

筋肉の協調動作に基づく人の起立動作の解析

東京大学大学院精密機械工学専攻 ○Qi An, 東京大学人工物工学センター 池本 有助, 東京大学人工物工学センター 浅間 一

Analysis of human standing-up motion based on several muscles coordination

The Univ. of Tokyo Qi An, The Univ. of Tokyo Yusuke Ikemoto, The Univ. of Tokyo Hajime Asama

Abstract: Recently the aging society seems inevitable and it has brought many problems to our society: for example, many old people have difficulties of spending an independent life. In order to improve this situation, we have studied human standing-up motion because the motion is a start point of many motions, and it is considered very important for them. From our previous research, it was found that human standing-up motion consisted of two coordinated muscles movements called synergy: one synergy is moving their center of gravity forward or upward and the other one is controlling their posture. In this study, we obtained several muscles activation data of both healthy and unhealthy people from experiments, and we extracted synergies from them to see how synergies are different between two groups. As a result, it was suggested that the synergy which controls human posture is important for old people to achieve normal standing-up motion.

1. はじめに

近年多くの国で高齢化社会への急速な移行が問題視されている[1]. 高齢者の中には自立した生活が送れない等の困難を抱える人も少なくなく、特に軽い要介護度の人たちの増加が目立ち、高齢者のQOLの低下が懸念されている。

我々は起立動作に着目した研究を行ってきた[2]. 起立動作は日常生活の様々な行動の起点となる行動であり、自立した生活を送るために非常に重要である。起立動作を積極的に訓練することは寝たきりの予防にもなり、介護予防の点から見ても大切である。そのため起立動作を解析することは大切である。

本研究では健康な高齢者と非健康な高齢者のグループに対し、起立動作の際の筋肉の活動度の計測実験を行い、高齢者において正常な起立を実現するためには姿勢を安定化するような制御を果たす筋肉の協調動作が重要であることを示すことを目的とする。

2. 実験

2.1 実験概要

実験では起立時の人の筋肉の活動を測定するために、筋電計 Personal-EMG [追坂電子機器]を用いて、足首・膝・腰の関節に関わる筋肉に着目して測定をした。測定した筋肉はそれぞれ下記の図1の通りである。左右の計16ヶ所の筋肉を1600[Hz]で測定し、実際の解析の際にはハイカット、ローカットフィルターをかけ、平滑化し、12.8[Hz]にダウンサンプリングした。

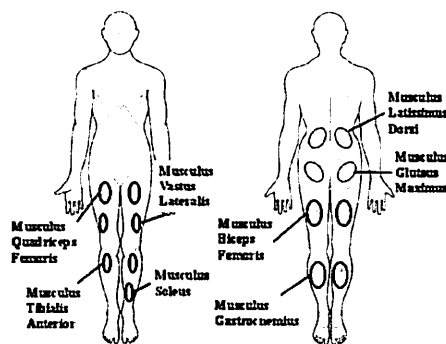


図1. 筋肉の計測部位

2.2 被験者データ

本研究では15名の被験者を対象に起立動作計測実験を行った。被験者は1名の健康な若者、7名の健康な高齢者、7名の非健康な被験者に分類した。非健康な被験者は腰痛や変形性関節症などの症状を持つ人と定義した。

表1. 被験者データ

グループ	平均年齢(歳)	標準偏差(歳)
健康な若者	22	0
健康な高齢者	66.7	6.8
非健康な高齢者	67.3	9.8

3. 解析手法

3.1 シナジーモデル

シナジーとはBernstein[3]によって提唱された概念で、実際の人間の行動は筋肉の伸縮によって行われるが、その筋肉の動きはシナジーと呼ばれる異なる筋活動のパターンが協同して組み合わせることで実現されるとしたモデルである。本研究では、d'Avellaによって提唱された、実際の筋肉の活動度がシナジーの線形和で表せるとしたシナジーモデルを用いた[4]. 実際の筋活動からシナジーを抽出することはシナジー解析と呼ばれ、その抽出にはDecomposition Algorithm[5]を用いた。

3.2 分析手法

本研究ではシナジーを抽出した際に、健康者と非健康者のグループ間に有意な差があるかを調べるために、分散分析を用いた。ここでは、22歳の健康な若者から得られたシナジーを基準とし、それぞれのグループに属する被験者のシナジーと相互相関係数を求め、それらを健康な高齢者、非健康な高齢者のグループ間で比較した。

4. 結果

4.1 抽出されたシナジー波形

ここでは比較の基準となる健康な若者から抽出されたシナジーを示す。我々の先行研究より、抽出すべきシナジーの最適数は2であることが分かっており[6], 図2のように2つのシナジーを抽出した。シナジー1はほぼ全ての筋肉の発火が見られる

シナジーで、重心の移動などを制御するシナジーで、それに対してシナジー2は前脛骨筋やヒラメ筋を始めとした下腿部の筋肉の活動が見られ、姿勢の安定化制御に関連したシナジーとなっている。

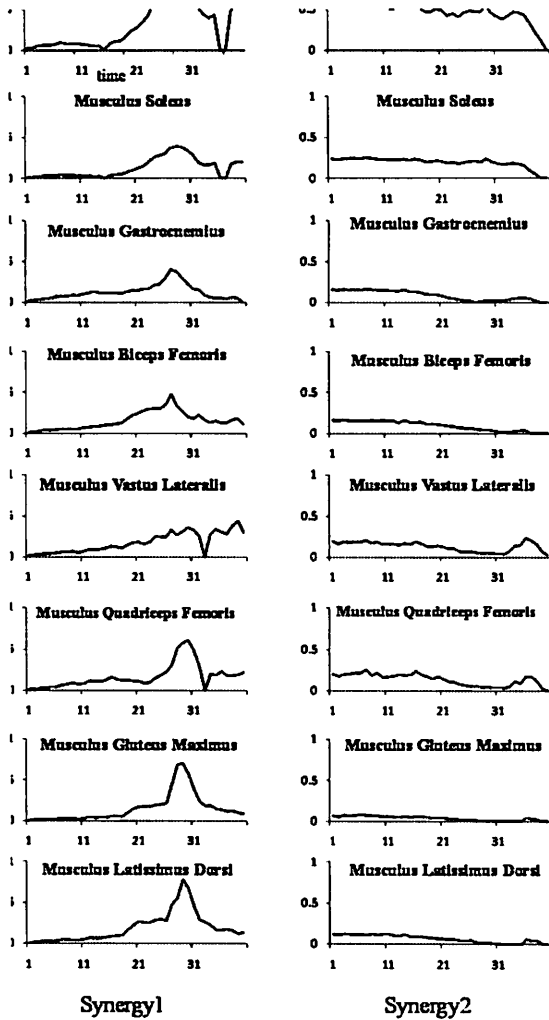


図2. 実際に抽出した2つのシナジーの波形

4.2 分散分析結果

比較の基準となる若い健常者のシナジーと各グループの被験者のシナジーの波形の類似性を測る相互相関係数は下記の表2のようになった。

表2. 基準となるシナジーに対する相互相関係数

	Synergy1		Synergy2	
	健常者	非健常者	健常者	非健常者
平均	0.54	0.52	0.67	0.41
標準偏差	0.17	0.11	0.11	0.16

これらのデータについて、分散分析を行い、シナジー2に対してp値を計算したところ、 $p=0.004$ となり有意差があることが分かった ($p<0.01$)。

5. 結論

本実験によって得られた各筋肉のデータを解析することで、健常な高齢者と非健常な高齢者のグループ間で、姿勢制御を主に担当している筋肉の協調動作(シナジー2)に有意差があり、高齢者が正常な起立をするためには重要であることが示唆された。

6. 考察及び展望

本研究により、健常な高齢者のグループと非健常な高齢者のグループではシナジー2に有意差が生じていることが示唆された。シナジー2は前脛骨筋などの下腿部の筋肉が発揮しており、このシナジーは人の体幹の姿勢制御に関係しており、高齢者の健常者と非健常者では姿勢制御に差が出るということが示唆された。健常者のグループのシナジーは安定した若い健常者のシナジーと類似しており、非健常者のグループに対して有意に高くなった。実際、高齢者は立ち上がる際に体は持ち上げられるが、その後姿勢が不安定になって転倒するといった事故のケースが多い。健常な高齢者と非健常な高齢者では姿勢を安定化させる制御に差が出ていると言える。

本研究ではシナジー2が健常者と非健常者では有意に違うことを示した。今後は、測定をした8つの筋肉のうち具体的にどの筋肉が有意差を生じさせているのかを個別に検証していく必要がある。

また今回の実験における非健常者の被験者持つ症状は多岐に渡っている(腰、膝、足首など)。本研究では非健常者としてまとめて解析を行ったが、痛みがある箇所によって個別に筋肉の発火の違いを見ることは、高齢者のためのアシスト装置やトレーニング方法を考える上でも重要と考えられる。

[1] World Population, Department of Economic United nation and Social Affairs, pp.1-2
 [2] Qi An, et al. "Extraction of Behavior Primitives in Humans Standing-up Motion for Development of Power Assisting Machine", Proc. of 2008 IEEE International Conference on the Robotics and Biomimetics, pp.1995-2000
 [3] Bernstein, N.A: "The Co-ordination and Regulation of Movement", Pergamon, Oxford, 1967
 [4] d'Avella. et al: "Combination of muscle synergies in the construction of a natural motor behavior", Nature Neuroscience, vol. 6, no. 3, March 2003.
 [5] Andrea d'Avella, et al. Decomposition of emg patterns as combinations of time-varying muscle synergies. IEEE EMBS Conference on Neural Engineering, pp. 55-58, 2003.
 [6] Qi An 他. "人の起立における動作プリミティブの役割", 第21回自律分散シンポジウム, pp.305-308, 2008