

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 3 日現在

機関番号：37407

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25560273

研究課題名(和文) 松葉杖転倒危険因子の解明

研究課題名(英文) Elucidation of the risk factors of a fall during crutch walking

研究代表者

永崎 孝之 (NAGASAKI, TAKAYUKI)

九州看護福祉大学・看護福祉学部・准教授

研究者番号：00435158

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、松葉杖歩行中の脇あてが腋窩から外れやすい原因を解明し松葉杖による転倒リスクの軽減に寄与することである。

本研究により、1) 松葉杖歩行時、脇あての両側面にかかる圧には差がある場合が存在し、これが脇あて脱落の一要因になる、2) 松葉杖立脚期中、松葉杖が内旋位で松葉杖接地し松葉杖離地にかけて外旋方向に変位する場合に脇あてが腋窩内で最も安定する、3) 両松葉杖歩行では松葉杖の変位において同期が必要であり、変位に差が生じることが脇あて脱落の一要因になる。以上のことが明らかになった。

研究成果の概要(英文)： The aim of this study was to clarify the cause that the axillary pad often deviated from the axilla during crutch walking in order to prevent a fall.

This study revealed the following: 1) In some cases, there was a difference between both sides of the axilla in pressure exerted on the axillary pad during crutch walking. And this phenomenon was hypothesized to be one of the main issues which caused axillary pad deviation from the axilla. 2) Axillary pad was found to be the most stable in the axilla during crutch stance phase, if the crutch was grounded in an internal rotated position, and then rotated externally throughout crutch stance phase. 3) Synchronization of the crutch position of both crutches was thought to be necessary during double-crutches walking. Non-synchronization was hypothesized to be one of the main factors that axillary pad deviated from the axilla.

研究分野：複合領域 人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：松葉杖 松葉杖の位置 脇あての安定性 脇あての脱落防止 転倒予防

### 1. 研究開始当初の背景

松葉杖は材質やスタイルに若干の相違はあるが、構造・機能については大きな差がなく完成されたものとして広く認知、使用されている。一般的に松葉杖は体重を握りで支え、神経麻痺（橈骨神経）を防止するため、脇を締めて横木（脇当て）を固定して使用する。また松葉杖の使用は、下肢の骨折や手術などの整形外科疾患患者や下肢機能の低下など、治癒過程の中で歩行能力が一時的に低下した際に用いられることが多い。このように一時的な使用が多い松葉杖ではあるが歩行補助具としての意義は大きく使用頻度も高い。よってその適応は利用者にとって最適である必要がある。しかしながら現状では様々な問題が存在する。臨床の理学療法士 19 名に対し、松葉杖を利用者に適合する際の問題点についてアンケート調査を実施したところ図 1 の様な結果を得た。なかでも 1 位に挙げられている「脇当てが外れやすい」は、松葉杖歩行中に体重を支える際、脇当てが腋窩（脇）から外れやすいことを示唆しており、転倒事故に繋がる重大な問題となる。しかし松葉杖に関する先行研究は多く存在するものの、我々が渉猟した限り脱落原因解明に関する先行研究は国内・国外を通じて皆無であった。よって松葉杖利用者の安全性を高めるためにも脇当て脱落原因の解明と解決策の検討は急務であると考えられた。

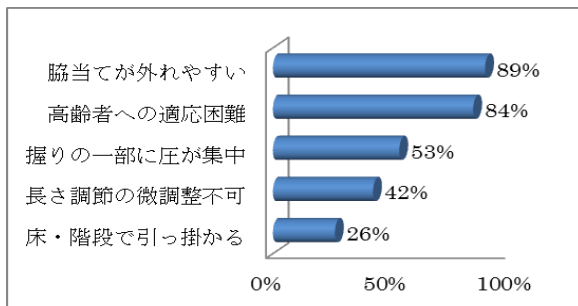


図 1 アンケート調査結果

### 2. 研究の目的

本研究では松葉杖立脚期中、脇当てが腋窩から外れやすい原因を運動学的、運動力学的側面から解明することを研究目的とした。

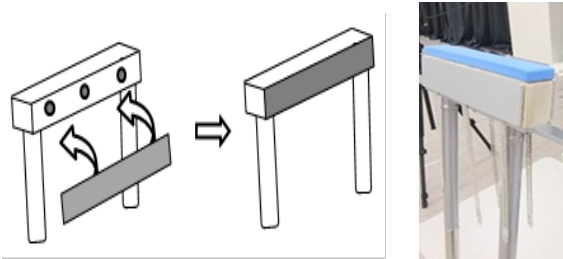
まず、松葉杖立脚中の脇当て（胸壁側および上腕側）にかかる圧を検討した（研究 1）。松葉杖利用者は脇当てが脇から脱落するのを防ぐため、松葉杖歩行中に脇を締め脇当てを胸壁にしっかり保持する必要がある。つまり松葉杖立脚期中脇当ての両側面にはほぼ等しく圧が加わるはずである。

次に、松葉杖立脚期中の脇当て（松葉杖）の水平面上の変位について検討した（研究 2）。佐々木らは肩関節内旋位での握りの把持は、松葉杖の腋窩受け（脇当て）は胸壁に固定されず後方に抜けやすくなり危険であると述べている。脇当ては上腕と胸壁で挟んで固定するため、脇当ての水平面上の位置は肩関節の水平面上の位置と同期する。つまり歩行中

の脇当ての水平面上の位置は、脇当ての胸壁への固定状況を推定する指標となりうる。

### 3. 研究の方法

(1) 研究 1 では、まず健常成人 19 名を対象に、健側を右下肢、患側を左下肢と仮定した片松葉杖 1/3 免荷、2 点 1 点、前型歩行の松葉杖立脚期に脇当てにかかる圧を検討した。今回の計測にあたり対象者全員に適応できるように松葉杖長および握りの高さが無段階に調節できる計測用松葉杖を製作した。また脇当てに加わる圧を計測するために、脇当ては木製とし上面のみクッションを施した。圧力センサを脇当ての両側面（胸壁側および上腕側）にそれぞれ 3 個ずつ配置し、感圧面にはパック（平らな金属円盤： 9.5mm）を取り付けた。さらにその上にアルミ板を配置した（図 2）。圧力センサデータは、アンプおよび A/D ボードを介し、1kHz サンプリングでコンピュータ（PC）に取り込んだ。なおセンサは計測前に分銅を用いたキャリブレーションを実施しセンサからの出力値を kgf に変換した。その上で対象者各自の任意の歩幅、速度にて 5m の歩行を 10 回実施し、その間に脇当てに加わる圧を計測した。



：圧力センサ、 ：アルミ板

図 2 圧力センサおよびアルミ板の取り付け

次に、健常成人 12 名を対象に、健側を右下肢、患側を左下肢と仮定した両松葉杖完全免荷、3 点歩行での松葉杖立脚期に脇当て（右）にかかる圧を検討した。圧センサを用いて圧を計測した片松葉杖歩行において十分な有効データが取得できなかった反省から、両松葉杖歩行の計測はひずみゲージを用いた。計測用松葉杖を製作し、脇当てはステンレス製とした。胸壁側と上腕側の表裏にそれぞれひずみゲージを 5 箇所ずつ貼り付けた（図 3）。



図 3 脇当ておよびひずみゲージの貼り付け

ひずみゲージをデータロガーに接続し、データロガーとPCをCANケーブルで接続した。ひずみゲージのデータは100HzでPCに取り込んだ。今回の計測方法では計測値を圧力値(kgf)に変換することが困難であったため、計測値( $\mu\epsilon$ )のままとした。その上で片松葉杖歩行時と同様に、対象者各自の任意の歩幅、速度にて5mの歩行を5回実施し、その間の脇当てに加わる圧を計測した。

(2)研究2では、片松葉杖歩行時の脇当ての水平面上の変位については研究1と同様の対象者19名に対して、さらに両松葉杖歩行時の脇当ての変位については研究2と同様の対象者12名に対して実施した。

計測には3次元動作解析装置と床反力計を用いた。反射マーカを結ぶ直線が脇当ての水平面上の長軸と平行になるように2つの反射マーカを取り付けた。脇当て(松葉杖)の位置は矢状面をゼロ基準とし、ゼロ基準より体側方向を内旋(-値)、体側から離れる方向を外旋(+値)と定義した(図4)。床反力計のデータにより松葉杖の立脚期を特定し、杖先が床に接地した時点をも松葉杖接地、床反力の前後成分(Y成分)がゼロの時点を立て脚中期、そして杖先が床から離れた時点をも松葉杖離地と定義した。

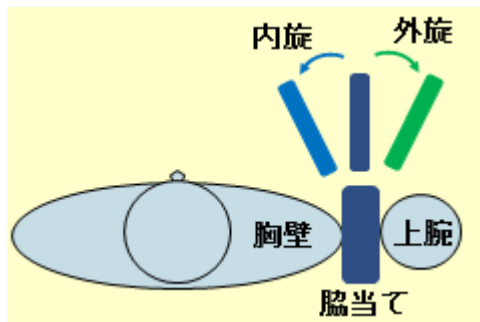


図4 脇当て(松葉杖)の位置の定義

#### 4. 研究成果

(1)研究1で松葉杖立脚中の脇当て(胸壁側および上腕側)にかかる圧を検討した結果、松葉杖歩行時脇あての両側面には等しい圧がかかると推測していたが、両側面の圧に差が生じる場合があることが分かった。有効データは、片松葉杖歩行では対象者19名中9名、両松葉杖歩行では対象者12名中10名であった。片松葉杖歩行、両松葉杖歩行共に脇当ての両側面にかかる圧に差が存在した。特に片松葉杖歩行では、対象者9名すべてで上腕側に加わる圧が胸壁側に加わる圧よりも大きい値を示した(表1)。さらに胸壁側にほとんど圧が加わらない対象者も存在した。また両松葉杖歩行においても対象者10名中5名で脇当ての両側面にかかる圧に差を認められた(表2)。本来、松葉杖歩行中の脇当ての脱落を防ぐには、脇を締め脇当てを胸壁にしっかり保持する必要がある。脇当ての両側面の圧の不均衡は、腋窩内で脇当ての固定が不十

分になることを示唆しており、このことは脇あて脱落の一要因になると考えられた。

表1 脇当てにかかる圧(片松葉杖歩行)

対象者	圧(kgf)	
	胸壁側	上腕側
1	1.0 ± 0.4	2.7 ± 0.2*
2	2.0 ± 1.4	4.5 ± 1.2*
3	0.2 ± 0.1	2.1 ± 0.6*
4	0.8 ± 0.5	3.3 ± 0.9*
5	1.4 ± 0.4	5.4 ± 0.6*
6	0.1 ± 0.1	1.6 ± 0.4*
7	1.0 ± 0.3	4.1 ± 0.4*
8	0.1 ± 0.1	1.3 ± 0.3*
9	0.1 ± 0.1	2.4 ± 0.7*

数値: 平均±標準偏差 \* : p<0.05, vs 胸壁側

表2 脇当てにかかる圧(両松葉杖歩行: 右側)

対象者	圧( $\mu\epsilon$ )	
	胸壁側	上腕側
1	115.8 ± 77.2	96.3 ± 55.4
2	168.5 ± 89.4	153.5 ± 70.1
3	89.4 ± 40.2	63.5 ± 15.6*
4	179.0 ± 92.5	174.9 ± 81.3
5	123.4 ± 69.4	129.6 ± 73.8
6	88.1 ± 49.1	48.2 ± 16.6*
7	198.6 ± 100.9	235.5 ± 126.7*
8	124.2 ± 58.4	89.5 ± 38.7*
9	183.3 ± 105.8	197.6 ± 102.2*
10	89.9 ± 43.4	79.3 ± 20.5

数値: 平均±標準偏差 \* : p<0.05, vs 胸壁側

(2)研究2で松葉杖立脚中の脇当て(松葉杖)の水平面上の変位について検討した結果、片松葉杖歩行では対象者19名中15名で、両松葉杖歩行では対象者12名中11名で、脇当ては松葉杖接地から松葉杖離地の松葉杖立脚期において外旋方向に変位することが分かった(表3、表4)。片松葉杖歩行の残る対象者4名は、脇当ては松葉杖立脚期中、内旋位に変位(対象者16)、あるいは内旋・外旋のどちらにも変位しなかった(対象者17,18,19)。両松葉杖歩行の残る1名は(対象者12)、右側の脇当ては外旋方向に変位していたが、左側は変位しなかった。通常、松葉杖歩行立脚期の松葉杖の位置は、松葉杖接地では松葉杖は体より前方に位置する。胸壁はドーム状を呈するため脇当ては内旋位をとる。この位置から立脚中期にかけて松葉杖で徐々に体重支持し体が前方に推進する間、脇当ては外旋方向へ変位する。そして松葉杖離地にかけて体はさらに前方への推進を続け、脇当てはさらに外旋し松葉杖離地に至る。つまり松葉杖立脚期において脇当てが内旋位で松葉杖接地し、松葉杖離地にかけて外旋方

向に変位することが最も理想的な変位であり、この場合に脇あてが腋窩内で最も安定すると示唆された(図5)。

表3 脇あて(松葉杖)の変位(片松葉杖歩行)

対象者	角度(°)	
	松葉杖接地	松葉杖離地
1	-4.3 ± 1.1	10.9 ± 2.6*
2	-4.6 ± 2.1	3.9 ± 3.1*
3	-5.3 ± 1.3	7.5 ± 2.8*
4	-13.8 ± 3.5	0.7 ± 5.1*
5	-3.2 ± 1.9	0.7 ± 1.9*
6	-9.5 ± 2.8	4.8 ± 2.5*
7	-10.3 ± 2.0	4.6 ± 3.4*
8	-19.3 ± 3.6	5.4 ± 4.6*
9	-2.3 ± 1.8	9.5 ± 3.3*
10	-8.5 ± 1.2	0.1 ± 4.1*
11	1.9 ± 0.9	12.2 ± 3.7*
12	2.0 ± 3.9	15.4 ± 3.0*
13	5.5 ± 3.1	13.6 ± 3.3*
14	-9.7 ± 2.4	-2.6 ± 4.8*
15	-13.9 ± 2.0	-3.9 ± 2.3*
16	-10.3 ± 2.1	-13.1 ± 1.2*
17	0.8 ± 1.2	2.4 ± 1.8
18	-10.7 ± 2.1	-9.9 ± 3.3
19	-10.0 ± 1.5	-9.7 ± 3.4

数値：平均 ± 標準偏差 \*：p<0.05, vs 松葉杖接地

表4 脇あて(松葉杖)の変位(両松葉杖歩行)

対象者		角度(°)	
		松葉杖接地	松葉杖離地
1	右	-9.3 ± 1.9	0.3 ± 2.3*
	左	-7.8 ± 2.0	-2.7 ± 2.6*
2	右	-9.2 ± 1.7	5.4 ± 1.4*
	左	-11.7 ± 2.2	-0.3 ± 4.9*
3	右	-14.0 ± 1.5	-1.4 ± 2.0*
	左	-12.8 ± 1.5	0.7 ± 2.0*
4	右	-5.2 ± 1.4	2.6 ± 1.2*
	左	-5.6 ± 1.3	2.6 ± 4.1*
5	右	-1.5 ± 2.7	6.1 ± 2.7*
	左	-1.0 ± 2.1	9.9 ± 2.1*
6	右	-4.8 ± 1.9	5.9 ± 3.4*
	左	-7.5 ± 2.4	4.7 ± 2.0*
7	右	-6.3 ± 1.9	3.9 ± 3.1*
	左	-11.5 ± 3.6	2.4 ± 3.9*
8	右	-9.1 ± 3.1	9.2 ± 2.9*
	左	-3.1 ± 2.0	9.5 ± 2.4*
9	右	-3.8 ± 2.1	12.2 ± 5.2*
	左	-5.0 ± 2.9	6.2 ± 1.6*
10	右	-7.0 ± 1.0	2.8 ± 2.0*
	左	-4.7 ± 0.5	12.8 ± 1.7*
11	右	-12.9 ± 1.7	-5.4 ± 2.2*
	左	-14.5 ± 0.5	-10.2 ± 3.4*
12	右	-7.3 ± 2.5	3.9 ± 5.1*
	左	-0.7 ± 2.0	5.6 ± 3.6

数値：平均 ± 標準偏差 \*：p<0.05, vs 松葉杖接地

従って、松葉杖立脚期中に脇あてが内旋方向へ変位する場合や変位が生じない場合は、脇あては腋窩内で不安定となり、脇あてが脱落する危険が増加すると思われる。

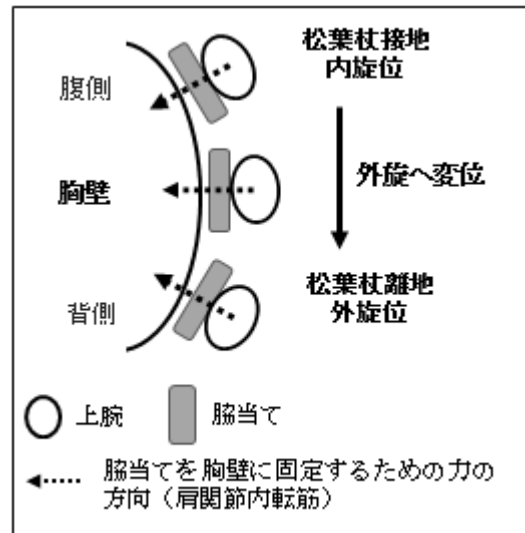


図5 最も理想的な脇あての変位

さらに両松葉杖歩行においては、松葉杖立脚期中の脇あての外旋方向への変位だけでなく、左右の脇あての同期も重要であると考えられる。もし松葉杖の位置が同期しない場合、脇あてを胸壁に保持・固定するための力は左右で非対称となり、その力は体幹の回転を生じさせる力となる可能性がある。これにより直進歩行は困難となり、結果として脇あてが腋窩から脱落する危険が増すと考えられる。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

永崎孝之, 加藤浩, 岡田裕隆, 有蘭央, 千々松光, 千々和直樹, 和田親宗: 松葉杖歩行における手掌部疼痛に関する基礎研究. リハビリテーションエンジニアリング Vol.29 (2), P100-106, 2014.5

Takayuki Nagasaki, Hiroshi Katoh, Hisashi Arizono, Hikaru Chijimatsu, Naoki Chijiwa and Chikamune Wada: Analysis of crutch position in the horizontal plane to estimate the stability of the axillary pad in the axilla during single-crutch walking, J. Phys. Ther. Sci. Vol. 26(11), P1753-1756, 2014.11

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpts/26/1/1/26\\_jpts-2014-188/pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpts/26/1/1/26_jpts-2014-188/pdf)

[学会発表](計4件)

永崎孝之, 加藤浩, 岡田裕隆, 有蘭央, 千々松光, 千々和直樹, 和田親宗: 松葉杖歩行時の握りにかかる圧の解析. 第28回リハビリ

テーション工学カンファレンス（岩手），  
P205-206，2013.8

Takayuki Nagasaki, Hiroshi Katoh, Hisashi Arizono, Naoki Chijiwa and Chikamune Wada: Analysis of pressures exerted on the shoulder piece (Axillary pad) while using a crutch. The 4th Health care System Ergonomics and Patient Safety (HEPS2014 in Taiwan), Paper ID 108, 2014.6

永崎孝之,加藤浩,岡田裕隆,有蘭央,千々松光,千々和直樹,和田親宗:松葉杖歩行時の脇当てにかかる圧の解析.第29回リハビリテーション工学カンファレンス(広島), P45-46, 2014.8

永崎孝之,千々和直樹,有蘭央,和田親宗:松葉杖歩行時の操作性向上を目指した松葉杖構造変更の試み.第56回北九州医工学術者会議(北九州), 2014.10

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

<http://www.kyushu-nu.ac.jp/img/departments/rehabilitation/data/nagasaki.pdf>

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

永崎 孝之 (NAGASAKI TAKAYUKI)

九州看護福祉大学・看護福祉学部・リハビリテーション学科・准教授

研究者番号: 00435158

### (2)研究分担者

和田 親宗 (WADA CHIKAMUNE)

九州工業大学・大学院生命体工学研究科・准教授

研究者番号: 50281837

### (3)連携研究者

加藤 浩 (KATOH HIROSHI)

九州看護福祉大学・看護福祉学部・リハビリテーション学科・教授

研究者番号: 90368712

中野 聡太 (NAKANO SOTA)

九州看護福祉大学・看護福祉学部・リハビリテーション学科・助教

研究者番号: 50615317