

立位における足趾の機能評価

著者	久利 彩子
学位名	博士(工学)
学位授与機関	大阪電気通信大学
学位授与年度	2021
学位授与番号	34412乙第15号
URL	http://id.nii.ac.jp/1148/00000285/



氏名	久利 彩子 <small>ひさり あやこ</small>
本籍	大阪府
学位の種類	博士（工学）
学位の番号	乙第 15 号
学位授与年月日	令和 4 年 3 月 10 日
学位授与の要件	本学学位規則第 2 3 条
学位論文題目	立位における足趾の機能評価
論文審査委員	主査 吉田 正樹 副査 海本 浩一 副査 田中 則子 副査 新川 拓也 副査 久保 雅義（新潟医療福祉大学所属）

論文内容の要旨

人の立位において、足部は唯一床面と接する部分で、足部の末梢に位置する前足部には 5 本の足趾があり、それぞれ、第 1 趾、第 2 趾、第 3 趾、第 4 趾、第 5 趾と呼ばれ、手指と同様に関節がある。これらの足趾の機能は、立位バランス能力と関連していることが知られている。立位バランス能力と第 1 趾の屈筋力は加齢に伴う変化が類似していることや、立位バランス能力は足趾把持筋力に関連していることが示されている。厚生労働省の示す「労働者災害補償保険法施行規則 別表第一 障害等級表」では、足趾は労災保険対象として位置付けられており、第 1 趾とその他の足趾（第 2～5 趾）は区別されている。つまり、第 1 趾と第 2～5 趾の欠損に伴う影響は違うことが示されている。

立位または歩行時に圧力分布計測センサを用いて足趾による圧力を測定した研究があるが、各足趾の直下にセンサセルを設置できないため、各足趾による圧力を独立に得ることができていない。すなわち立位時に各足趾の力を測定し、各足趾の機能を示している研究はない。

リハビリテーション医療の現場では、患者や高齢者に対して、立位バランス能力向上をめざし種々の足趾運動が適用されている。しかし、立位時に各足趾がどのように床を押ししているかについて、成書でも十分に明らかに示しておらず、足趾の使い方に良いと言える基準がない。以上のことから、立位時に各足趾がどのように押すかという基準が経験に基づく主観的なものではなく、より良い押し方に近づいたかという客観的な基準で行うことが必要である。

このような背景のもとに、本論文では、立位時に各足趾が床を押し力の時間変化と立位バランスを同時に計測できるシステムの開発し、立位時に各足趾が床を押しパターンの違いを明確化すること目的としている。

本論文は、6 章から構成されている。

第 1 章は序論で、立位バランス能力と各足趾の機能評価に関する背景と本研

究の目的について述べている。第2章では、立位バランス能力と各足趾の機能評価に関する先行研究を概説し、その足趾筋力を計測して論じ、立位時の足趾筋力の計測について述べている。第3章では、立位バランス評価に適した肢位の人はいくらいるかは知られていないが、その実態について調査している。30歳から79歳の成人336名（男性141名、女性195名）に対して調査した結果、開脚立位で足趾が1趾でも接地しない者の割合はおよそ3割であること、接地しない足趾は第5趾が有意に多いことを示している。さらに接地していない足趾が、開脚立位、閉脚立位、片脚立位の肢位の変化によっても片脚立位で接地するところを示した。その結果、開脚立位で接地しない足趾も片脚立位で接地するところを示した。以上より、立位バランス能力と足趾機能の関連を評価する肢位は、片脚立位が適切であると結論付けた。第4章では、開発した立位バランスと足趾荷重を同時に計測できるシステムと解析方法を示している。各足趾荷重と立位バランス能力の指標としての足圧中心位置の加速度の時系列信号の相互相関関数を求め、その特徴点についてクラスタ分析を行い、立位時の各足趾の機能評価を実施している。第5章では、本論文より得られた結果の解釈や方法の限界、および今後の展望について述べている。

最後に第6章では、各章で得られた結果を総括し、本論文の成果を明確にしている。

以上のように本論文は、立位時の各足趾荷重と足圧中心位置を同時に計測できるシステムの開発と、各足趾の機能評価方法の提案に関する研究をまとめたものである。

論文審査結果の要旨

本研究の意義について審査を行った。

厚生労働省の示す「労働者災害補償保険法施行規則 別表第一 障害等級表」では、足趾は労災保険対象であり、第1趾とその他の足趾（第2～5趾）は区別されている。つまり、第1趾と第2～5趾の欠損に伴う影響は違うことが示されている。またリハビリテーション医療では、患者や高齢者に対して、立位バランス能力向上をめざし種々の足趾運動が適用されている。しかし、立位時に各足趾がどのように床を押しているかについて、成書でも十分に示されておらず、足趾の使い方に基準がない。以上のことから、立位時に各足趾がどのように押すかという基準が経験に基づく主観的なものではなく、より良い押し方に近づいたかという客観的な基準で行うことが必要である。開発された計測システムと解析方法を用いることで、足趾の使い方を客観的に分かりやすく示すことができ、治療効果の評価を治療者だけでなく患者も的確に理解できるようになることが期待できる。

すなわち、本システムは、リハビリテーション医療におけるEvidence Based Medicineの一翼を担うものとして期待できることから、本研究の意義は認められると判断した。

次に、開発した計測システムの新規性について審査した。

本計測システムと同等の情報を得られる計測システムはないが、近いものとして圧力分布計測センサを用いたシステムがある。圧力分布計測センサは、感圧セルが格子状に配列されたもので、各足趾の直下にセルが配置されるとは限らない。すなわち足趾による圧力が複数のセルにより検出されたり、複数の足趾による圧力が1つのセルで検出されたりする可能性がある。これに対して開発されたシステムでは荷重センサが各足趾の直下に配置されており、他の足趾からの影響を受けることはない。以上のように各足趾による荷重を正確に計測できるシステムである点に新規性があると認められる。

つづいて、本研究で提案している解析方法について審査を行った。

解析手法は、得られた各足趾荷重の時系列信号と立位バランスの指標である足圧中心位置の加速度信号との相互相関関数を求め、相互相関関数のピーク値とその発生遅れ時間に対してクラスター分析を行っている。足圧中心位置の加速度と足趾による力の関係を調べることは、物体に力が働くときその加速度の大きさは力の大きさに比例というニュートンの運動法則に合致するもので妥当である。相互相関関数の特徴点（ピーク値とその発生遅れ時間）をクラスター分析する際に、クラスター数の決定はBayesian Information Criterionを用いて判定している。またクラスター分析は、分散のモデルが楕円・異分散・異幅の性質を持つ混合ガウス分布を用いて実施している。以上のことから、クラスター分析は的確に実施されていると判断した。

以上より本論文は、リハビリテーション医療の分野に貢献できる成果を示す意義のある内容であり、博士学位論文として価値あるものと認める。