

氏名	中川 将吾		
学位の種類	博士（医学）		
学位記番号	博甲第 9566 号		
学位授与年月	令和2年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	人間総合科学研究科		
学位論文題目	脳性麻痺患者（児）へのロボットスーツ HAL の適応		
主査	筑波大学教授	医学博士	松村 明
副査	筑波大学教授	博士（医学）	羽田 康司
副査	筑波大学講師	博士（医学）	大戸 達之
副査	筑波大学講師	博士（医学）	西野 衆文

論文の内容の要旨

中川将吾氏の博士学位論文は、脳性麻痺患者（児）におけるロボットスーツ HAL の効果を検討したものである。その要旨は以下のとおりである。

著者は脳性麻痺患者（児）のリハビリテーション治療にロボットスーツ HAL (Hybrid Assistive Limb, CYBERDYNE 社) が適応可能かどうかを明らかにすることを目的として以下の3つの研究を行ったものである。

研究1 脳性麻痺患者（児）に対する HAL 歩行訓練後の効果持続の可能性

この研究では脳性麻痺と診断された17歳の男性を対象とし、HALを用いた歩行訓練を行った。歩行訓練はサイバニック随意制御モードを用いて計12回行った。VICON三次元動作解析装置を用いて訓練前、すべての訓練終了後および1, 4, 7ヵ月後に歩行能力の評価を行った。歩行速度、1歩行周期における立脚期と遊脚期のバランス、歩幅、股関節と膝関節の可動域を測定した。結果として歩行速度は介入前に17.9m/minであり、最終評価時の7ヵ月時点では21.2m/minであった。1歩行周期における両脚支持の割合はすべての評価時において介入前の53%から低下しており、7ヵ月時点では48%であった。歩幅に関しても右が0.29mから0.39mへ、左が0.30mから0.31mへと増加していた。歩行時の股関節可動域は介入直後に減少したが、その後は特に左に関して増加がみられた。膝関節の屈曲角度は介入後の調査で低下しており、脳性麻痺の特徴である膝の屈曲した屈み姿位の改善が得られていた。これらの結果から著者は脳性麻痺患児においてHAL歩行訓練の効果に持続性があることを明らかにした。

研究2 整形外科的手術後への HAL 使用の実行可能性

本研究では整形外科的手術(OS)を行い、その後HALによる歩行訓練を行った脳性麻痺患者6例を対象とした。手術は脳性麻痺患者の関節拘縮を伴う二次障害に対して行われている方法で対応した。HALを使用したリハビリテーションの方法については研究1と同様に行った。関節可動域が改善し、有害事象なく訓練終了となれば訓練が可能であったと判断した。運動機能の変化を評価するため、手術前と退院時のGMFM (Gross Motor Function Classification Scale) 値の計測を行った。OSの内容として、

足関節拘縮に対する手術が4例、膝関節拘縮に対する手術が2例に行われていた。結果としては罹患関節の可動域は全例で改善が得られており、全員が歩行訓練を行えた。退院時のGMFM値は足関節手術症例では改善する症例が多かったが、膝関節手術症例では入院時より低下がみられていた。腱延長による膝関節屈曲筋力低下の影響であり、長期的には改善していく可能性が考えられた。本研究より、著者は脳性麻痺患児において整形外科的手術を行った後にもHALを用いたリハビリテーションによって関節可動域の改善が得られることをあきらかにした。

研究3 小型軽量の新しいHALを用いた歩行訓練の実行可能性

著者は新しく開発された2SサイズのHAL(2S-HAL)を用いて歩行訓練を行った14歳以下の脳性麻痺児19例を対象とし、小型軽量の新しいHALを用いた歩行訓練の実行可能性について検討を行った。歩行訓練は約20分の1回のみ行った。安全性の評価を主目的とし、副目的として訓練における即時効果について評価した。評価項目は下肢の関節可動域、10m快適歩行における歩行能力と歩行中の下肢関節角度変化とした。理解力の良好な3名に対しては筋電図計を用いて下肢の表面筋電図(electromyogram, EMG)を記録した。計測値の訓練前後における変化を評価するため対応のあるt検定を用いて統計学的処理を行った。有意水準を5%として検討した。結果としてはすべての患児で安全に歩行訓練を行うことができた。総歩行時間は平均11.8分であった。右股関節の外転可動域の平均値は介入前の32.9°から介入後の35.3°へと有意に増加した。股関節の回旋可動域の平均値は内旋が右58.2°から63.2°に、左が57.4°から66.2°に、外旋が右57.6°から64.1°に、左が52.9°から61.5°へと両側ともに有意に増加した。10m快適歩行を行うことができたのは11症例であった。歩行速度の平均値は47.1m/minから54.7m/minへと増加し、歩幅は39.9cmから43.5cmへと有意に増加した。歩行時の股関節の可動範囲が38.7°から43.0°へと有意に拡大していた。EMGの変化は立脚期、遊脚期ともに見られたが、測定可能であった3例における明らかな共通点は認めなかった。本研究により著者は小型サイズのHALによるリハビリテーションの効果を証明した。

審査の結果の要旨

(批評)

本研究にて著者は脳性麻痺患者(児)に対するリハビリテーション治療にロボットスーツHALを使用した歩行訓練により、訓練後も長期間にわたり継続した動きを繰り返し行うことが可能であることを示すことができた。また、整形外科術後でのHALの使用や低年齢児に対する小型HAL2Sタイプの使用についても、いずれも安全で有効に作用することを明らかにした。いずれの研究も、脳性麻痺患者に対してHALを使用するリハビリテーションの実用化に向け、重要な成果である。

令和2年1月10日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもと論文について説明を求め、関連事項について質疑応答を行い、最終試験を行った。その結果、審査委員全員が合格と判定した。

よって、著者は博士(医学)の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認める。