

急性期脳卒中患者への治療的起立動作補助の標準化に向けた力学解析

埴 大樹 (PT, MSc)¹⁾²⁾³⁾, 平田恵介 (PT, MSc)¹⁾,
宮澤 拓 (PT, MSc)⁴⁾, 国分貴徳 (PT, PhD)⁵⁾,
金村尚彦 (PT, PhD)⁵⁾

- 1) 埼玉県立大学大学院 博士後期課程
2) 日本学術振興会 特別研究員 (DC2)
3) 東埼玉総合病院 リハビリテーション科
4) 上尾二ツ宮クリニック
5) 埼玉県立大学 理学療法学科

キーワード：脳卒中，力学的エネルギー，筋シナジー

はじめに

本研究の目的は、達成された立ち上がり動作の力学様態を端緒に中枢神経系の適応過程を探索することで、急性期脳卒中患者へのリハビリテーション方略を考える基礎データを提供することとした。

脳卒中患者にとって立ち上がり動作能力は重要である。離床の可否に直結し、在宅復帰を左右し得る。他に代表的な日常生活動作として歩行動作も挙げられるが、立ち上がり動作の方が下肢伸展筋力をより必要とする¹⁾。立ち上がり動作の失敗として離殿時の尻もち (sit-back) が多いことから²⁾、身体を前方へ運びつつ座面から殿部を浮かせる、すなわち体幹屈曲と膝関節伸展運動を両立するのは難しい課題とわかる。この課題に対するエネルギー効率を高めるために、初動として大きな体幹および股関節の屈曲運動が起こる。この運動によって、股関節伸筋へ力学的エネルギーが付加され、より効率よく離殿が達成される³⁾。脳卒中による身体機能低下に対し、慢性期患者はどのように体幹協調性を代償して離殿を達成しているか、エネルギー効率の観点から検証した。また、適応の不十分な急性期患者ではこの体幹協

調性がどのように崩壊するののかについても検証した。

方 法

【研究 1】

対象は慢性期脳卒中患者 4 名、健常若齢者 3 名とした。計測課題は台からの立ち上がり動作とした。運動学データを 3 次元動作解析装置 (VICON 社製, 100 Hz) にて取得後、同社ソフトウェアから全身剛体リンク 15 セグメントモデル (plug-in gait full body model) を構築した。床面に敷設した床反力計 (1,000 Hz) の情報も取り入れ、逆力学計算から結果に示すパラメータを算出した。各パラメータについて、群間で対応のない t 検定 (Bonferroni 補正) を行い比較した。

【研究 2】

対象は急性期脳卒中患者 3 名、および研究 1 と同じ健常若齢者 3 名とした。計測課題は台からの立ち上がり動作とした。研究 1 で使用した三次元動作解析装置は撮影のために広い空間を必要とする。研究 2 では、急性期脳卒中患者を診療室で計測するために小型無線慣性センサ (100 Hz) を使用した。研究 1 の 15 体節から頭部・腕部・足部を棄却した 6 体節にセンサを貼付、各センサの姿勢行列から外部空間座標系における絶対角度を算出した。各体節長の情報も組み込み、剛体リンク 6 セグメントモデルを構築、結果に示すパラメータを算出した。なお、計測トライアル数の不足から統計学的比較は行わなかった。

結 果

【研究 1】

慢性期脳卒中患者は、(1) 離殿時 Center of Mass (以下, CoM) 位置が若齢者よりも前方にあった ($p = 0.001$)。また、(2) 離殿時 CoM 速度および胸郭・骨盤前傾速度が若齢者よりも低値であった (いずれも $p < 0.001$, 図 1)。更に、(3) 胸郭-骨盤間の腰部モーメント屈曲ピーク値が若齢者よりも低値であった ($p = 0.01$)。しかし、(4)

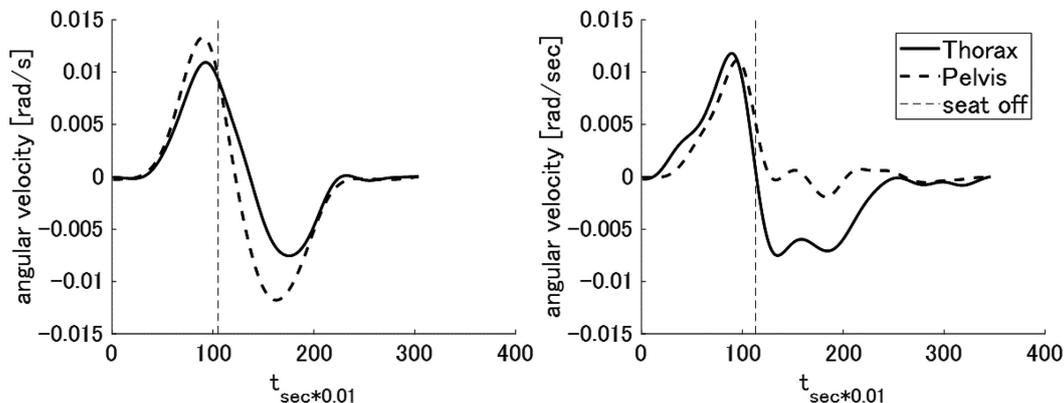


図 1 胸郭および骨盤角速度 (健常成人と慢性期患者の一例)

離殿時の 2 体節の角速度は (左) 健常成人よりも (右) 慢性期脳卒中患者で小さくゼロ値に近いが、時間同期性は両者で同様に保たれている。

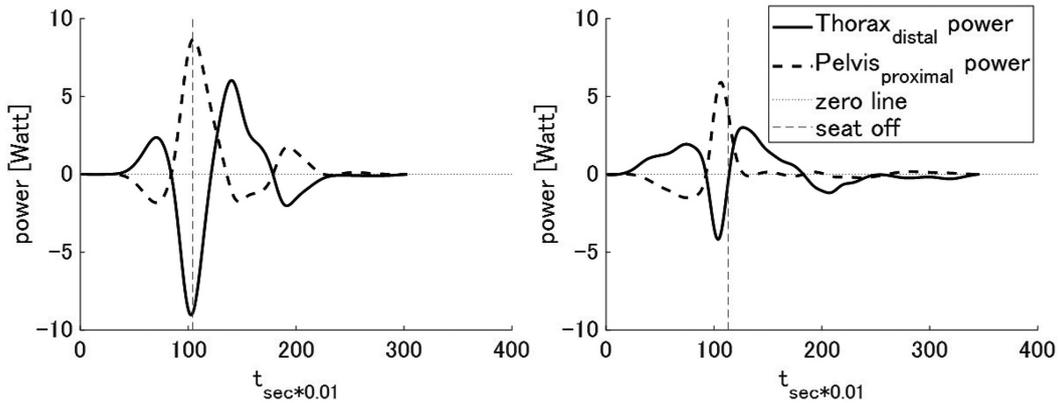


図 2 胸郭および骨盤パワー (図 1 と同一例)

振幅は (左) 健常成人よりも (右) 慢性期脳卒中患者の方が小さいが、2 体節の時間同期性は両者で同様に保たれている。

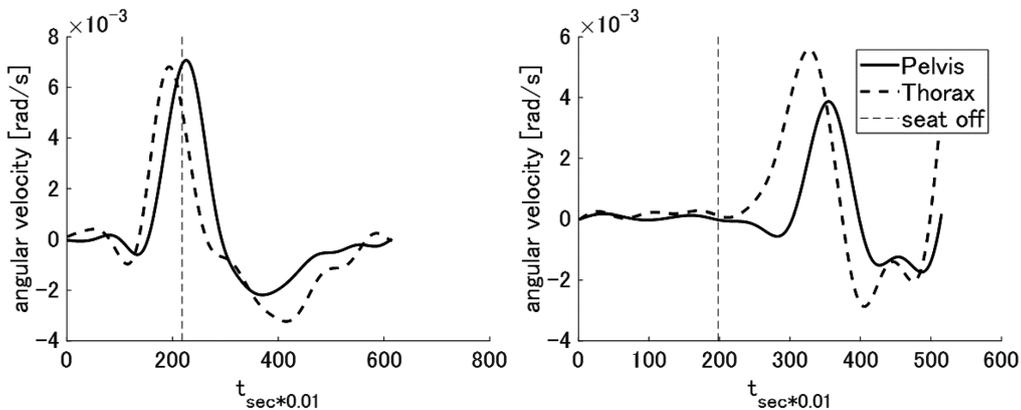


図 3 胸郭および骨盤角速度 (急性期患者の成功と失敗例)

慢性期脳卒中患者では保たれていた 2 体節の時間同期性が (図 2 参照)、急性期脳卒中患者の (左) 成功トライアルでは低下しており、(右) 失敗トライアルでは欠如している。

胸郭遠位-骨盤近位パワーの相互相関係数は全群とも平均 -0.95 と強い逆位相となった (図 2)。ただし、(5) 離殿時同振幅は若齢者よりも低値となった (胸郭: $p = 0.009$; 骨盤: $p = 0.01$, 図 2)。そして、(6) 内部股関節伸展モーメントに対する骨盤遠位が為す仕事は若齢者よりも低値になった ($p < 0.001$)。

【研究 2】

胸郭・骨盤角速度を図 3 に示した。外的仕事について、胸郭では急性期脳卒中患者の平均 -13.08J であり、健常成人の平均 -8.00J よりも負の仕事が大きくなった。骨盤では急性期脳卒中患者の平均 -0.54J であり、健常成人の平均 2.39J よりも正の仕事が小さくゼロ値に近似した。

なお、急性期脳卒中患者の失敗トライアルでは、胸郭の外的仕事が平均 -0.10J 、骨盤が平均 0.16J であり、成功トライアルよりも更に値が小さくなった。

考 察

【研究 1】

脳卒中患者では、(1) 離殿時 CoM をより前方に位置

させることで (2) CoM および胸郭・骨盤前傾速度を小さくでき (図 1)、床反力線と腰部中心が近づくため (3) 内部腰部伸展モーメントも小さくできる。骨盤前傾速度は同モーメントに伴う正のパワー (腰部伸筋から骨盤への力学エネルギー供出) を反映する。外力による加速を制止された胸郭前傾が (負のパワー)、骨盤前傾速度と同期することで腰部伸筋は等尺性収縮として振る舞い、エネルギー伝達効率を高める。脳卒中患者でもこの (4) 時間協調性が保たれることで、(5) 振幅は小さくとも離殿を達成できると示唆された (図 2)。しかし、股関節前傾速度は他方で、股関節伸展モーメントに対し負のパワーを供給している。慢性期脳卒中患者で (6) 骨盤遠位の為す仕事が小さいことは、離殿後の全身伸展にとって不利である。

【研究 2】

急性期脳卒中患者の方が、胸郭における負の外的仕事大きい。このほとんどを位置エネルギーの変化が占めており、高さ変化がより大きいと言える。しかし、体節の速度変化を引き起こす運動エネルギーは非常に小さく

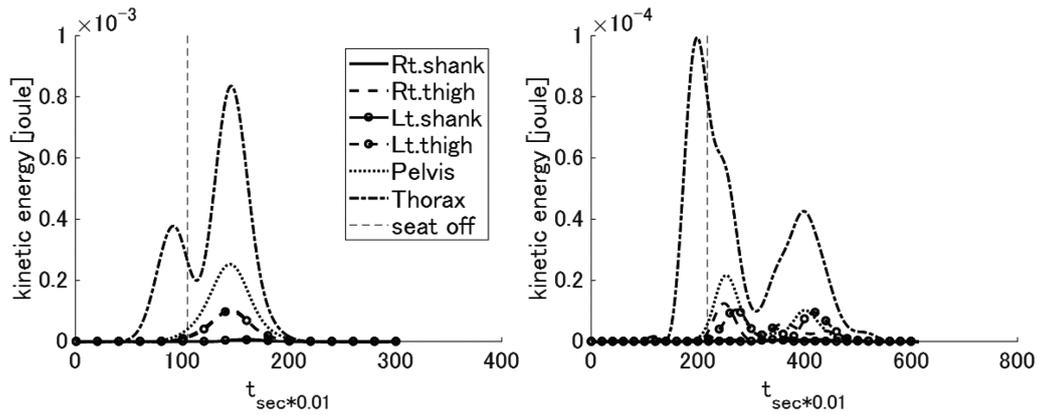


図4 各体節の運動エネルギー（健常成人と急性期患者の一例）

全て（左）健常成人よりも（右）急性期脳卒中患者で値が小さい。縦軸の値域が、急性期脳卒中患者の方が10分の1小さいことに留意されたい。

（図4）、骨盤へのエネルギー伝達にとって不利であると示唆された。これは、上述した胸郭と骨盤速度の同期性が低下していることから示唆される（図3）。より明確なのは失敗トライアルであり、胸郭角速度が生み出される前に離殿しており、更に胸郭-骨盤角速度の同期性が欠如している（図3）。急性期脳卒中患者の方が、骨盤における正の外的仕事が小さかった理由の一端は、この胸郭からのエネルギー伝達効率に由来すると考えられる。

結 論

骨盤の前傾速度は股関節伸筋へ力学的エネルギーを付加する重要な役割を担う。本研究から、骨盤の前傾速度産生の一端を担うのが胸郭前傾速度の大きさであること、更に、胸郭と骨盤前傾速度の同期性も重要であることが示された。

文 献

- 1) Hortobágyi T, Mizelle C, *et al.*: Old Adults Perform Activities of Daily Living Near Their Maximal Capabilities. *The Journals of Gerontology: Series A.* 2003; 58(5): M453-M460.
- 2) Riley PO, Krebs DE, *et al.*: Biomechanical analysis of failed sit-to-stand: *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering.* 1997; 5(4): 353-359.
- 3) Anan M, Shinkoda K, *et al.*: Do patients with knee osteoarthritis perform sit-to-stand motion efficiently? *Gait & Posture.* 2015; 41(2): 488-492.

発表実績

- 1) Hiroki Hanawa, Keisuke Kubota, Takanori Kokubun, Keisuke Hirata, Taku Miyazawa, Moeka Sonoo, Tsutomu Fujino, Naohiko Kanemura: Muscle synergies underlying sit-to-stand tasks in acute stroke patients: *Neuroscience* 2017, Washington D.C., November 11-15, 2017.