

平成 30 年 6 月 20 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K01361

研究課題名(和文) 二足直立の獲得過程・重力環境適応の解明

研究課題名(英文) Acquisition of bipedalism and adaptation to gravity in human

研究代表者

四津 有人 (Yozu, Arito)

東京大学・医学部附属病院・特任研究員

研究者番号：30647368

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：ヒトの二足直立歩行は、基礎科学的にも臨床医学的にも重要なテーマであるが、二足直立の獲得に関する運動力学的研究や神経学的適応戦略の研究は少ない。我々は過去に発達期の力学的研究として、四つ這いの動的接地力(床反力)を初めて報告している。この研究が進めば、臨床医学的には、立ち上がることが困難な障害を抱える患者に有益なリハビリテーションの開発につながり、また脳科学や進化学的には、二足直立の重力適応性などが明らかになる。今回の成果として、四つ這いと二足直立の脳血流の違いを明らかにすることが出来た。

研究成果の概要(英文)：Bipedalism is a hallmark of humans. The mechanism of acquiring bipedalism is not clear. We studied hemo-dynamics of crawling vs bipedalism.

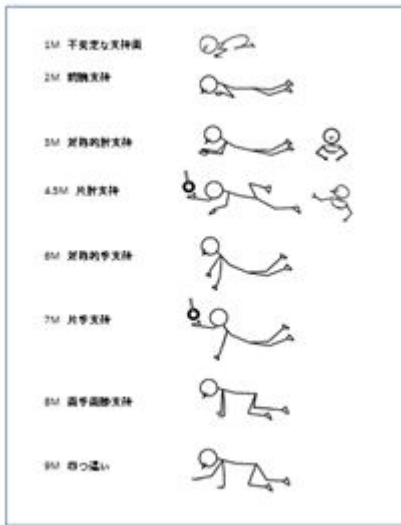
研究分野：リハビリテーション

キーワード：二足直立

1. 研究開始当初の背景

日常的な二足直立・歩行は、地球上という重力環境の中で、ヒトが獲得した特徴的姿勢である。脳の巨大化や手・言語の発達と深く関係し、進化学・脳科学・人類学・解剖学など基礎科学の根本的テーマである。また、構造的に不安定なこの姿勢は、二足歩行ロボットなどの応用技術のテーマにもなっている。リハビリテーション医学においても、二足直立・歩行は廃用防止・移動手段の点で重要であり、医療現場ではその獲得・再獲得が取り組まれている。

二足直立・歩行に至る過程については、臥位だった新生児が、約3ヶ月で首が座り、5ヶ月で寝返り、6ヶ月で支え無しで座り、8ヶ月で四つ這い、10ヶ月でつかまり立ち、12ヶ月で独り立ち・独歩と、抗重力的に発達していくことは、古くから観察されている (Frankenburg, J Pediat 1967, 松本 2002, 四津 2014)。



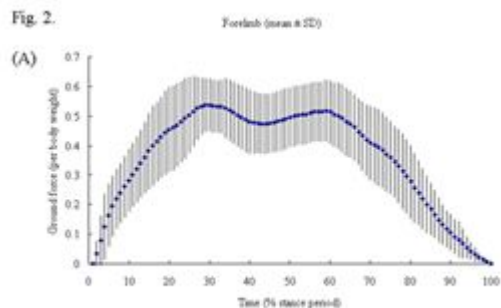
上2図：小児の発達

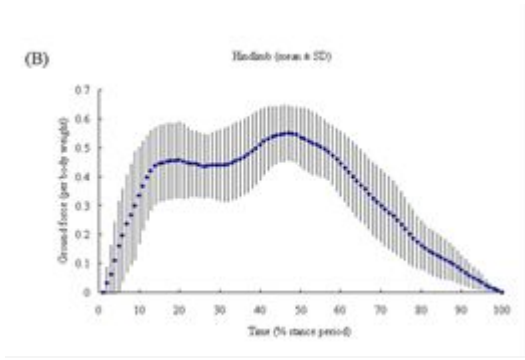
(松本隆之：乳児の運動発達演習ノート，運動発達障害研究所，2002 を改変)

<p>生後1ヶ月</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・体置が生後1ヶ月増えている</li> <li>・発声</li> <li>・自発運動</li> <li>・良く泣く</li> </ul>	<p>1歳</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・独り立ち</li> <li>・両指と示指の先で物をつまむ</li> <li>・言葉</li> <li>・スプーンなど道具の使用しようとする</li> </ul>
<p>生後3~4ヶ月</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・定寝</li> <li>・追視</li> <li>・あやし笑い</li> </ul>	<p>1歳半</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・独り歩き</li> <li>・積み木を2~3個積み</li> <li>・1語文</li> </ul>
<p>生後5~7ヶ月</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・お座り</li> <li>・寝返り</li> <li>・顔面テスト知能と微細運動</li> </ul>	<p>2歳</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・片足立ちが2~3秒可能</li> <li>・三輪車がこげる</li> <li>・まねて〇が書ける</li> <li>・3語文</li> <li>・自分の性・名が言える</li> <li>・こっこあそび</li> </ul>
<p>生後9~10ヶ月</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ハイハイ</li> <li>・つかまり立ち</li> <li>・パラシュート反応</li> <li>・人見知り(7ヶ月頃から始まる)</li> </ul>	<p>3歳</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・基本的な生活動作がほぼ自立</li> <li>・子供同士で会話ができる</li> <li>・ごたわり、おちつき</li> </ul>

上表 小児の発達 (四津 2014 より)

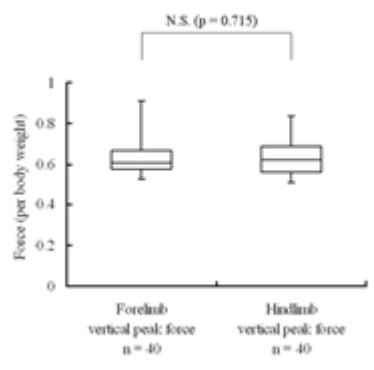
しかしこの一年間の劇的な変化がどのように起きているのか、運動学的に解析した研究は少ない。そのため抗重力性の発達については不明な点が多い。1歳以後、既に獲得した歩行の成熟を力学的に解析した研究はあるが (Sutherland, J Bone Joint Surg Am 1980), 床からの立ち上がり方については力学的研究はなく、肉眼的観察で、つかまり立ち經由型・横座り高這い經由型・横座り片足立ち經由型・左右対称型・左右非対称型などと分類されている程度である (VanSant, Phys Ther 1988) (對馬均, 理学療法 2003)。我々は、発達期の力学的研究として、四つ這いの動的接地力 (床反力) を初めて報告した (Yozu A, Gait Posture 2013)。





上2 図：二足直立歩行を獲得していないヒトにおける接地力．上段が前肢，下段が後肢．

Fig. 3.



上図：二足直立歩行を獲得していないヒトにおける前肢と後肢の比較

力学的研究が少ない中、動的な神経学的な研究はなお不十分で、神経機構は十分に明らかになっていない。

このような状況の中で、診療においては立位不可能な障害児・者に対する運動力学的・神経学的に十分に正確で妥当な治療法や日常動作の介入法は十分に確立されていない。先端医療におけるロボットスーツでも床からの自然な立ち上がりは再現できていない。そのパワーアシストによる動作効率の向上や神経学的負荷の軽減の方法も不明である。

## 2. 研究の目的

### (1) 短期的目標

上記の状況の中、本研究の目的は、四つ這いにおける神経機構などを解明することである。また患者研究や縦断的な力学研究も行

うことで、二足直立歩行を理解する。

### (2) 長期的目標

当研究の成果は進化学・脳科学・人類学・解剖学・ロボット工学など、幅広く人類の叡智に貢献できる。

臨床医学的にも、障害を抱える患者のリハビリテーションに大きく貢献する。立ち上がりや日常動作が困難な障害者に有益なリハビリテーションを開発し、パワーアシストなど人を支える産業技術に結びつけることにもなる。

## 3. 研究の方法

対象は健常人を基本とした。本来は発達段階のヒトを対象としたいところだが、調査の難易度が著しく高くなるため、まずは成人に四つ這いを模擬して計測することとした。

計測装置は、近赤外脳機能計測法 fNIRS (functional Near-Infrared Spectroscopy) を用いた。

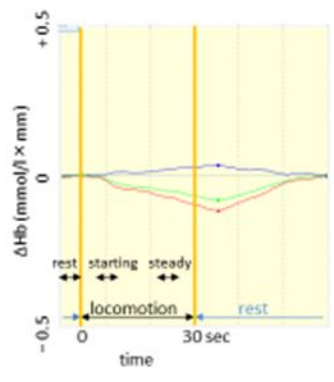
データの取得は、対象に fNIRS を装着し、四つ這い運動をさせた。その間、脳血流データを、脳活動の指標として取得した。

解析は、動作開始前と動作終了後十分な時間が経ったところでベースラインをとり補正し、その間の血流動態を調べた。統計は、動作の開始前に対し、動作開始直後および動作安定期の脳血流の値を比較した。

## 4. 研究成果

主な成果：

四つ這いと、二足直立歩行では、脳血流に差異があることが分かった。この部位が、二足直立歩行と関与することが示唆された。





上2図：上段は四つ違い，下段は二足直立歩行

国内外における位置づけ：

fNIRS によるロコモーションの脳活動の研究はこれまでもあるが，発達の運動課題での研究はこの研究が初めてである。

今後の展望など：

その他，二足直立歩行が困難な患者の解析を通じて二足直立歩行の解明を試みた．縦断的な研究は，研究手法の難しさから研究が十分に進まなかったが，これらの内容も今後進めていきたい。

-----

#### 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 3 件)

四津有人，芳賀信彦，高橋尚人  
脳性麻痺・小児疾患  
J Clin Rehabil. 24 914-919 2015  
査読なし

Yozu A, et.al.  
Effect of spinal cord stimulation on gait in a patient with thalamic pain.  
Case rep neuro med. 2016 8730984  
doi: 10.1155/2016/8730984.

Yozu A, et.al.  
Hemodynamic response of SMA area during locomotor tasks with upright vs horizontal postures in humans.  
Neural plast. 2016 6168245  
doi: 10.1155/2016/6168245.

〔学会発表〕(計 4 件)

Yozu A, et.al.  
Gait analysis before and during spinal cord stimulation in patients with low back pain.  
9th ISPRM 2015

Yozu A, et.al.  
Development of measurement and real-time display system for kinematics and muscle synergy of gait.  
26th MHS 2015

四津有人 他  
処女歩行の歩行分析  
52 回り八学会 2015

Yozu A, et.al.  
Quantification of temporal parameters for Japanese hopscotch.  
8th AMAM 2017

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕 なし

6. 研究組織  
(1)研究代表者

四津 有人 (Yozu, Arito)

東京大学・医学部附属病院・特任研究員

研究者番号： 30647368

(2)研究分担者

なし( )

研究者番号：

(3)連携研究者

なし( )

研究者番号：