

## 学位論文の要約

専攻名	システム工学 専攻	ふりがな 氏名	伊丹 琢
学位論文題目 運動器機能障害者を対象とした力伝達機構を有するメカニカル装具の開発 (Mechanical Orthosis with Force Transmission Mechanism for People with Muscular Dysfunction)			
<p>近年、我が国では高齢化問題が深刻化しており、それに伴い脳血管障害後の後遺症である片麻痺や高齢者の半数以上が抱える変形性膝関節症、脊髄損傷などといった運動器機能障害者の数も増加している。近年世界中で上肢機能障害者や下肢機能障害者の自立を目的とし、身体機能の拡張や失われた機能の代替を目的として人間の行動を直接補助する装着型ロボットが研究開発されており、臨床研究においてその効果も実証されている。しかしながら、それらの多くがモータや油圧による他動的な支援によって失われた機能を代替することを目的とした支援機器である。運動器機能障害者の自立と機能回復を目的とする場合、他動的な支援では機能回復は見込めず、機器なしでは生活が困難となるほか、自身の随意的な運動ではないため残存機能の低下も起こりうる。また、他動的な支援を行うためには大型のサーボモータや圧縮機が必要となるため装置重量の増加は避けられず、装着者の負担はさらに増加する。</p> <p>そこで本研究では、運動器機能障害者の残存機能に着目し装着者の残存筋力を動力源として利用することで、失われた機能を代替する新たなメカニカル装具とロボット装具の開発を行った。中でもメカニカル装具やロボット装具の装着がどのように筋骨格系へ影響し、動的に動きを作り出すのかという点に着目し、機能解剖学や装具学、人間工学の観点からメカニカル装具とロボット装具の装着が筋骨格系へ与える動的運動変化について明らかにした。</p> <p>運動器機能障害として変形性膝関節症による歩行障害に着目した。下肢機能障害者は現在3000万人以上と推定され、今後も増加することが見込まれている。下肢機能障害の最も深刻な問題は、全身バランスの崩れた特徴的な歩容（歩行の様子）となることにより、身体・精神面において健常者との差別化がおこることである。片麻痺や変形性膝関節症などにより下肢機能に問題が生じると、筋肉や骨格のアライメントの異常から歩行中に痛みが生じ、その痛みを補うように歩行するため、歩行中の全身バランスが崩れ、筋肉や骨格のさらなる異常につながる。また、歩行に対する精神的ストレスから外出頻度の減少などQOL（生活の質）低下にもつながりうる。膝関節に注目すると、歩行動作中に屈曲・伸展運動のほかに回旋運動が重要な役割を持つ。この回旋運動は屈曲・伸展運動と連動しており、独立して行うことはできない。歩行中に回旋運動が働くことにより、踵接地時の衝撃吸収や人間らしい歩行が可能となる。この回旋運動は膝関節だけでなく股関節-膝関節-足首関節の下肢全体にわたり働きや歩行において重要な役割を占めている。さらに回旋運動などを考慮し適切な骨格アライメントへ誘導することは、歩行中の痛みの低減につながることも知られている。回旋機能を持たないロボットや装具を装着した場合、つまり、従来の装着型ロボットのように支援する関節軸において、屈曲・伸展のサポートしか考慮されていない装具やロボットを装着した歩行</p>			

続紙 有 無

ふりがな  
氏名

いたみ たく  
伊丹 琢

リハビリや歩行支援を行うと、人間本来の足の自由度が奪われることにより、拘束力のかかった無理な歩容へと矯正することになる。これは歩行を支援する装具やロボットの使用により、逆にリハビリテーションや運動支援を妨げているといえる。

そこで本研究では、膝の変性を有する膝OA患者の骨回旋異常に着目した骨回旋誘導機構を持つメカニカル装具の開発を目的とした。骨回旋誘導機構として、本研究では歩行立脚期における足関節底背屈角度と下腿内外旋運動の連動性に着目し、皮膚を介して骨回旋を制御する3自由度足関節継手を提案した。本機構により、歩行立脚期中の足関節底背屈角度に応じて内外支柱の傾動量に差が生まれ、下腿部に回旋力を与えることを可能とする。開発したメカニカル装具の有効性を検証するため、健康者と膝OA患者による歩行時の下腿回旋量等を計測した。結果から、開発した装具を装着することにより踵接地期では下腿内旋、立脚後期には下腿外旋が確認できた。また装着前後での膝OA患者の膝関節機能を評価することにより、回旋運動を含め3次的に正常な歩容へと誘導することで、正しい歩容への誘導ならびに運動機能や膝痛が回復することが示された。

本研究で明らかとなったメカニカル装具が骨格アライメントへ与える効果から、上肢機能障害として頸髄損傷者の車いす操作支援に着目した。現在日本には脊髄損傷者が10万人おり、そのうち7割が頸髄損傷と言われている。頸髄損傷者は体幹から遠い末端神経には麻痺が大きく影響するが、体幹に近い筋群は麻痺の度合いが軽度であり、特に手動車いすが利用可能なC5レベルより軽度な頸髄損傷者は肩甲骨周りの筋群が残存している。しかしながら通常の車いす操作では肩甲骨周りの筋群を使用した車いす操作が行えず、肘の屈曲に作用する上腕二頭筋のみを使用した車いす操作を行うため、残存筋の廃用性筋萎縮や可動域の減少といった問題がでてくる。そこで肩甲骨周りの残存筋力を手先操作力へ伝達することで、通常の車いす操作では使用することのない肩甲骨周りの筋群を使用した大きな操作力を得ることができ、機能回復も期待できる。そこで本研究ではラチェット機構を応用し、肘関節を任意のタイミングや角度でロックを行うことで肩甲骨周りの残存力を手先操作力へ伝達可能な力伝達用ロボット装具「アクティブギプス」を開発した。本装具を実際のC5、C6頸髄損傷者に装着いただき、どのように筋骨格系へ動きが誘発され動的に車いす操作姿勢が変化するのか、また残存筋への効果を解析することで、本装具の有効性を示した。

本研究で提案したメカニカル装具やロボット装具は、従来の高出力な駆動力によるパワーアシストではなく、自身の残存機能を利用した支援機器であるため、装着者の機能回復が実現可能となる。今後、本提案手法のさらなる汎用化、他の症状への適用が期待される。