

(様式 5)

2023 年 3 月 7 日
Year Month Day

学位（博士）論文要旨

(Doctoral thesis abstract)

論文提出者 (Ph.D. candidate)	工学府博士後期課程 2014 年度入学 (Admission year) 学籍番号 14832208 (student ID No.)	応用化学 氏名 (Name)	専攻 (major) 山口 耕平
主指導教員氏名 (Name of supervisor)	跡見 順子		
論文題目 (Title)	皮膚の機械的特性と身体運動との関連性について The relationship between skin mechanical properties and body movement		
論文要旨（2000 字程度）			
<p>セラピストが唯一対象者と接する部位は皮膚である。この唯一の接点である皮膚について多くのセラピストが無意識でいることが多い。皮膚を身体運動との関係で捉えた場合、運動力学と関係する分野で皮膚が研究対象とされることは少ない。その最大の理由は皮膚の機械的特性（以下、物性）が生じる機序の複雑性にある。皮膚の主成分であるコラーゲンやエラスチンの動的な挙動は非常に複雑であり、さらにその特徴が身体部位によって異なることが理由の一つである。また皮膚の構造が平面的で皮膚より下層の骨や筋膜など様々な組織と解剖学的にリンクしているため、皮膚単体の力学的特徴を in vivo で評価することが非常に困難であることも考えられる。さらに受動組織であり、力学的に発生する力も筋・腱と比べると非常に小さくその影響度が少ないと考えられていることも挙げられる。そのため、身体運動との直接的な関係についての報告はほとんどみられない。</p> <p>そこで本研究では、この皮膚の力学的特徴と身体運動との関係を示すため、皮膚物性の特徴の一つである皮膚粘弾性に着目した。また粘弾性の特徴には“異方性”があり、これらの物性の特徴が身体運動に影響を及ぼし、また日常の身体運動により皮膚に対し繰り返される歪み刺激（伸張刺激）が皮膚物性を変化させる要因となり得ると仮説を立てた。また対象とする身体部位については、ヒトの身体部位のうち最大である体幹に焦点を当てた。体幹はヒト姿勢の決定要因であり、日常生活における四肢運動にも体幹運動が伴う。また主要な運動器疾患である腰痛や頸部痛は多くのヒトの日常生活に支障を生じ、ほとんどが体幹の形状や運動機能と関連している。そうした医学的・臨床的な重要性からも体幹部における脊椎運動と体幹部皮膚物性との関係を明らかにすることは非常に有益なものと考えた。</p> <p>第 1 章では、体幹背部皮膚物性の部位特性を調査した。非常にシンプルな研究デザインかつ内容ではあるが、これまで調査されることがなく、身体運動との関連性を示す以前の前提として皮膚物性そのものの特徴を捉えることが重要と考えた。結果として体幹背部に弾性・粘弾性の特徴的な分布がみとめられた。構造的に平面と捉えられる体幹背部において</p>			

も、部位によって物性の特徴の違いが存在することが明らかになったことは、皮膚と身体運動の関連性を示唆するものと考えられ、本研究を深く検討するきっかけとなった。

続いて第2章では、第1章で示唆された体幹背部皮膚と体幹運動との関係性において、体幹固有の脊椎椎間関節運動と体幹背部皮膚との関連を示すことを目的に研究を実施した。この目的に対し静止立位の椎間関節角度、前屈および後屈運動時の椎間関節可動量と脊椎近傍皮膚物性との相関関係を解析した。結果として、皮膚物性測定部位よりわずかに離れた特定の椎間関節にのみ相関関係が示された。この現象は皮膚の連続性や特定の運動に対する個人の体幹運動特性と皮膚物性との関係を捉える点で非常に興味深い結果であった。さらに皮膚物性を示すパラメーターのうち速度依存的なパラメーターで相関関係がみとめられたことは、身体運動との関連性をより示す結果と考えた。

第3章では第2章で得られた皮膚部位と脊椎の位置的関連性に基づいた介入研究を行った。第2章の結果として、第7胸椎周辺皮膚物性と一部の脊椎椎間関節の動的な特性との間に関連性が示された。しかし、第2章の時点でこの関連性がどのように影響を与えているかについては明らかにすることができなかった。そのため第3章ではテープを用いた脊椎周辺皮膚に対する操作介入により皮膚物性を変化させ、この時の脊椎運動の変化を捉えることでこの関連性を明らかにした。結果として、テープ貼付による第7胸椎周辺皮膚に対する皮膚伸張介入の結果、皮膚粘弾性が増加し、坐位姿勢における脊椎および骨盤のアライメントに有意な変化を生じた。本研究の結果は、皮膚粘弾性が坐位姿勢に影響を与えることを示す、これまで明らかとされていない新規性の高い結果と言え、皮膚操作および接触を伴う臨床的な介入方法に対するエビデンスの一部となり得ると考えた。また、第7胸椎周辺皮膚の粘弾性増加による姿勢変化の方向は、一般的に坐位不良姿勢と考えられているものを改善させる方向であったことから、本結果は臨床的に有用性の高いものであった。

本論文では、皮膚物性のうち粘弾性と異方性に着目し力学的および運動学的な観点を中心に身体運動との関係性を考察した。結論として、これまで明らかにされることのなかった体幹背部皮膚生体力学的特性と脊椎運動との関係を示すことができたと考える。本研究の知見は、皮膚と運動器を機能的に関連づける先駆的な知見であり、皮膚操作を伴う治療介入のエビデンスの一部となり得る。これらから本論文の結果は、これまでのセラピストにおける皮膚への関心の低さに対し一石を投じるものと考えられる。

(英訳) ※和文要旨の場合(400 words)

The only part of the body that the therapist contacts with the subject is skin. However, many therapists are often indifferent about skin. When considering the relationship between skin and body movement, skin is rarely the subject of research in fields related to kinematics. In this study, we focused on skin viscoelasticity and anisotropy, which is the characteristics of skin properties, in order to show the relationship between the skin mechanical properties (SMP) and body movement.

In Chapter 1, the regional characteristics of SMP of the dorsal trunk were investigated. As a result, a characteristic distribution of viscoelasticity was found in the dorsal trunk skin. The finding of the existence of differences in SMP in different parts of the dorsal trunk was considered to suggest a relationship between skin and body movement.

In Chapter 2, a study was conducted to show the relationship between trunk-specific spine facet joint motion and the trunk dorsal skin. For this purpose, the correlation between facet joint angles in the static standing, the amount of facet joint movement during maximum forward and backward bending, and SMP near the spine were analyzed. As a result, correlations were only shown for specific facet joints that were slightly further away from the site of skin property measurement. These results were very interesting from the point of view of skin continuity.

In Chapter 3, The relationship between skin viscoelasticity and posture is revealed by using the application of a stretch tape that takes skin anisotropy into account. Preliminary experimental results for this study suggested that viscoelasticity of the skin around the seventh thoracic vertebrae is increased by stretching the skin with this tape intervention, resulting in changes in the alignment of the spine and pelvis in the sitting posture. These results were new findings showing that changes in trunk dorsal SMP affect posture, which has never been reported before.

This study focused on skin viscoelasticity and anisotropy, and examined the relationship between the skin and body movement in terms of mechanics and kinematics. In conclusion, these results demonstrated a relationship between SMP of the dorsal trunk and spinal motion. The findings of this study are pioneering findings that functionally relate skin and locomotorium. The results of this study may therefore be considered to be a step forward in addressing the lack of interest in the skin among therapists to date.