	P値	
前方課題時	51.1 ± 7.9mm	444.2 ± 482.9mm	0.0010	Wilcoxonの 順位和検定
後方課題時	55.1 ± 11.6mm	455.7 ± 480.5mm	0.0199	対応のある t検定

表5 COM・COP平均位置群間比較

	認識群	ランダム群	P値	
COM平均位置(前方)	38.1 ± 5.7%	35.3 ± 4.0%	0.1591	二標本t検定
COM平均位置(後方)	36.7 ± 5.5%	35.6 ± 4.2%	0.5729	二標本t検定
COP平均位置(前方)	28.1 ± 15.8%	27.1 ± 16.0%	0.6771	マン・ホイットニーの U検定
COP平均位置(後方)	30.5 ± 14.8%	30.2 ± 15.3%	0.6136	二標本t検定

表6 COM・COP 軌跡長群間比較

	認識群	ランダム群	P値	
COM軌跡長(前方)	52.8±11.5mm	51.1±7.9mm	0.6814	二標本t検定
COM軌跡長(後方)	63.7±21.1mm	55.1±11.6mm	0.4581	マンホイットニーの U検定
COP軌跡長(前方)	496.0±355.4mm	444.2±482.9mm	0.2638	マンホイットニーの U検定
COP軌跡長(後方)	645.7±706.0mm	455.7±480.5mm	0.329	マンホイットニーの U検定

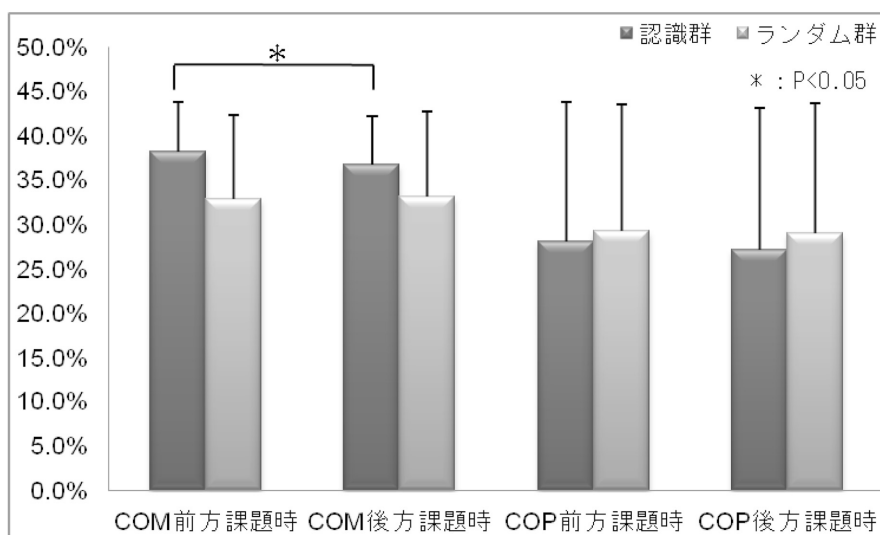


図4 COM・COP 平均位置

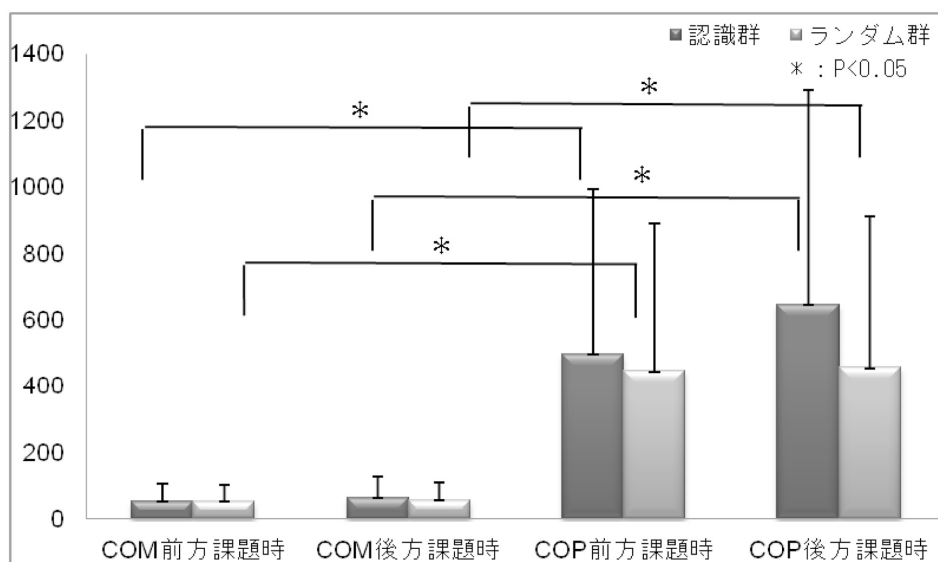


図5 COM・COP 軌跡長

本研究より重心移動課題時に、開始前から移動方向を認識している事で、静止立位時のCOMが重心移動方向へ予め変位しているという結果が得られた。これは、重心移動という課題を認識することで、aAPAsの作用によ

て重心移動課題より前に、重心移動方向へCOMを変位させていると考えた。重心移動方向を認識することでCOMの変位を認めるのであれば、Functional Reach Testの様な開始肢位からの移動距離を測定する評価で

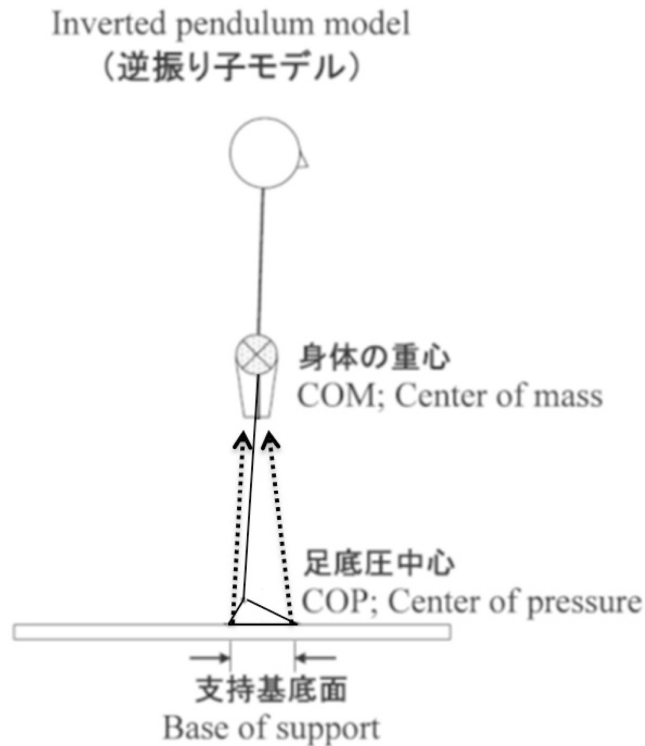


図6 静止立位時の逆振り子モデル（長谷<sup>11)</sup>より引用一部改変）

安静姿勢では、COP に対する COM の位置により転倒する方向は決まるが、矢上面上では COP を前後に移動させることにより、COM の位置を保持し、転倒を避けている。ankle strategy での制御では、重心の前後移動に伴う背屈・底屈が起こり、COP は背屈の際には後方、底屈の際には前方に移動している。

は、重心移動方向を認識している事で、高い信頼性、再現性が得られないと考える。しかし、臨床現場で動的バランス評価を行う際は、患者に重心移動方向を認識させずに行うのは困難であり、転倒の危険を伴う。その為、立位動的バランス評価を行う際には、Cross test の様な、重心移動を行った全方向の最大値及び面積を測定するか、開始肢位からの重心位置が影響しない評価法を用いることが有用であることが示唆された。

長谷は、COP は COM に同期して変位する<sup>9)</sup>としている。逆振り子モデルを考えた際、安静姿勢では、COP に対する COM の位置により転倒する方向は決まる（図6）。矢上面上では COP を前後に移動させることにより、COM の位置を保持し、転倒を避けている。また、立位において、矢上面の姿勢制御は ankle strategy が担っていると Plamen らは述べている<sup>12)</sup>。ankle strategy での制御では、重心の前後移動に伴う背屈・底屈が起こる。これにより、COP は背屈の際には後方、底屈の際には前

方に移動させていると考えられる。この COP の前後移動が COM の位置を調整しているため、認識群、ランダム群の COP 平均位置に差を認めなかったのだと考えた。

今回の研究では、運動方向の認識の有無が、開始肢位の COM と COP に与える影響を明らかとした。しかし、COM と COP の継時的な変化や関節角度、筋活動についての検討を行っていない。これらを同時に測定していくことで、より信頼性、再現性の高い動的バランス評価法を検討できると考える。

#### 【まとめ】

健康成人 29 名において、重心移動課題における運動方向の認識の有無が、開始肢位の COM と COP に与える影響について検討した。

事前に重心移動方向を認識していることで、重心移動方向へ COM が変位していることが明らかとなった。そのため、立位動的バランス評価を行う際には、重心移動

を行った全方向の最大値及び面積を測定するか、開始肢位からの重心位置が影響しない評価法を用いることが有用であることが示唆された。

また、COPの変位によりCOMの位置は調整されていることが示唆された。

### 【引用文献】

- 1) 平成 23 年版高齢社会白書 高齢化の状況及び高齢社会対策の実施状況に関する年次報告. 第 1 章, 第 1 節, 1, 高齢化の状況
- 2) 厚生労働大臣官房統計情報部編. 平成 19 年国民生活調査. 厚生統計協会
- 3) 奈良 勲 鎌倉矩子 監修. 標準理学療法学・作業療法学 老年学 第 2 版. 93-94
- 4) 柗 幸伸: 支持基底面積と重心移動域の実測とその比較. 理学療法科学, 23(2): 229-234, 2008
- 5) Duncan PW, Weiner DK, Chandler J: Functional reach: a new clinical measure of balance. *Journal of Gerontology*, 45(6): M192-7, 1990
- 6) Podsiadlo D, Richardson S: The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 39(2): 142-148, 1991
- 7) 福山勝彦, 丸山仁司: Cross Test と他のバランス検査との関係. 理学療法科学, 25(1): 79-83, 2010
- 8) 石川 朗, 武藤美穂子 他: 平衡機能検査を目的とした Cross test の有効性. 理学療法科学, 21(3):186-194, 1994
- 9) 長谷公隆: 立位姿勢の制御. *リハビリテーション医学*, 43, 542-553, 2006
- 10) 高草木薫: 姿勢筋緊張の調整と運動機能. *Clinical neuroscience*, 28, 733-737, 2010
- 11) B Schepens, et al.: Independent and convergent signals from the pontomedullary reticular formation contribute to the control of posture and movement during reaching in the cat. *Journal of neurophysiology*, 92: 2217-2238, 2004
- 12) Plamen G, et al.: Feedforward ankle strategy of balance during quiet stance in adults. *Journal of Physiology*, 514: 915-928, 1999

## Knowing beforehand the task that subjects will do, it affects their posture at starting task.

Warashina Kosuke<sup>1)</sup> Kunimune Sho<sup>1)</sup> Kawasaki jun<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Akioka Nishindai hospital

<sup>2)</sup> Shijonawate gakuen university, Faculty of rehabilitation

### Key words

balance · natural standing posture · COM · COP · track length

### Abstract

[Objective] It was thought that the center of mass (: COM) will change in advance when evaluating the movement of the COM of the operation if people had been commanded the direction before the movement. If this hypothesis was defined the current appraisal method would not be able to obtain high reliability and reproducibility because people have been already known the direction of movement. So the purpose of this study was to clarify the effect on COM and the center of pressure (: COP) by presence or absence of recognition of the direction of movement.

[Methods] Subjects were classified into two groups. “Recognized group” was instructed direction of movement in advance (n=17), and “Randomized group” indicated the direction of movement at the same time of the operation (n=12). Subjects stood twenty seconds and they continuously carried out the movement of the COM. Force plate and three-dimensional motion analysis systems were used for this study. Then, their COP in natural standing posture was measured. Their COM, COP and their track length in natural standing posture were calculated and evaluated. The obtained data were compared between each trial.

[Result] The results of this study were that the position of COM of “Recognized group” had been displaced the direction of movement in advance when they were natural standing posture ( $p<0.05$ ). However, the position of COP didn't have significant difference between both groups. Besides, the track length of COP was longer than that of COM in both groups ( $p<0.05$ ).

[Discussion] Therefore, their natural standing posture changed by the task.

In addition, It suggested that the movement of COP controlled the position of COM. by the above, knowing it in advance doesn't give completely confidence and repeatability.