片脚立位姿勢におけるライトタッチの効果

——ロコモーショントレーニングの基礎的検討——

Effect of Light Fingertip Contact in the One-leg Standing Position: Basic Study of Locomotion Training

新井 智之^{1,2)} 伊藤 健太³⁾ 高橋 優太³⁾
丸谷 康平^{1,2)} 細井 俊希^{1,2)} 藤田 博暁^{1,2)}

TOMOYUKI ARAI, RPT, PhD^{1,2)}, KENTA ITO, RPT³⁾, YUUTA TAKAHASHI, RPT³⁾, KOHEI MARUYA, RPT, PhD^{1,2)},
TOSHIKI HOSOI, RPT, PhD^{1,2)}, HIROAKI FUJITA, RPT, PhD^{1,2)}

¹⁾ Department of Physical Therapy, Faculty of Health and Medical Care, Saitama Medical University: 981 Kawakado, Moroyama, Iruma-gun, Saitama 350-0496, Japan TEL +81 49-295-1001 E-mail: araitm124@gmail.com

²⁾ Orthopaedic Institute for the Elderly

³⁾ Department of Rehabilitation, Maruki Memorial Medical and Social Welfare Center

Rigakuryoho Kagaku 34(5): 559-564, 2019. Submitted Mar. 8, 2019. Accepted Apr. 22, 2019.

ABSTRACT: [Purpose] This study aimed to examine the influence of light fingertip contact in a one-leg standing position on an unstable surface on the postural sway and electromyographic (EMG) activity in the lower extremity muscles. [Participants and Methods] Thirteen healthy male volunteers participated in this study. Participants stood on one leg on an unstable surface, and their postural sway and EMG activity were measured. Experimental trials included the following three contact conditions: (1) one-leg standing without touching, NT; (2) one-leg standing with the right fingertip lightly touching (<1 N), LT; (3) one-leg standing with the right fingertip forcefully touching (>5 N), FT. [Results] The postural sway of the LT condition was significantly lower than that of the NT condition. The EMG activity in the lower extremity muscles showed no difference between the NT and LT conditions. [Conclusion] These results indicate that light fingertip contact while standing on an unstable surface decreased postural sway and maintained EMG activity in the lower extremity muscles.

Key words: one-leg-standing, light fingertip contact, locomotion training

要旨:〔目的〕本研究は不安定面上での片脚立位時のライトタッチの効果を、足圧中心動揺と下肢筋の筋活動から検討することを目的とした。〔対象と方法〕対象は健康男子大学生13名とした。支持なし（フリー）、ライトタッチ（1 N以下の接触）、フォースタッチ（5 N以上の接触）の3条件で、足圧中心動揺と6つの筋の筋電図を測定した。〔結果〕総軌跡長、矩形面積、実効値面積は、フリー条件に比べ、ライトタッチとフォースタッチが有意に低値を示した。またライトタッチ条件に比べ、フォースタッチが有意に低値を示した。大殿筋、大腿二頭筋、前脛骨筋、非腓腹筋の筋活動においては、フリーとライトタッチ時の% RMSに有意差はなかった。〔結論〕片脚立位中のライトタッチは、下肢筋の筋活動を減少させずに、足圧中心動揺を減少させる効果があることが示された。

キーワード: 片脚立位, ライトタッチ, ロコモーショントレーニング

¹⁾ 埼玉医科大学 保健医療学部 理学療法学科: 埼玉県入間郡毛呂山町川角981 (〒350-0496) TEL 049-295-1001

²⁾ 高齢者運動器疾患研究所

³⁾ 丸木記念福祉メディカルセンター リハビリテーション科

I. はじめに

超高齢社会を迎えた我が国においては、高齢人口の増加に伴い、要介護認定を受ける高齢者が増加している¹⁾。要支援・要介護認定を受ける主な原因のなかで、関節疾患や転倒・骨折といった運動器疾患は約2割を占めており²⁾、運動器の健康を保つための取り組みが求められている。

このような現状を受け、日本整形外科学会は運動器の障害によって移動機能が低下した状態を「ロコモティブシンドローム：運動器症候群（以下、ロコモ）」と定義し³⁾、運動器の健康を保つための取り組みを進めている。ロコモを判断するための方法は、セルフチェックの方法としてのロコチェック⁴⁾、臨床的な判断方法としての3つのロコモ度テスト⁵⁾が紹介されており、それぞれ高齢者の運動機能や生活機能低下との関連が報告されている。

一方、ロコモを予防する方法は、ロコモーショントレーニング（以下、ロコトレ）が紹介されている⁶⁾。ロコトレの主要な運動は、開眼片脚立位（ダイナミックフライング）とスクワットであり、どちらも特別な機器を使用せず自宅で行うことができる運動となっている。

ロコモーショントレーニングの一つである開眼片脚立ちトレーニングは、高齢者のバランス能力を向上させるトレーニングとして有用であり、一般的に処方されている。さらに松本ら⁷⁾によれば、片脚立ち時の下肢筋の%MVCは、約40～80%と高値を示し、若年者よりも高い%MVCを示したことから、片脚立ちトレーニングは、バランスのみならず、筋力増強訓練としても適切な負荷量の運動であると報告されている。そのため、片脚立ちトレーニングは、バランスと筋力を向上させるために有用なトレーニングであると考えられる。

しかし、高齢者が自宅で片脚立ちトレーニングを実施する場合、転倒に注意しなければいけない。特にバランス能力が低く転倒の恐れがある高齢者の場合は、何か支持物につかまりながら行うことが推奨されている⁶⁾。支持物に掴まることで、姿勢が安定しバランスを崩すことが少なくなるが、一方では、上肢による支持で身体を支えるため、片脚立位中の下肢の筋活動は低下してしまうという欠点も存在する。

立位姿勢の保持には、視覚系、前庭系、体性感覚系などの感覚系や筋、関節、骨などの筋骨格系、環境条件など様々なものが関与しているといわれている⁸⁾。近年では、体性感覚によるバランス能力への影響を調査した報告として、力学的に支持にならない（1 N以下）ほど軽く触れること（以下、ライトタッチ）により、片脚立位中の姿勢動揺が減少することが明らかとなった⁹⁾。ライトタッチは力学的支持ではなく¹⁰⁾、体性感覚情報を付加している^{11,12)}。安定面上でライトタッチを行った研

究では、健康成人であっても^{9,11)}、高齢者であっても¹³⁾、ライトタッチによって足圧中心動揺は減少したと報告されている。ライトタッチが力学的支持ではないとすれば、片脚立位トレーニング中にライトタッチを用いることで、下肢の筋活動の減少を少なくし、姿勢の動揺が減少することができると推察される。ライトタッチの効果が明らかとなれば、バランス能力が低下している高齢者が、自宅で安全にロコトレを実施する場合の運動方法として有用となる可能性がある。

開眼両脚立位中の下肢の筋活動を測定した研究では、ライトタッチを用いても、支持なしの条件や力学的に支持した条件と比較しても、筋活動は変わらないと報告されている^{14,15)}。一方で、タンデム立位の姿勢で行った研究では、ライトタッチにより、下肢筋の活動パターンが変化したという報告もある¹⁶⁾。以上のことから、開眼両脚立位より、難易度の高い立位姿勢であれば、ライトタッチにより下肢の筋活動が変化する可能性が推察されるが、片脚立位姿勢において、下肢の筋活動を測定した研究は少ないのが現状である。

Iwamotoら¹⁷⁾は、片脚立位姿勢におけるライトタッチの効果として、足圧中心動揺の減少と足関節周囲筋の共同収縮の減少がみられたと報告している。またUchidaら¹⁸⁾は、ライトタッチ条件では、力学的支持がある条件に比べて片脚立位時の腓腹筋、前脛骨筋の筋活動が高いことを報告している。しかし、これまでの研究では、股関節周囲筋も含めて、片脚立位時のライトタッチの効果を示した報告はない。

本研究の測定肢位は、床にクッション性のあるフォームラバーを引き、不安定な床面上での片脚立位姿勢とした。本研究では、対象が健康男子大学生となるため、不安定な床面にすることで課題の難易度を上げ、足底からの体性感覚情報を減弱する条件を設定することで、模倣的に姿勢保持能力が低下したような状態を作り、高齢者の片脚立ちトレーニングを想定し研究を行うこととした。よって本研究の目的は、ロコトレである片脚立位トレーニングの基礎的検討として、片脚立位姿勢におけるライトタッチの効果を足圧中心動揺と下肢筋の筋活動から検討することとした。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は、健康男子大学生13名（年齢 22.4 ± 0.9 歳、身長 172.8 ± 4.2 cm、体重 71.4 ± 10.9 kg [平均 $\pm$ 標準偏差])とした。除外基準は下肢に整形疾患を有する者とした。対象者全員には、本研究の趣旨と個人情報の守秘義務について説明し、口頭かつ紙面に同意を得た。また本研究は埼玉医科大学保健医療学部倫理委員会の承認（承認番号：85）を受けて実施した。

2. 方法

片脚立位の測定は、重心動揺計の上にクッション性があるフォームラバーを敷き、不安定な床面とし、その上で右下肢にて片脚立位を支持なし（以下、フリー）、ライトタッチ、フォースタッチの3条件をランダム化して3回ずつ行った。1施行30秒間行い、施行中は前方を見つめ上肢は体側に垂らし、挙上肢は股関節0°、膝関節90°の肢位とした^{17,18)}（図1）。

対象者はライトタッチ・フォースタッチの2条件の際に右手示指を対象者の足尖部から外側15 cm、前方15 cmの位置に設置し、高さを対象者の肘関節が30°屈曲位となる位置に設定したピンチメーター（PH-7010 Feedback Logger, ディケイエイチ社製）の上に置いた。そのとき右手示指以外の指が台に接触しないように注意を呼びかけた。

ライトタッチは右手示指の1 N以下の接触とし、フォースタッチは右手示指の5 N以上の接触とした⁹⁾。指先にかかる力はピンチメーターを使用して測定し、ライトタッチとフォースタッチそれぞれ1 Nより大きくなった場合、5 N未満となった場合には、音が鳴り接触力を確認した。施行途中に音がなくなってしまった際は失敗とし、施行をやり直した。

足圧中心動揺の測定には、重心動揺計（TWIN-GRAVICORDER GP-6000, アニマ社製）を使用した。計測は重心動揺計のプレート1枚で行い、年齢・身長・体重を入力後、検査条件を開眼、時間を30秒、周期を100 Hzに設定し、プレートの上に重心動揺計付属のラバーを設置した。測定したデータの解析は、先行研究¹⁹⁾

図1 測定肢位

をもとに、総軌跡長、矩形面積、実効値面積とした。総軌跡長は、足圧中心の移動距離であり、身体動揺の不安定さを示すものであり、動揺が少ない場合は距離が小さくなる値である。矩形面積は、足圧中心の軌跡の占める範囲のX軸成分とY軸成分の最大値から、両者の積によって得られる面積であり、対象者の動揺した範囲を示すものである。平衡障害の把握や治療効果の評価に役立つ外周面積との相関が高いことが報告されている¹⁹⁾項目であるが、偶発的な動揺も考慮される値である。実効値面積は、実効値のRoot Mean Square（以下、RMS）を算出して得られる面積である。実効値面積は、動揺の密度も考慮されている点で優れているとされており²⁰⁾、偶発的な動揺に影響されにくい項目であると考えられる。

足圧中心の前後左右への最大幅を囲んだ長方形の面積である矩形面積、実効値（平均重心点からのばらつき）を半径とする円の面積である実効値面積を算出した。

下肢筋の活動については、表面筋電計（TELEMYO02400, NORAXON社製）を使用して、大殿筋、中殿筋、大腿四頭筋、大腿二頭筋、前脛骨筋、腓腹筋の計6筋において、片脚立位中の表面筋電図を測定した。各筋の電極添付位置を図2に示す。測定した筋電図はサンプリング周波数1000 Hzでパソコンに取り込み、生波形を全波整流し、その後スムージングでスムージングウィンドウ100 m/sで、1施行中で姿勢が安定した10秒間のRMS値を算出した。

また筋活動量を正規化するために、定量負荷課題としてDanielsらの徒手筋力検査法（Manual Muscle Testing: MMT）5の大殿筋、中殿筋、大腿四頭筋、大腿二頭筋、前脛骨筋の測定方法にて、最大等尺性収縮における筋電図波形を計測し、RMS値を算出した。なお腓腹筋においては、長座位にて対象者の踵を持ち験者の前腕で前足部に徒手抵抗をかけ、最大等尺性収縮を行い、筋電図波形を計測した。最大等尺性収縮時のRMS値で片脚立位時のRMS値を除した% RMSを算出し、解析に用いた。

統計処理は片脚立位時の3条件時の足圧中心動揺（総軌跡長、矩形面積、実効値面積）と6つの筋それぞれの3条件での% RMSについて、Friedman検定を用い、有意水準は5%として解析を行った。Friedman検定の結果、有意差のみられた項目に関しては、多重比較として2群間ごとの比較を、Wilcoxonの符号順位検定により行った。なおWilcoxonの符号順位検定では、Bonferroniの調整有意水準を用い、0.016を有意水準とした。統計解析にはIBM SPSS statistics 24.0を用いた。

III. 結果

3条件における総軌跡長、矩形面積、実効値面積の比較結果を表1に示す。Friedman検定および多重比較の

図2 筋電図の電極添付位置

表1 3条件での足圧中心動揺の比較

	①フリー	②ライトタッチ	③フォースタッチ	有意確率 [#]	多重比較 [†]
総軌跡長 (cm)	153.1 ± 46.5	119.3 ± 38.6	81.0 ± 29.8	<0.01	①>② ①>③ ②>③
矩形面積 (cm ²)	16.5 ± 7.5	10.0 ± 4.3	7.7 ± 4.5	<0.01	①>② ①>③ ②>③
実効値面積 (cm ²)	6.4 ± 4.2	3.8 ± 2.9	2.4 ± 1.8	<0.01	①>② ①>③ ②>③

平均値 ± 標準偏差. [#]: Freedman 検定で検定, [†]: Wilcoxon の符号付き順位検定で検定, Bonferroni 補正により $p < 0.016$ が有意差あり.

結果, 総軌跡長, 矩形面積, 実効値面積ともに有意差がみられた. その後の多重比較の結果, すべての項目でフリー条件に比べ, ライトタッチとフォースタッチが有意に低値を示した. またすべての項目において, ライトタッチ条件に比べ, フォースタッチが有意に低値を示した.

次に, 3条件における6筋の結果を表2に示す. 一元配置分散分析の結果, 6筋すべての% RMS に有意差がみられた ($p < 0.05$). 多重比較の結果, 大殿筋, 中殿筋, 大腿二頭筋, 前脛骨筋, 非腓腹筋の% RMS において, フォースタッチ条件に比較して, フリーとライトタッチでは, 下肢筋の筋活動が有意に高値を示した. なお中殿筋のみ, フリーと比較してライトタッチ時の% RMS が有意に低値を示したが, その他の筋においては, フリーとライトタッチ時の% RMS に有意差はなかった.

IV. 考 察

立位での姿勢制御には視覚系, 前庭系, 体性感覚系が, 身体的位置と運動を検知するために働いている. なかでも体性感覚と姿勢制御との関連を調査した報告では, 指先でライトタッチにより, 足圧中心動揺の振幅・軌跡長が減少することが明らかになっている^{9,12,13}. また前庭に障害がある方を対象とした研究においても, 足圧中心動揺が減少し^{21,22}, 体性感覚系は姿勢制御を行う際に重要な役割を担っていると考えられる.

本研究では, フォームラバーを敷いた実験を行っている. 床面を不安定にしていることで, 足底からの体制感覚情報を利用して身体の傾きを把握することが困難になり, フリーの条件下においては, 視覚や前庭覚への依存度が高くなっていると推察される. そのような状況下でライトタッチを付加することは, 指先からの体性感覚情

表2 3条件での下肢筋活動の比較

	①フリー	②ライトタッチ	③フォースタッチ	有意確率 [#]	多重比較 [†]
大殿筋 (%)	8.3 ± 6.6	6.9 ± 6.0	5.3 ± 4.2	<0.01	①>③ ②>③
中殿筋 (%)	27.3 ± 17.6	22.9 ± 14.1	19.0 ± 13.5	<0.01	①>② ①>③ ②>③
大腿四頭筋 (%)	5.5 ± 4.3	4.7 ± 4.2	4.2 ± 4.8	<0.05	n.s
大腿二頭筋 (%)	14.3 ± 11.5	11.8 ± 12.1	7.6 ± 6.2	<0.01	①>③ ②>③
前脛骨筋 (%)	36.6 ± 20.0	37.5 ± 20.3	20.4 ± 14.1	<0.01	①>③ ②>③
腓腹筋 (%)	63.5 ± 39.2	56.1 ± 31.2	40.3 ± 19.9	<0.01	①>③ ②>③

平均値 ± 標準偏差. [#]: Freedman 検定で検定, [†]: Wilcoxon の符号付き順位検定で検定, Bonferroni 補正により $p < 0.016$ が有意差あり.

報が、減弱した足底からの感覚情報を補完するような役割をなしていると考えられる。神崎らは、ライトタッチを付加することで、より身体軸の傾きを正確にとらえ、足関節周囲のトルクを制御することで、安定した立位を実現することにつながっていると報告している²³⁾。以上の理由により、本研究においてもライトタッチ条件では、フリーと比較して、足圧中心動揺が減少したと考えられた。

次に下肢筋の筋活動の結果について述べる。本研究の結果、大殿筋、中殿筋、大腿二頭筋、前脛骨筋、腓腹筋内側頭において、フォースタッチ条件が、フリーとライトタッチ条件に比べて、有意に筋活動が低下していた。フォースタッチについては、力学的支持となっているため、他の2条件に比べて、筋活動が減少したと考えられた。一方、ライトタッチ条件における大殿筋、大腿二頭筋、前脛骨筋、腓腹筋の筋活動は、フリー条件との間に統計的な有意差はなかった。以上のことから、ライトタッチは、少なくとも足関節周囲筋や大腿後面の筋においては、フリー条件と同程度の筋活動を発揮していることが示された。

先行研究では、ライトタッチ中の下肢筋の筋活動は、フリーやフォースタッチ条件と比較して有意差がなかったとしている報告もある^{14,15)}。しかし、これらの先行研究における測定課題は、開眼閉脚立位や30 cm台からの降段動作であり、健康成人を対象にした研究としては課題が容易であった可能性が考えられた。本研究では、不安定面上での片脚立位を課題としており、床面が不安定となり課題の難易度が高かったため、先行研究とは異なり、筋活動に有意差がみられたと考えられた。

本研究は、健康成人を対象にしているが、不安定面上

での実験であり、模擬的に対象者のバランス機能が低下している状態を作っており、高齢者の片脚立位トレーニングを想定した研究であると考ええる。本研究の結果、ライトタッチ条件下での片脚立位は、下肢筋の筋活動を減少させずに足圧中心動揺を減少させる効果があることが示された。高齢者がロコトレを自宅で安全に行う場合、転倒リスクの少ないトレーニング方法が必要であると考えられる。ライトタッチ条件下での片脚立位トレーニングは、バランス能力や下肢筋力などの身体機能が低下している高齢者において、安全で有用なトレーニング手段となる可能性が考えられた。

本研究にはいくつかの限界が含まれる。まず対象人数13人と少なく、さらに若年男性に限られることが限界である。そのため年齢や性別が異なる集団においては、違った結果となる可能性を含んでいる。今後は対象者数を増やし、高齢者や女性などを含めて研究を進めていく必要があると考える。次に測定機器の都合により、フォースタッチの条件が5N以上であり、支持する力の上限を設定できなかった点が挙げられる。そのためフォースタッチ条件では測定ごとに、支持する力を一定にできていないことは、結果に影響する可能性があると考えられる。

本研究では、若年男性を対象とし、不安定面上にて片脚立位におけるライトタッチの効果を検討することを目的としている。結果としてライトタッチを行うことで、フリー条件に比べて足圧中心動揺は減少し、フリー条件と同程度に、下肢筋の筋活動を保つことが可能であった。高齢者がバランストレーニングを行う場合、運動時の転倒に注意する必要があるため、支持物につかまらることを指導することが多いと考えられる。ライトタッチは、

片脚立位時の身体動揺を減らし、かつ筋活動を減少させない方法であるため、運動中にバランスを崩す可能性のある高齢者に対する有用なトレーニング方法として活用できる可能性がある。

利益相反 本論文に関して筆頭著者および共著者に開示すべき利益相反はない。

謝辞 本研究を実施するうえで、調査にご協力いただいた埼玉県伊奈町の関係各位、および特定非営利活動法人高齢者運動器疾患研究所のスタッフの皆様へ深謝致します。また本研究はJSPS科研費(JP25870680, JP18K02225)、および平成26年度長寿科学研究者支援事業助成金(研究代表者:新井智之)の助成の一部により行われた研究です。記して謝意を表します。

引用文献

- 1) 内閣府：平成29年版高齢社会白書（全体版）第1章 高齢者の状況 第2節 高齢者の姿と取り巻く環境の現状と動向。 http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2017/html/zenbun/s1_2_3.html（閲覧日2019年2月25日）。
- 2) 厚生労働省：平成28年度国民生活基礎調査の概況。 <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa16/index.html>（閲覧日2019年2月25日）。
- 3) Nakamura K: A “super-aged” society and the “locomotive syndrome”. *J Orthop Sci*, 2008, 13: 1-2.
- 4) 石橋英明：【ロコモティブシンドローム】運動機能低下・介護リスク評価運動機能低下に気付くためのチェック法「ロコモチェック」。 *Mod Physician*, 2010, 30: 473-477.
- 5) 日本整形外科学会：ロコモ度を判定する「臨床判断値」を発表。 https://www.joa.or.jp/media/comment/pdf/20150515_locomo_clinical_judgment.pdf（閲覧日2019年2月25日）。
- 6) ロコモチャレンジ推進協議会：<https://locomo-joa.jp/check/test/two-step.html>（閲覧日2019年2月25日）。
- 7) 松本浩実, 萩野 浩：若年者と比較した高齢者の下肢運動時筋電図分析。運動療法と物理療法, 2010, 21: 336-342.
- 8) Shumway-Cook A, Wollacott MH: モーターコントロール 運動制御の理論から臨床実践へ, 原著第4版。田中 繁・他(監訳), 医歯薬出版, 東京, 2016, pp164-191.
- 9) Holden M, Ventura J, Lackner JR: Stabilization of posture by precision contact of the index finger. *J Vestib Res*, 1994, 4: 285-301.
- 10) Kouzaki M, Masani K: Reduced postural sway during quiet standing by light touch is due to finger tactile feedback but not mechanical support. *Exp Brain Res*, 2008, 188: 153-158.
- 11) Jeka JJ, Lackner JR: Fingertip contact influences human postural control. *Exp Brain Res*, 1994, 100: 495-502.
- 12) Jeka JJ, Lackner JR: The role of haptic cues from rough and slippery surfaces in human postural control. *Exp Brain Res*, 1995, 103: 267-276.
- 13) Baccini M, Rinaldi LA, Federighi G, et al.: Effectiveness of fingertip light contact in reducing postural sway in older people. *Age Ageing*, 2007, 36: 30-35.
- 14) Watanabe S, Ishida H, Kobara K, et al.: Influence of active fingertip contact with a stable surface on postural sway and electromyographic activities of the lower extremity muscles immediately after turning. *Kawasaki J Med Welf*, 2013, 19: 1-6.
- 15) Watanabe S, Kobara K, Ishida H: Influence of fingertip contact with a wall on postural sway and electromyographic activity of the soleus muscle. *Electromyogr Clin Neurophysiol*, 2010, 50: 229-233.
- 16) Lackner JR, Rabin E, DiZio P: Stabilization of posture by precision touch of the index finger with rigid and flexible filaments. *Exp Brain Res*, 2001, 139: 454-464.
- 17) Iwamoto Y, Takahashi M, Shinkoda K: Muscle co-contraction in elderly people change due to postural stability during single-leg standing. *J Physiol Anthropol*, 2017, 36: 43.
- 18) Uchida Y, Demura S: Body sway and muscle activity during one-leg stance with help using a hand. *J Mot Behav*, 2015, 47: 89-94.
- 19) 北林 保, 出村慎一, 野田政弘・他：静的立位保持における足圧中心動揺変数相互の関係の検討—領域別および性差の観点から—。 *Equilib Res*, 2003, 62: 34-42.
- 20) 太田 康, 矢部多加夫：体平衡検査。 *Med Technol*, 2005, 33: 805-812.
- 21) Jeka JJ: Light touch contact as a balance aid. *Phys Ther*, 1997, 77: 476-487.
- 22) Lackner JR, DiZio P, Jeka J, et al.: Precision contact of the fingertip reduces postural sway of individuals with bilateral vestibular loss. *Exp Brain Res*, 1999, 126: 459-466.
- 23) 神崎素樹, 政二 慶：指先触覚による求心性情報が高齢者の立位バランス能力向上に及ぼす影響。健康医科学研究助成論文集, 2010, 25: 52-62.