

氏名	ヤマザキカズノリ 山崎一徳
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博第935号
学位授与の日付	平成26年3月23日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当 課程博士
学位論文題目	巧緻性と固有感覚の定量的評価システムの開発 (Development of Quantitative Evaluation System of Skillfulness and Proprioception)
論文審査委員	主査 教授 森田良文 教授 岩崎誠 教授 鶴飼裕之 教授 佐野明人

論文内容の要旨

日常生活において、階段昇降などの下肢動作やコップの把持などの把握動作が頻繁に行われる。その際、主に視覚、固有感覚、皮膚感覚などの感覚機能のフィードバックが用いられる。このような動作では、状況に合わせて巧みに動作を調整することを行っており、この調整能力を巧緻性と呼ぶ。この能力を発揮するためには、感覚運動統合機能を必要とし、さらに各関節の角度や運動方向といった運動情報を感知する固有感覚が非常に重要とされる。

一方、加齢や外傷・疾病により運動機能や感覚機能が低下すると巧緻性も低下するため、日常生活に支障をきたし、転倒事故などの危険性が上昇する。そのために巧緻性を向上させるためのリハビリテーションを行う必要がある。特に、巧緻性を効率良く向上させるためには、対象部位や感覚機能を細分化して評価を行い、低下した部位や感覚機能のリハビリテーションを集中的に行うことが望ましいとされる。しかし、下肢動作や把握動作に関する巧緻性や固有感覚の定量的評価法は確立されておらず、その実現が臨床現場から期待されている。

本研究では、療法士らとの医工連携により、巧緻性と固有感覚の定量的評価システムを開発することを目的とする。このために、下肢動作と精密把握動作の計測システムを開発し、それぞれの動作における巧緻性と固有感覚の定量的評価法を開発する。本論文は6つの章から構成されており、各章の概要は以下の通りである。

第1章は序章であり、本研究の背景、先行研究、ならびに本研究で解決すべき課題を述べ、本研究の新規性と目的を明確にしている。

第2章では、臨床現場のニーズを基に開発した下肢動作の計測システムと、それをを用いた巧緻性の定量的評価法、ならびに臨床試験の結果について述べている。下肢動作の計測システムは、片足に装着したデバイスを座位にて床面上で滑らせて利用するため、立位保持が困難な患者でも利用できる。さらに、デバイスの動きを逐次計測し、その動きに対応したポインタを画面に表示するため、被験者は自身の下肢を直接見なくても、画面上のポインタから足の動きを認識することができる。また、巧緻性を評価するために難易度の異なる軌跡追従課題を設定し、速さを巧緻性の評価指標とした定量的評価法を開発している。提案計測システム、ならびに提案評価法の有効性は、巧緻性の低下した脊髄後索障害患者を対象とした臨床試験において検証している。

第3章では、第2章で開発した下肢動作の計測システムを用いた感覚運動統合機能と固有感覚の定量的評価法、ならびに臨床試験の結果について述べている。感覚運動統合機能と固有感覚を同時に評価するために単一方向かつ正確さを重視する軌跡追従課題を設定している。感覚運動統合機能の評価では、課題における速さを評価指標とし、固有感覚の評価では、視覚への運動情報のバイオフィードバックの有無による正確さの比較を評価指標としている。これらの評価指標は、加齢に伴って固有感覚と巧緻性が低下した高齢健常者と健常な若年者との比較に基づいて開発された。提案評価法の有効性は、同性同年代の脊髄後索障害患者と健常者を対象とした臨床試験において検証している。

第4章では、臨床現場のニーズを基に開発した精密把握動作における把握力計測システムと、それをを用いた巧緻性の定量的評価法、ならびに臨床試験の結果について述べている。把握対象である把握デバイスを弾性体とすることで、把握力を調整する様子が目視できる。また、把握力を調整する課題を設計するために、把握デバイスの持ち上げ高さに応じて重量が変化する重量可変装置を開発している。巧緻性の評価では、課題における把握力の調整の滑らかさを評価指標としている。提案評価法の有効性は、若年健常者の両手の巧緻性の比較結果と、利き手が巧緻性に優れるという知見の一致から確認している。

第5章では、精密把握動作における固有感覚を評価するために開発した把握デバイスと、その有効性検証のための臨床試験の結果について述べている。固有感覚の評価を行うためには、固有感覚と皮膚感覚の知覚を分離する必要がある。そのために把握デバイスの弾性体の構造を変えることで、変形量の変化に対する反力の変化が少ないばね特性を実現している。臨床試験から、ばね特性の違いが若年健常者の把握能力に違いを生じさせること、利き手と非利き手で把握能力が違うという知見から、提案デバイスの利用可能性を検証している。

第6章では、本研究で得られた成果をまとめ、本研究で残された課題を述べると共に今後の展望について言及している。

論文審査結果の要旨

現在のリハビリテーション現場において治療効果向上の観点から、身体機能の低下した身体部位や身体機能そのものを細分化して定量的に評価が行えることは、低下した身体部位や身体機能を集中的にリハビリテーションが行えることから重要である。本論文は、リハビリテーション現場で働く療法士らとの医工連携により、下肢動作や精密把握動作における巧緻性と固有感覚の定量的評価システムを開発し、臨床試験からそれらの有効性を示した論文である。論文は、序章、4章からなる本文、および結章から構成されている。

序章では、本研究の背景、先行研究、ならびに本研究で解決すべき課題を述べ、本研究の新規性と目的を明確にしている。

第2章では、臨床現場のニーズに基づいて開発した下肢動作の計測システムと、それをを用いた巧緻性の定量的評価法、ならびに臨床試験の結果についてまとめている。提案計測システム、ならびに提案評価法の有効性は、巧緻性の低下した脊髄後索障害患者を対象とした臨床試験において検証されている。

第3章では、第2章で開発した下肢動作の計測システムを用いた感覚運動統合機能と固有感覚の定量的評価法、ならびに臨床試験の結果についてまとめている。提案評価法の有効性は、同性同年代の脊髄後索障害患者と健常者を対象とした臨床試験において検証されている。

第4章では、臨床現場のニーズに基づいて開発した精密把握動作における把握力計測システムと、それをを用いた巧緻性の定量的評価法、ならびに臨床試験の結果についてまとめている。提案評価法の有効性は、若年健常者の両手の巧緻性の比較結果と、利き手が巧緻性に優れるという知見の一致から確認されている。

第5章では、精密把握動作における固有感覚を定量的に評価するために開発した把握デバイスと、その有効性検証のための臨床試験の結果についてまとめている。臨床試験から、把握デバイスのばね特性の違いが若年健常者の把握能力に違いを生じさせること、利き手と非利き手で把握能力が違うという知見から、提案把握デバイスの利用可能性を検証している。

第6章では、本研究で得られた成果をまとめ、本研究で残された課題を述べると共に、今後の展望について言及している。特に、提案評価システムの適用対象動作を下肢動作や精密把握動作に限定することなく、他の動作への拡張可能性を示している点が注目すべきである。

本論文の成果は、4編の学術論文として公表されている。申請者は、リハビリテーション現場との連携体制を自ら構築して、臨床現場のニーズにマッチした機器を開発していることから、本論文の成果が実用化に大いに貢献するものと期待される。

以上、審査の結果、本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値を有すると判断される。