ISSN 2436-6951

Journal of Assistive Technology in Physical Therapy

支援工学理学療法学会誌

Vol.4 No.2
2025

日本支援工学理学療法学会 JATPT

支援工学理学療法学会誌

第 4 巻　第 2 号

Journal of Assistive Technology in Physical Therapy
Vol.4 No.2

日本支援工学理学療法学会

JATPT

目　次

原　著　長下肢装具の作製に要する期間の短縮が脳卒中片麻痺患者の歩行自立度の改善に及ぼす影響　佐藤勇太……59

原　著　半側空間無視に対する没入型バーチャルリアリティを用いた評価システムの最小可検変化量の検証　川口俊太朗……67

原　著　AI技術を用いた片麻痺歩行の定量的歩行パターン評価の妥当性に関する研究　岡本渓良……74

原　著　Effects of sex and clothing on a simulated patient manikin on the hand positioning during chest compressions.　小林　薫……84

CONTENTS

投稿要領 …… 92

編集後記 …… 96

◎原著

長下肢装具の作製に要する期間の短縮が脳卒中片麻痺患者の歩行自立度の改善に及ぼす影響

Impact of shortened production duration of knee-ankle-foot orthosis on walking independence in hemiplegic stroke patients

佐藤勇太[1]，佐藤成[1]，山崎進[1]，猪狩達也[1]，佐藤知明[1]，長谷川和貴[1]，
佐藤佑輔[1]，印南優[1,2]，佐久間海斗[1]，石橋航[3]，白岩開人[4]，阿部浩明[5]

要　旨

【目的】当院回復期リハビリテーション病棟（以下、回リハ病棟）に入院する脳卒中片麻痺患者に対して、本人用長下肢装具（Knee-ankle-foot orthosis：以下、KAFO）の作製にデジタル画像技術を活用した装具採型方法を導入したところ、従来の石膏採型と比較しKAFO作製に要する期間が大幅に短縮した。本研究の目的はデジタル画像技術の導入によるKAFO作製期間の短縮が歩行自立度の変化に及ぼす影響を明らかにすることである。

【対象と方法】対象は2018年10月から2022年10月までに回リハ病棟に入院した脳卒中片麻痺患者のうち、本人用KAFOを作製した21名とした。デジタル画像技術を用いてKAFOを作製した6名を早期作製群、従来の方法でKAFOを作製した15名を従来群とし、2群の軽介助歩行獲得に至るまでの期間、病棟での歩行練習が開始されるまでの期間、および在院期間を後方視的に調査した。

【結果】早期作製群は従来群よりも軽介助歩行獲得に至るまでの期間、病棟での歩行練習が開始されるまでの期間、在院期間のいずれも低値を示した。

【結論】デジタル画像技術の導入によるKAFO作製期間の短縮は歩行自立度を早期に高めることに貢献し、在院期間の短縮に寄与する可能性がある。

キーワード：脳卒中、長下肢装具、回復期

1．はじめに

脳卒中患者に対し、十分なリスク管理のもとに発症早期から積極的な立位・歩行練習を行うことが推奨されている[1)]。重度の片麻痺を呈する患者は膝関節の制御が困難であることが多く、そのような症例には長下肢装具（以下、KAFO）を用いた立位および歩行練習が行われる[2)]。KAFOは急激な膝折れを防止でき、重度の片麻痺を呈した症例であっても積極的な立位および歩行練習を提供できる利点がある[3)]。

実際に、先行研究では重度の脳卒中片麻痺患者に対して早期から本人用のKAFOを作製した群

1）：公益財団法人磐城済世会　松村総合病院　リハビリテーション課
2）：医療創生大学大学院　生命理工学研究科　生命理工学専攻
3）：パシフィックサプライ株式会社
4）：株式会社　東北補装具製作所
5）：福島県立医科大学 保健科学部

投稿日：2024年3月15日　　採択決定日：2024年9月14日　　公開日：2025年3月31日

は非作製群と比較して歩行能力の改善度が高かったと報告されている[4,5]。これらの先行研究は各々、作製群と非作製群の比較である。また、KAFO作製者同士の作製期間の違いによる変化を調査した研究[6,7]では作製期間が短期である程、Functional Independence Measure（以下、FIM）の改善や在院期間の短縮が認められたと報告されている。これらのようなKAFO作製期間の違いによる変化を調査した研究でもKAFOの作製期間に大きなばらつきがみられ、先行研究はKAFOを使用した治療や作製に対するコンセプトに相違があった可能性が考えられる。

当院回復期リハビリテーション病棟（以下、当院回リハ病棟）では、重度の脳卒中片麻痺患者に対して備品KAFOを配備し、入棟早期より積極的に立位・歩行練習を行っている。また、入棟早期に装具カンファレンスを実施しKAFOの作製判断を行っている。つまりKAFOの作製判断に対してセラピスト同士での方針に相違がない。しかし、当院が所在する地域ではKAFOの作製を依頼する装具会社は一社のみであり、遠方に位置している。また、装具製作会社は県内の複数の病院から装具作製依頼を受けているため、本人用KAFOの採型から納品までの期間は4～5週間を要するなど、当院回リハ病棟が所在する地域特性に関連した特有の問題を有していた。我々が渉猟する限り、本人用KAFOの採型から納品までの期間を示した先行研究は見当たらなかったが、田中らは入棟から本人用KAFOの作製期間13.8 ± 4.3日であると述べている[8]。また、栗田らは入棟から本人用KAFOの作製期間は20.2 ± 3.2日と述べており[5]、先行研究において入棟から2～3週間でKAFOが完成していることを考慮すると、採型から納品までの期間は1～2週間程と推察される。したがって、当院のように本人用KAFOの採型から納品までの期間が4～5週間を要することは適切な期間とは言い難い。そこで、当院回リハ病棟では本人用KAFOの作製期間を短縮するため、後述するデジタル画像技術を活用した装具作製システム（以下、デジタル画像技術を活用した装具採型方法）を導入した。デジタル画像技術を活用した装具作製システムの導入後、採型から本人用KAFOの納品に要する期間は1週間に短縮した。

本研究の目的はデジタル画像技術を活用した装具採型方法導入による入棟から本人用KAFO作製期間の短縮が歩行自立度の向上と在院期間に及ぼす影響を後方視的に調査することである。

2. 対象および方法

2-1 研究デザイン

本研究の研究デザインは後方視的研究とした。

2-2 対象

本研究の取り込みフローを**図1**に示す。2018年10月1日から2022年10月31日の間に当院回リハ病棟に入院した脳卒中片麻痺患者623名のうち、本人用KAFOを作製した患者32名を対象とした。なお、当院回リハ病棟では歩行獲得を最終目的とせず、移乗動作の自立や介助量の軽減を目的にKAFOを作製することもあるため、本研究では歩行の自立や介助量軽減を目的にKAFOを作製した対象に限定するべく退院時のFIM歩行項目4点以上であることを取り込み基準とした。また、除外基準は入院中に全身状態の悪化を認めた者、神経症状の増悪を認めた者とした。そのうち、2018年10月から2022年9月までの期間に従来の方法でKAFOを作製した24名から上記基準に該当する15名を従来群とした。また、2021年10月から2022年10月までの期間にデジタル画像技術を活用した装具採型方法にてKAFOを作製した8名から上記基準に該当する6名を早期作製群とした。

2-3 調査項目

調査項目は年齢、性別、病型、入棟・退棟時下肢Brunnstrom Stage（以下、下肢BRS）、発症前・入棟時・最終Functional Ambulation Categories（以下、FAC）、1日あたりの理学療法および作業療法の合計単位数（以下、PT・OTリハ合計単位数）、発症から回復期リハビリテーション入棟までの日数（発症から回リハ入棟までの日数）、本人用KAFO作製期間（入棟からKAFO納品までの期間）、入棟からKAFO採型までの期間、軽介助歩行獲得に至るまでの期間、病棟での歩行練習が開

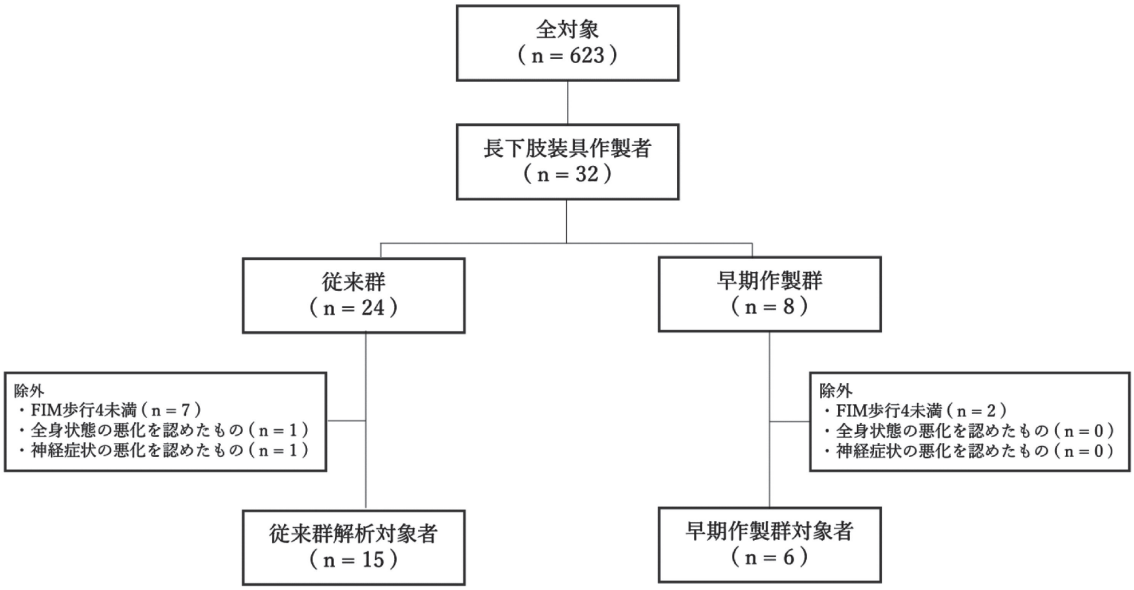


図 1　対象患者のフローチャート

始されるまでの期間、在院期間とした。

なお、当院は調査期間中に歩行自立度を判定する FIM の評価を月に一度しか実施していなかった。そのため、歩行 FIM に変更があった場合の正確な所要日数を把握することが困難であった。そこで、歩行自立度の変化をより鋭敏かつ正確に把握できる手段を模索した結果、日々の記録をしている電子カルテで調査が可能であった軽介助歩行獲得に至るまでの期間と病棟での歩行練習が開始されるまでの期間を歩行自立度の評価尺度として採用することとした。また、軽介助歩行獲得に至るまでの期間は、入棟日から理学療法介入中に短下肢装具（以下、AFO）を装着した状態で歩行介助量が軽介助となった記載があった日までと定義した。また、病棟での歩行練習が開始されるまでの期間は、入棟日から病棟看護師による AFO を装着した軽介助歩行が開始された記載があった日までと定義した。なお、軽介助歩行の定義は歩行 FIM4 に該当する触れる程度の介助歩行とした。

2-4　従来の KAFO 作製方法

当院での従来の KAFO 作製のプロセスは義肢装具士が石膏を用いて患者の下肢の採型を行い、その石膏を装具作製会社に持ち帰り KAFO を作製する。仮合わせを経て、採型から納品されるまでに 4 ～ 5 週間を要していた。

2-5　デジタル画像情報を基に採型し KAFO を作製する方法

セントラル KAFO システム（CK、以下、デジタル画像技術を活用した装具採型方法）と呼ばれ義肢装具士による採寸で得られる下肢の身体寸法値と、デジタル画像撮影による下肢のフォルム情報から、川村義肢株式会社が製造を受託し製作する KAFO の作製システムである。採寸値とデジタル画像を基に支柱設計アプリを用いたデジタル設計により身体への適合が向上し、組立てられた KAFO は仮合わせが不要で即時納品が行える。

2-6　倫理的配慮

本研究は松村総合病院倫理審査委員会での承認（承認番号 : MGHEC-2023-03）を得て実施した。

2-7　統計解析方法

得られたデータの正規性は Shapiro-Wilk 検定で確認した。各群における調査項目を対応のない t 検定または Mann-Whitney U 検定にて比較し、名義尺度データは x^2 検定にて比較した。全ての統計

表 1　対象者の基本属性

	従来群（n = 15）	早期作製群（n = 6）	P value
年齢（歳）	68.1 ± 12.6	72.3 ± 11.2	0.551
性別（男 / 女）	6/9	2/4	0.776
病型（脳梗塞 / 脳出血）	7/8	1/5	0.201
入棟日下肢 BRS	2（2 － 3）	3（2 － 3）	0.336
退棟時下肢 BRS	4（3 － 4.5）	4（4 － 4.75）	0.566
発症前 FAC	5	5	－
入棟時 FAC	0	0	－
最終 FAC	3（2.5 － 4）	4（4 － 4）	0.187
PT・OT リハ実施単位数（1 日平均）	5.2 ± 1.2	5.2 ± 0.7	0.940
発症から回リハ入棟までの日数（日）	19.4 ± 11.1	22.7 ± 7.3	0.435
入棟から KAFO 採型までの期間（日）	23.4 ± 10.9	13.5 ± 8.0	0.053

Mean ± SD または Median（25th percentile - 75th percentile）
BRS：Brunnstrom Stage
FAC：Functional Ambulation Categories

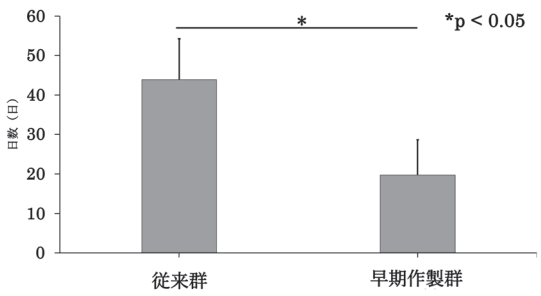


図 2　入棟から本人用 KAFO 作製期間
従来群と早期作製群の平均値と標準偏差を示している。

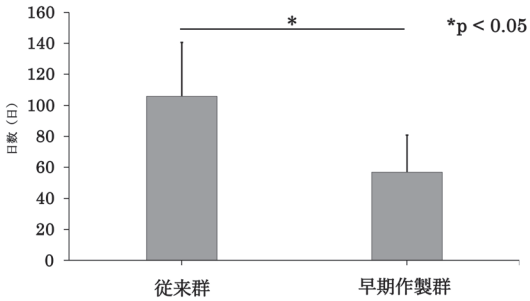


図 3　軽介助歩行獲得に至るまでの期間
従来群と早期作製群の平均値と標準偏差を示している。

解析は R コマンダー 4.2.2 を用いて実施した。なお、有意水準は 5% とした。

3.　結果

各群の対象者の基本属性を**表 1** に示した。基本属性には群間で有意差は認められなかった。一方、従来群と比較して早期作製群では、本人用 KAFO 作製期間（従来群：43.9 ± 10.4 日、早期作製群：19.8 ± 8.8 日、p ＜ 0.001、95% CI：−34.7 − −13.4）（**図 2**）、軽介助歩行獲得に至るまでの期間（105.8 ± 34.8 日、57.0 ± 23.7 日、p ＜ 0.01、95 % CI：−79.3 − −18.3）（**図 3**）、病棟での歩行練習が開始されるまでの期間（111.8 ± 28.6、76.3 ± 18.0、p ＜ 0.01、95 % CI：−59.3 − −11.6）（**図 4**）、在院期 間（157.8 ± 16.8 日、136 ± 12.2 日、p ＜ 0.01、95% CI：−37.2 − −6.4）（**図 5**）が有意に低い値を示した。

4.　考察

当院回リハ病棟に入棟した脳卒中片麻痺患者を対象とし、デジタル画像技術を活用した装具採型方法導入によって生じる本人用 KAFO 作製期間の短縮が歩行自立度の向上に要する期間と在院期間に及ぼす影響を後方視的に調査した。その結果、本人用 KAFO 作製期間の短縮により軽介助歩行獲得に至るまでの期間、病棟での歩行練習が開始されるまでの期間、在院期間のいずれも短縮することが明らかとなった。

高島らは急性期の脳卒中片麻痺患者を対象に、本人用 KAFO 作製群と非作製群の歩行自立度の変化を調査した。その結果、KAFO 作製群は非作製群と比較して早期に歩行自立度が向上したと報告している[4]。また、栗田らは急性期での脳卒中片麻痺患者に対する KAFO 作製が回復期リハビリテーションの退院時の歩行自立度に及ぼす影響

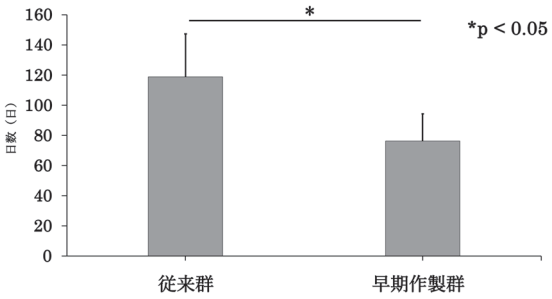


図 4　病棟での歩行練習が開始されるまでの期間
従来群と早期作製群の平均値と標準偏差を示している。

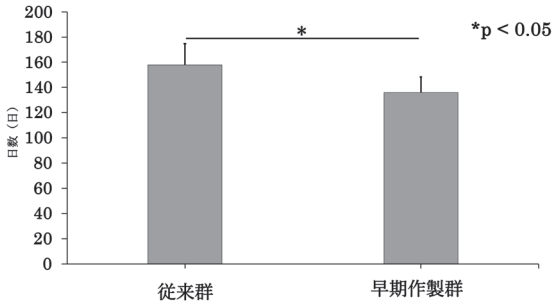


図 5　在院期間
従来群と早期作製群の平均値と標準偏差を示している。

を調査した。その結果、KAFO 作製群は非作製群と比較して退院時の歩行自立度が高かったと報告している[5]。また、作製者同士を比較した研究で今岡らは回復期リハビリテーション病棟の脳卒中片麻痺患者を対象に、発症から KAFO 作製期間が短いほど、FIM の改善が良好であったと報告している[7]。さらに、照屋らは脳卒中片麻痺患者の KAFO 完成までの期間が ADL と在院期間に及ぼす影響を調査した結果、KAFO を早期に作製した群は FIM 運動項目が有意に向上し在院期間が短縮していたと報告している[7]。すでに KAFO の早期作製が ADL や歩行自立度の改善と在院期間短縮に影響することは報告されているが[4–7]、これらの先行研究の対象者は KAFO の作製有無や作製期間にばらつきがある。つまり、治療や作製コンセプトの統一がされていないことが考えられる。本研究では作製期間の相違を除く入棟から KAFO 採型期間は両群で同様であり、かつ治療のコンセプト・方法は同様である。また両群ともに備品の KAFO を使用し、入棟早期から KAFO を使用した歩行トレーニングが行われている点で先行研究の検討とは異なると思われる。

本人用 KAFO は備品の装具と比較し、適合性の良さにより装着時に装具から伝わる力学的な効果が高く、立位・歩行練習などの運動療法において有用であると考えられている[9]。備品 KAFO の患者ごとの使用は体型に適したアライメントにならないことが多く、適合させるためにはパッドやカフの幅を調整するなどの工夫が必要であるが[10]、パッドやカフによる調整には限界あり、備品装具は本人用装具に比べ、医療関連機器圧迫創傷を発生しやすく[11]、不適合によるスキントラブルを引き起こす可能性が高いとされている[9]。本人用 KAFO の利点をより頻回に享受するためには早期に作製されることが望ましい。当院回リハ病棟ではデジタル画像技術を活用した装具採型方法導入後、従来群と比較して採型から本人用 KAFO 作製期間が 3 ～ 4 週間短縮された。従来は入棟から KAFO 納品までの期間に備品 KAFO を代用して立位・歩行練習を実施していた。備品 KAFO を使用している場合は複数の患者で同じ装具を使うため、自ずと使用制限が生じていた。さらに、患者ごとに備品 KAFO のフィッティングの調整を行うために練習時間が減少する可能性があり[5]、備品 KAFO の数に限りのある当院では理学療法介入中の立位・歩行練習時間が減少していた可能性があると考えられる。本人用 KAFO を早期に作製した場合、前述のような問題が解決するため早期作製群では KAFO を用いた立位・歩行練習の時間が増加した可能性がある。発症早期の脳卒中片麻痺患者を対象とした先行研究において、通常の理学療法に加えて歩行練習量を増加させた群は通常の理学療法を行った群と比較して、発症後 6 週後の下肢運動機能の向上や歩行自立度の早期向上が認められたと報告されている[12]。さらに、脳卒中片麻痺患者における歩行練習の頻度の増加は運動学習を促進し、歩行機能の改善が期待できるとの報告もあり[13]、歩行練習の量を多くすることが重要である[12,13]。デジタル画像技術を活用した装具採型方法導入によって KAFO 作製に要する期

間が短縮し、本人用 KAFO を独占的に使用できるという条件が歩行練習量の増加に寄与し、歩行自立度の向上を促した可能性があると考えられる。

早期作製群は従来群と比較して病棟での歩行練習が開始されるまでの期間が短縮していた。当院回リハ病棟では、病棟での介助歩行が可能と判断された患者には、看護師や介護士による日常生活での介助歩行を積極的に行っている。病棟歩行が開始されるまでの期間の短縮は、看護師や介護士による歩行練習およびトイレ移動などの日常的な歩行機会の増加をもたらし、理学療法以外の歩行練習量の増加に繋がったものと推察される。本人用 KAFO の利点として KAFO は AFO へ移行(カットダウン)した後も本人用の AFO として独占的に使用できることが挙げられる。理学療法および病棟内でも独占的に自分の体格に適した KAFO あるいは AFO を使用した歩行練習量を増加させることができた可能性があり、このことが歩行能力の向上に寄与したかもしれない。

本研究では在院期間の短縮も認められた。高木らは回復期リハビリテーション入棟後の脳卒中片麻痺患者を対象として、早期に本人用装具が作製された群と本人用装具の作製が遅延した群を比較した結果、早期に本人用装具が作製された群の在院期間が有意に短縮していたと報告している[14]。また、脳卒中患者における下肢装具の作製時期と在院期間の関連性を調査した先行研究では、在院期間の短縮と関連した因子として、発症から装具作製までの期間が挙げられており、本人用装具の早期作製が患者の身体機能向上、歩行機能向上を促し、在宅復帰に寄与したと考察されている[15]。本研究でも本人用 KAFO が比較的早期に作製された早期作製群の在院期間が短縮しており、先行研究を支持する結果となった。さらに、脳卒中片麻痺患者は歩行獲得の可否が在宅復帰に大きく影響する[16]。歩行介助量が軽減し、理学療法士以外の医療スタッフでも軽介助で歩行できる状態に早期に到達できれば、在宅復帰を想定する家族にとって退院後の歩行状態や歩行介助量を把握する上で非常に有益な情報になりうる。また、先行研究でも看護師による介助歩行練習を行ったことにより入院患者の運動自己効力感が改善したことが報告されている[17]。デジタル画像技術を活用した装具採型方法導入による早期の軽介助歩行の獲得は、歩行機会の増加や家族への情報提供、さらには早期の歩行介助量の軽減がもたらす本人の自信の回復といった側面で好影響を及ぼし、それらが相互的に作用し、在院期間の短縮に寄与したのかもしれない。

本研究にはいくつかの限界がある。一つ目は、後方視的研究のため、2 群における詳細な歩行練習および立位練習の実施時間や具体的な治療内容の把握ができず、その相違を検証することができなかった点である。本研究では理学療法実施単位数に群間で有意差は認められなかったが、理学療法実施時間内においてどれほど早期作製群では従来群より長く歩行や立位での練習を行っていたかは不明である。二つ目は、歩行機能向上に至った神経生理学的および運動学的機序が不明という点である。今後は備品 KAFO と本人用 KAFO を用いた場合に生じる、筋活動の変化や歩行中の関節角度の変化などについて、表面筋電図や動作分析装置を用いた詳細な検討が必要である。三つ目は、調査期間が短く、デジタル画像技術を活用した装具採型方法導入後の対象人数が少なかった点である。今後は十分に症例数を確保し、本人用 KAFO 作製に要する期間の短縮が歩行機能向上や在院期間に及ぼす影響についてより詳細に調査していく必要がある。四つ目は、当院での本人用 KAFO 作製期間の問題や備品 KAFO の使用制限は地域特性が高い点である。本人用 KAFO が短期間で作製される施設や備品 KAFO の使用制限がない環境では本研究と同じ結果になることは想定しがたい。

5. 利益相反

本研究の共同著者である W・I は株式会社パシフィックサプライに所属している。同社からの資金提供、医薬品や機器などの提供はない。W・I は研究データの解析、解釈に関して、影響力を行使できない状態で研究を進めた。

6. 結論

本研究では当院回リハ病棟入棟後の脳卒中片麻

痺患者を対象としてデジタル画像技術を活用した装具採型方法導入による本人用KAFO作製期間の短縮が、歩行自立度および在院期間に及ぼす影響を後方視的に調査した。その結果、早期作製群は歩行自立度が早期に向上し、在院期間が短縮していたことが明らかとなった。デジタル画像技術を活用した装具採型方法導入によるKAFO作製期間の短縮は歩行自立度を早期に高めることに貢献し、在院期間の短縮に寄与する可能性があると思われる。

引用文献

1）日本脳卒中学会脳卒中ガイドライン委員会：脳卒中治療ガイドライン2021．第1版：48−49，協和企画，東京，2021.
2）Yamanaka T, Akashi K, Ishii M : Stroke rehabilitation and long leg brace. Top Stroke Rehabil, 11(3): 6−8, 2004.
3）Hirano Y, Hayashi T, Nitta O, et al. : Prediction of Independent Walking Ability for Severely Hemiplegic Stroke Patients at Discharge from a Rehabilitation Hospital. J. Stroke Cerebrovasc, Dis. 25 (8): 1878−1881, 2016.
4）高島悠次，阿部浩明：重度片麻痺例における急性期からの長下肢装具作製が歩行および階段昇降の予後におよぼす影響．日本義肢装具学会誌，34(1)：52−59，2018.
5）栗田慎也，髙橋忠志：急性期病院での長下肢装具の作製が脳卒中片麻痺患者の回復期リハビリテーション病棟退院時の歩行能力に与える効果．理学療法科学，36(1)：41−45，2021.
6）今岡信介，佐藤浩二：発症から長下肢装具作製までの期間が身体機能およびADL能力に与える影響．日本義肢装具学会誌，32(4)：270−273，2016.
7）照屋渚，村井直人，新崎直和，他：長下肢装具完成までの期間の違いが脳卒中片麻痺患者のADL能力・在院日数に及ぼす影響．理学療法沖縄，16：24−27，2014.
8）田中周，武藤友和，吉田真一，他：脳卒中片麻痺患者における長下肢装具処方例でのカットダウン移行期間に影響を及ぼす入院時因子の検討．理学療法科学，32(6)：757−761，2017.
9）村山稔，加辺憲人：脳卒中片麻痺患者の長下肢装具を使用する訓練期間の予測．日本義肢装具学会誌，30(2)：91−95，2014.
10）狩野綾子，脳卒中の治療用装具はあり得るか．日本義肢装具学会誌，28 (2)：83−86，2012.
11）小川秀幸，西尾尚倫，牧野諒平，他：下肢装具による医療関連機器圧迫創傷に関連する要因．Jpn J Rehabil Med，58(7)：828−836，2021.
12）Kwakkel G, Wagenaar RC, Twisk JW, et al : Intensity of leg and arm training after primary middle-cerebral-artery stroke : a randomised trial. Lancet, 354 (9174): 191−196, 1999.
13）Veerbeek JM, Koolstra M, Ket JC, et al. : Effects of augmented exercise therapy on outcome of gait and gait-related activities in the first 6 months after stroke a meta analysis. Stroke, 42 (11): 3311−3315, 2011.
14）髙木聖，安藤直樹，中村優希，他：回復期リハビリテーション病棟における脳卒中片麻痺患者の下肢装具作製時期ならびに入院日数についての検討．日本義肢装具学会誌，28(2)：98−103，2012.
15）高木聖，石田典子，平野裕滋，他：脳卒中片麻痺患者の下肢装具作製時期に影響を与える要因についての検討．Jpn J Rehabil，47 (2)：120−128，2010.
16）二木立：脳卒中リハビリテーション患者が自宅退院するための医学的・社会的諸条件．総合リハビリテーション医学，11 (11)：895−899，1983.
17）Killey B, Watt E : The effect of extra walking on the mobility, independence and exercise self-efficacy of elderly hospital in-patients: a pilot study. Contemp Nurse, 22 (1): 120−133, 2006.

Abstract:

Objective : The Central Knee-Ankle-Foot Orthosis System（CK）, developed by Kawamura Gishi Co Ltd, Japan, is a system that fabricates a knee-ankle-foot orthosis（KAFO）based on lower limb measurements and digital imaging. We have introduced the CK into our convalescent rehabilitation ward for fabrication of a custom-made KAFO for patients with hemiplegia due to stroke, resulting in shortening of fabrication period.

In the present study, we aimed to investigate the impact of a reduced fabrication period of a KAFO using the CK on walking independence.

Subjects and Methods : This study included 21 stroke hemiplegia patients who had been admitted to our convalescent rehabilitation ward between October 2018 and October 2022, whose custom-made KAFOs were fabricated using the CK or the conventional method. They were divided into the CK group（n = 6）or the conventional group（n = 15）, based on the method used for KAFO production. We retrospectively investigated the following parameters in both groups: duration to achieve walking with minimal assistance; duration until the start of walking practice; and length of hospital stays.

Results : The CK group showed significantly lower values（p<0.01）than the conventional group across all three parameters.

Conclusion : Reduction in KAFO production duration by the CK might contribute to early recovery of walking independence and shortened hospital stay.

Key words: stroke, knee-ankle-foot orthosis, convalescent rehabilitation ward

◎原著

半側空間無視に対する没入型バーチャルリアリティを用いた評価システムの最小可検変化量の検証

Validation of the minimum detectable change of an evaluation system using immersive virtual reality for unilateral spatial neglect.

川口俊太朗[1]，江見翔太[1]，安田和弘[2,3]

要　旨

3D Ball Test は没入型バーチャルリアリティ（iVR）を用いて、近位空間と遠位空間の両空 間の無視症状を同時に評価できるように開発されたシステムである。これまで我々は本システムの開発、および有用性・相対信頼性について検証しているが今回、引き続き Bland Altman 分析を用いた 3D Ball Test の Minimal Detectable Change（MDC）の算出を目的とした計測を行ったので報告する。対象者は、当院の回復期リハビリテーション病棟に入院中の半側空間無視症状が認められる脳卒中患者 12 名（65.5 ± 12.5 歳）とした。結果、3D Ball Test には系統誤差が存在しないことが確認され、MDC は近位空間で 0.40 m^2、遠位空間で 1.12 m^2 と空間ごとに異なっていた。本研究により iVR を用いた半側空間無視評価システムの MDC が算出され、個々の患者の変化スコアを解釈することが可能となった。

キーワード：脳卒中、半側空間無視、没入型バーチャルリアリティ、評価、MDC

1．はじめに

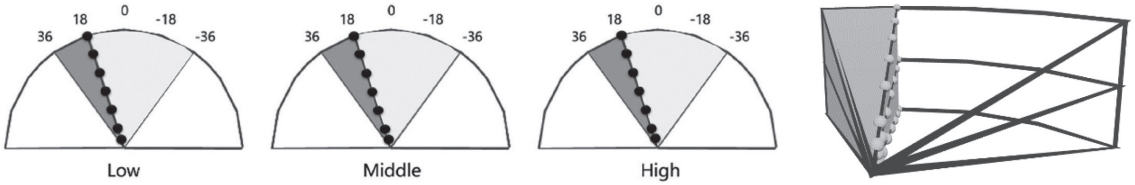
半側空間無視（以下、Unilateral Spatial Neglect：USN）は病巣と反対側の刺激を報告すること、反応すること、向くことの障害であると定義されている[1,2]。また USN は機能的転帰の悪化や日常生活活動と関連することが報告されており[3–5]、運動機能回復にも悪影響を及ぼす可能性がある[6]。そのため、USN による無視症状を正しく判定することは非常に重要となる。

USN の発生率は 10 ～ 80% とばらつきがあることが報告されているが[7]急性期においては 70 ～ 80% 程度と高頻度で出現すると言われている[8]。また USN は、多種多様な症候群であり自分の身体を中心に無視側を無視する身体中心無視や物体を中心に無視側を無視する物体中心無視が存在する。また手の届く範囲（以下、近位空間）と手の届かない範囲（以下、遠位空間）で異なる症状を呈することが知られており、USN 患者の 28 ～ 47% で近位空間のみの無視が存在し、24 ～ 28% で遠位空間のみの無視が出現することが明らかになっている[9–11]。

USN の標準的な臨床評価は、行動性無視評価試験（以下、Behavioural inattention test：BIT）を中心とした紙と鉛筆を使用した評価法が広く用いら

1）：苑田会ニューロリハビリテーション病院 リハビリテーション科
2）：東京保健医療専門職大学 リハビリテーション学部
3）：早稲田大学理工学術院総合研究所

投稿日：2024 年 4 月 25 日　　採択決定日：2025 年 1 月 10 日　　公開日：2025 年 3 月 31 日



A　視線の高さ別 2D マッピング　　B　無視領域の 3D マッピング

図 1　3D ball Test の評価結果

A は、グレー部分が無視領域、白の部分が認知領域
B は、グレー部分が無視領域、白の部分が認知領域

れている。しかし、この評価法にはいくつかの制限がある。①評価できる空間が近位空間の小さなスペースに限定される。②検査に多くの時間を要す。③手作業による分析が必要である。これらの制限は、USN 発生率のばらつきの一因になっているだけでなく、遠位空間も含めた実空間を想定した評価ができておらず、臨床評価と生活場面の USN 症状との乖離を引き起こす可能性がある [12,13]。

上述した問題を解決するために、我々は没入型バーチャルリアリティ（以下、immersive Virtual Reality：iVR）を用いた USN 評価システム（以下、3D Ball Test）の開発を行った。iVR とは、専用の Head Mount Display（以下、HMD）を装着し視界の 360° を覆い、ユーザーが限りなく現実に近い 3 次元空間にいるかのような体験を可能とする技術である。

3D Ball Test では、この技術を応用し、近位空間・遠位空間の異なるエリアに加え、上下方向の USN 症状を同時に描写し、無視領域を 3 次元空間内でマッピング（**図 1**）が可能となっていた [14–16]。本評価システムは、iVR を用いることで視覚的な情報量を限定できることや、簡単な受け答えのみで評価できるようにし、その他の高次脳機能障害や認知機能障害の影響を受けにくくなるよう配慮した。さらに、およそ 5 分以内で評価が可能であり、その結果をコンピューター上で解析することができる。

3D Ball Test は、我々が新たに開発した評価システムであり、すでに 3D Ball Test と BIT、CBS との相関関係について検討を行っている [17]。しかし、相対信頼性は複数の測定値間の一致の程度についての情報は得られるが、それらの測定値が内包する誤差の量や種類に関する情報を得ることはできない [18]。臨床現場では、計測結果が誤差の範囲か真の変化かを判断することは、非常に重要である。そのため、本研究の目的は 3D Ball Test の最小可検変化量（以下、Minimal Detectble Change；MDC）を検証することとした。

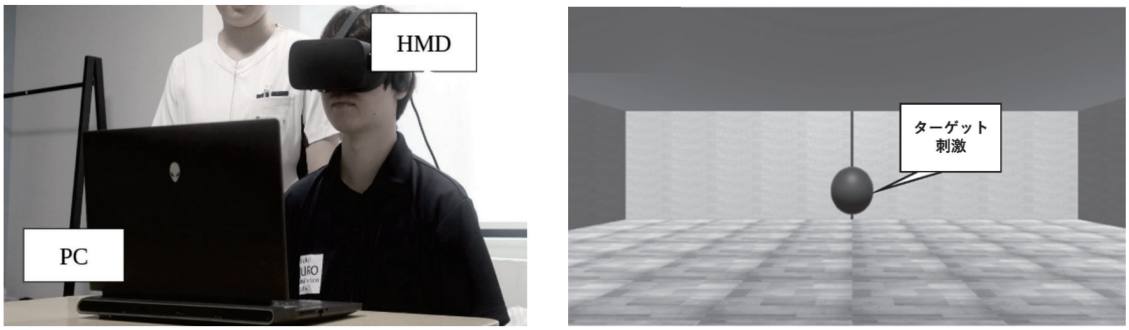
表 1　患者属性

No	年齢	性別	発症後期間	病型	BIT	MMSE
1	80	M	111	CH	80	26
2	77	M	65	CI	110	26
3	61	F	175	CI	52	28
4	70	M	143	CI	136	18
5	54	F	31	CH	142	27
6	83	M	106	CH	27	13
7	87	M	83	CI	133	16
8	71	M	43	CH	67	30
9	52	M	104	CH	61	29
10	54	M	53	CH	78	15
11	71	F	30	CI	116	27
12	44	M	109	CH	138	30

2.　対象および方法

2–1　対象

対象は、回復期リハビリテーション病棟に入院しており研究の協力が得られた脳卒中患者 12 名（65 ± 12.5 歳）とした。発症後期間は、82.6 ± 44 日、平均 BIT スコアは 97.5 ± 37.3、平均 MMSE スコアは 23.7 ± 4.9 であった。対象者の属性やその他の高次脳機能評価については**表 1** に示す。選択基準としては紙面上、日常生活における USN 症状を認める患者を取り込むため各評価のカットオフ [19,20] を参考に以下に設定した。ｉ）画像所見



A　計測風景　　B　3D Ball Test で使用される仮想空間

図 2　計測風景、3D Ball Test の仮想空間

上、右大脳半球に病巣が認められるもの、ⅱ）線分二等分試験で無視症状が認められるもの、ⅲ）Catherine Bergego Scale（以下、CBS）観察法にて減点項目があるもの、ⅳ）発症後 1 カ月以上のものとした。除外基準はⅠ）同名半盲のもの、Ⅱ）著明な視力低下により評価が困難なもの、Ⅲ）VR 酔いによる気分不快の訴えがあるものⅣ）研究に同意が得られなかったもの、Ⅴ）眼球運動麻痺等により追視が困難なもの、Ⅵ）研究内容および実施手順を理解できなかった者とした。

2-2　使用機器

本装置は、HMD Oculus Rift（Oculus Rift, Oculus VR, LLC.United States ）、PC から構成される。VR 空間はソフトウェア（Unity, Unity Technologies, United States）を用いて独自開発されたものを使用した（図 2）。

2-3　評価システム

本システムでは、患者からの距離に応じた無視の程度を測定することを目的として以下を考慮した。

1）同心円状にオブジェクトを配置

距離に応じた無視の有無を調べることを目的とするため、オブジェクトの出現位置を患者から等距離に配置する必要がある。また、無視症状を定量化するため矢状軸を中心とした水平面上にオブジェクトを配置する必要がある。そこで 格子点上にオブジェクトを表示する。

2）出現座標の設定

近位空間と遠位空間の両方を調べる必要があるため、本システムでは手の届く 0.5 m と 1.0 m を近位空間、手の届かない 3.0 m と 6.0 m を遠位空間と定義し、それぞれの距離にオブジェクトが出現するようにした。また重症度の評価のため頭部を中心とし、左右にそれぞれ 45° の範囲にオブジェクトが表示され、分解能を 18° としてオブジェクトを表示した。また、High/Middle/Low の 3 種類の高さごとに無視領域の違いを評価するために異なる 3 種類の平面上にオブジェクトが提示されるようにした。6 m の位置でオブジェクトの高さが 1.6 m になるように設定した平面を High、高さが 1.2 m になるように設定した平面を Middle、高さが 0.8 m の位置になるように設定した平面を Low とした（図 3）。

3）オブジェクトのランダム表示

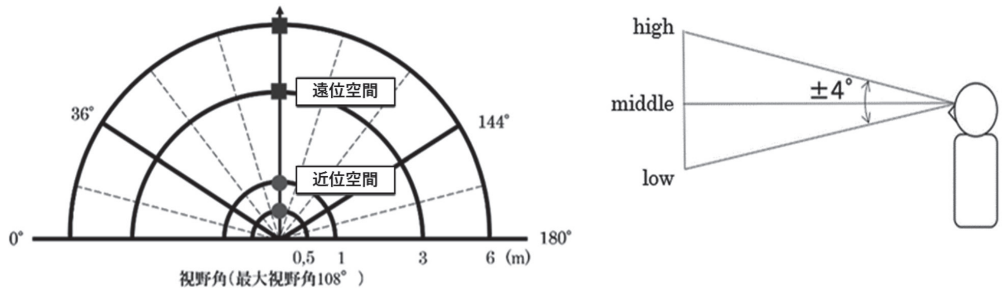
物体の移動による視覚誘導が症状の改善につながることがわかっている。そのため、この視覚誘導の要素を排除するため、物体を一つずつランダムな位置に表示する。

4）無視症状の評価

無視領域は、チェックされた位置とチェックされなかった位置を境界として行う。

無視の重症度に関しては面積を用い定量化した。評価する領域の総面積は、近位空間 7.41 m^2、遠位空間 59.34 m^2 の計 66.75 m^2 とした。

面積は、対象者の視点位置と無視領域境界の 3 点の座標から以下の式を用い算出した。



A　視野角（左右）　　B　視野角（上下）

図 3　3D Ball Test の視野角

$$面積 = \frac{1}{2\,|(x1-x3)(y2-y3)-(x2-x3)(y1-y3)|}$$

今回は、High/Middle/Low の総面積を用い MDC の解析を行った。

2-4　評価方法及び手順

USN 症状を有する脳卒中患者 12 名を対象に同一検者で一日空け計 2 回測定を行い、計測を行った。評価は検者 2 名で行い、1 名は患者への指示とシステムの操作、1 名は対象患者の頭部が動かないようにサポートした。頭部の固定は画面奥の壁に表示される中心線を基準として中心線が偏位しないように PC モニターにて HMD 内の映像をモニタリングしながら評価した。上記の方法でも頭部の固定が困難な患者がいれば本人・家族に了承を得た上でヘッドレスト付き車椅子を使用して、ヘッドレストと徒手にて頭部の固定を行った。検者は規定した位置に対象患者を座らせ HMD を装着し、視線位置のキャリブレーションを行う。VR 空間内でランダムな高さ・距離に表示されるオブジェクトを正確に捉えられているかを口頭で確認し「はい」もしくは「いいえ」で回答させた。10 秒以上探索しても発見できない場合は、認識できていないと判断し処理した。なお、学習効果を考慮して結果のフィードバックは本研究の全行程終了時に行うものとした。

2-5　研究手順及び統計処理

座標情報は自動で PC に記録され、得られたデータを解析して評価した。近位空間と遠位空間をそれぞれの無視量を m^2（高値：無視が重症）で表し、各々の測定結果を比較検討した。

表 2　3D Ball Test の空間別 SEM、MDC

	SEM	MDC
近位空間（m^2）	1.7	11.2
遠位空間（m^2）	3.5	23.1
両空間合計（m^2）	4.2	27.1

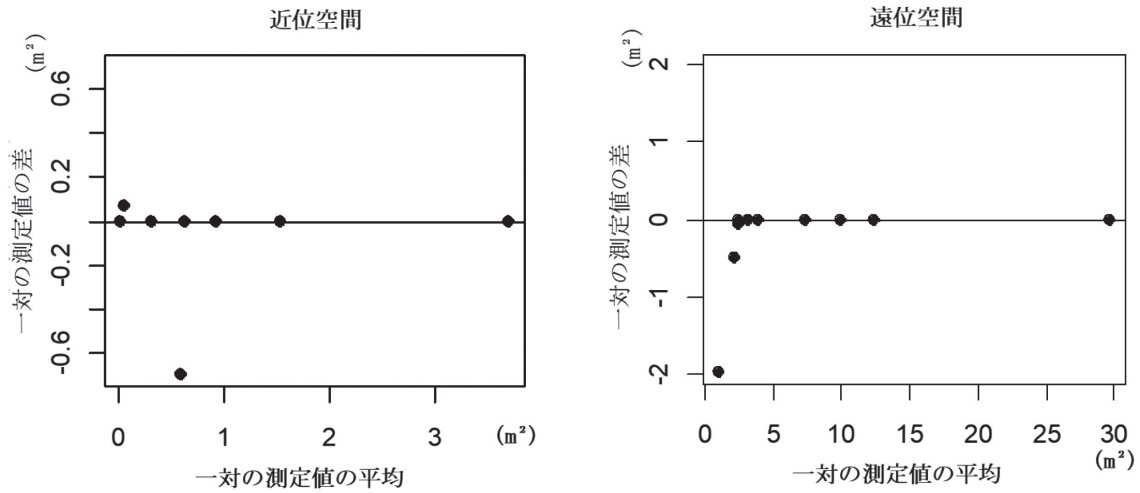
MDC の算出は、Bland Altman 分析を行った。二つの測定値間の差を y 軸、二つの測定値の平均を x 軸とする Bland Altman plot を作成し、系統誤差である加算誤差、比例誤差の有無を検討した。加算誤差は、測定値の差の平均の 95% 信頼区間を算出し、この区間が 0 を含まない場合、正負いずれかの固定誤差が存在すると判断した。比例誤差は回帰分析を行い有意性の有無を確認し判断した。本研究は系統誤差も認められなかったため、測定誤差（standard error of the mean：SEM）= SD ／ $\sqrt{n}$）から MDC（式 MDC = SEM*1.96*1.41）を求めた。

2-6　倫理的配慮

倫理的配慮として、対象者には目的と方法について、文書と口頭にて説明を行い、研究の参加に対する同意書を得た。なお、本研究は苑田会倫理審査委員会（承認番号 114 号）と早稲田大学倫理審査委員会の承認を受け実施した。

3.　結果

全ての被検者は 3D Ball Test を完遂し、脱落者はいなかった。また計測時間は、5 分程度であり VR 酔い等の有害事象はなかった。MDC は、近位



A　近位空間の Bland Altman plot　　B　遠位空間の Bland Altman plot

図 4　空間別 Bland Altman plot

空間で 0.40 m^2、遠位空間で 1.12 m^2 であった。MDC の結果は**表 2**、Blan-Altman plot は**図 4** に示す。

4. 考察

我々は、iVR を用いて近位空間と遠位空間の USN 症状を同時に評価することができる 3 次元的な評価システムを報告した。3D ball Test の特徴は、無視症状を立体的に描出できる点および従来の紙面上の評価と比較し簡便であり患者に対する計測の負担が低いことである。脳卒中発症早期は、全身状態の不安定であり、意識障害や様々な高次脳機能障害により従来の紙と鉛筆を使用した評価が困難なケースも多い。しかし、3D Ball Test は iVR により外界の視覚情報を遮断し 3 次元空間内に没入させることができるため、評価に集中しやすい環境を作り出すことができる。加えて、従来の評価手法では、正確に評価を行えない近位、遠位空間の USN 症状を捉えることを可能とした

本研究では、我々が開発した 3D Ball Test の MDC を検証するため、USN 症状を有する脳卒中患者 12 名を対象に同一検者で一日空け計 2 回測定を行い、計測結果を Bland Altman 分析で解析した。

結果として、系統誤差は存在しないことが確認された。MDC は、近位空間で 0.40 m^2、遠位空間で 1.12 m^2 であった。絶対的信頼性は誤差の種類の有無、そしてその範囲を統計学的に推定することであり、研究家あるいは臨床家としての意思決定の手段として用いることができる。MDC が明らかになったことは、個々の患者の変化スコアを解釈するのに重要な知見である。

研究限界として、半側空間無視は覚醒状態の影響[21]や日差変動が起こることも想定される。しかし、本研究では覚醒状態や日差変動に対する配慮ができていないため結果が過大もしくは過少な数値になっている可能性がある。今後の課題として MDC は、患者に発生した変化の量が測定誤差を超えているかどうかを判断するために知る必要がある重要な特性だが、変化が臨床的に意味のあるものかどうかを知ることはできない。そのため、サンプルサイズを増やし 3D Ball Test の臨床的に意義のある最小変化量 Minimal Clinically Important Difference を検証していきたいと考えている。

5. 結論

本システムは、VR 酔いなどの有害事象もなく、臨床現場で安全に活用可能であることを示唆された。研究結果より iVR を用いた 3D Ball Test の

MDC が明らかとなった。これは、3D Ball Test を用いた USN 症状の変化を解釈する一助となる。

6. 利益相反

開示すべき利益相反はない。

文献

1）Heilman, K M.: Disorders of visual attention, Bailliere's Clinical Neurology, 2(2): 389−413, 1993.

2）石合純夫：失われた空間―半側空間無視を考える―, 高次脳機能研究, 34 (3)：273−280, 2014.

3）Appelros, P. Karlsson, GM. Seiger, A. Nydevik, I.: Neglect and anosognosia after first-ever stroke: incidence and relationship to disability, Journal of rehabilitation medicine, 34: 215−220, 2002.

4）Jehkonen, M. Laihosalo, M. Kettunen, JE.: Impact of neglect on functional outcome after stroke: a review of methodological issues and recent research findings, Restorative Neurology and Neuroscience, 24: 209−215, 2006.

5）Vossel, S. Weiss, PH. Eschenbeck, P. Fink, GR.: Anosognosia, neglect, extinction and lesion site predict impairment of daily living after right-hemispheric stroke, Cortex, 49: 1782−1789, 2013.

6）Chen, C. Leys, D. Esquenazi, A.: The interaction between neuropsychological and motor deficits in patients after stroke, Neurology, 80: 27−34, 2013.

7）Bowen, A. Hazelton, C. Pollock, A. Lincoln, NB.: Cognitive rehabilitation for spatial neglect following stroke, Cochrane Database of Systematic Reviews, 7: 2013.

8）杉原勝宜, 新舎規由, 田谷勝夫, 石神重信：特集 半側空間無視リハビリテーション, 総合リハビリテーション, 29：23−28, 2001.

9）Yuehong, Yue. Weiqun, Song Huo. Maobin, Wang.: Study on the Occurrence and Neural Bases of Hemispatial Neglect With Different Reference Frames, Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 93(1): 156−162, 2012.

10）Previc, FH.: The neuropsychology of 3-D space, Psychological Bulletin, 124(2): 123−164, 1998.

11）N, Van der, Stoep. T, C, W, Nijboer. S, Van der, Stigchel.: Multisensory interactions in the depth Plane in front and rear space: A review, Neuropsychologia, 70: 335−349, 2015.

12）Perez-Marcos D, Ronchi R, Giroux A, Brenet F, Serino A, Tadi T, Blanke O. An immersive virtual reality system for ecological assessment of peripersonal and extrapersonal unilateral spatial neglect. J Neuroeng Rehabil. 20(1): 20−33, 2023.

13）Ogourtsova T, Souza Silva W, et al.: Virtual reality treatment and assessments for post-stroke unilateral spatial neglect: A systematic literature review. Neuropsychol Rehabil. 27: 409−454, 2017.

14）加藤 遼一, 萩原 晨功, 安田 和弘, 川口 俊太朗, 他：没入型仮想現実による半側空間無視評価システムの構築. 第34回ライフサポート学会大会 LIFE2018. OS2−4, 2018.

15）K, Yasuda. D, Muroi. M, Ohira. H, Iwata.: Validation of an immersive virtual reality system for training near and far space neglect in individuals with stroke, a pilot study, Topics in Stroke Rehabilitation, 24(7): 533−538, 2017.

16）S, Kawaguchi. K, Yasuda. T, Kobayashi. S, Emi, et al.: Clinical assessment of immersive virtual reality system to evaluate near and far space neglect in individuals after stroke, a case report, ISPRM, 2019.

17）廣瀬久美子, 安田和弘, 川口俊太朗, 岩田浩康：没入型バーチャルリアリティを用いたUSN評価システムとBIT・CBSとの関連性の検討. 第6回 日本リハビリテーション医学会秋季学術集会 2022.

18）下井俊典：評価の絶対信頼性. 理学慮違法科学26(3)：451−461, 2011.

19）Bergego, C, Azouvi. P, Samuel, C. et al.: Validation d'une échelle d'évaluation fonctionnelle de l'héminégligence dans la vie quotidienne. l'échelle CB. Annales de Réadaptation et de Médecine Physique, 38(4): 183−189, 1995.

20）石合純夫：半側空間無視を解決する―BITからdeep testへ―. 高次脳機能研究, 24(3)：232−237, 2004.

21）Funk, J., Finke, K., Müller, H. J., et al.: Systematic biases in the tactile perception of the subjective vertical in patients with unilateral neglect and the influence of upright vs. supine posture. Neuropsychologia, 48 : 298−308, 2010.

Abstract:
The 3D Ball Test is an immersive virtual reality (iVR) system developed to simultaneously assess unilateral spatial neglect in both near and far space. Following the development of this system, we have previously verified its usefulness. We now report on the measurement of the Minimal Detectable Change (MDC) of the 3D Ball Test using BlandAltman analysis. The subjects were 12 stroke patients (65.5 ± 12.5 years old) with unilateral spatial neglect who were admitted to the Recovery Rehabilitation Unit of our hospital. The results confirmed that there was no systematic error in the 3D Ball Test, and the MDC was 0.40 m^2 in the near space and 1.12 m^2 in the far space, which differed from space to space. The MDC of the iVR-based unilateral spatial neglect assessment system was calculated in this study, allowing interpretation of the change scores for individual patients.

Key words: stroke, unilateral spatial neglect, immersive virtual reality, evaluation, MDC

Journal of Assistive Technology in Physical Therapy　p.74~83

◎原著

AI 技術を用いた片麻痺歩行の定量的歩行パターン評価の妥当性に関する研究

Research on the validity of quantitative gait pattern evaluation of hemiplegia gait using AI technology.

岡本渓良[1]，昆 恵介[2]，加藤士雄[3]，春名弘一[3]

要　旨

【背景】理学療法による片麻痺歩行の歩行再建において、歩行パターンの定量的評価は重要な観点である。しかし、従来の大掛かりな計測器を活用した評価方法では環境・時間等の課題により、臨床現場における習慣的な歩行パターン評価を実施するには、障壁があると言われている。そこで、片麻痺歩行の定量的歩行パターン指標を比較的簡便に評価するため、カメラ 1 台と AI アプリケーションによる方法を考案した。しかし、本システムで算出される歩行の時空間的パラメータを用いた左右対称性比率（Symmetry Ratio：以下、SR）は片麻痺歩行の歩行パターンを反映する指標としての妥当性は確認されていない。

【目的】片麻痺歩行の定量的歩行パターン評価として SR の妥当性を検討した。

【方法】片麻痺患者 15 例を対象に理学療法士 11 名が採点した Gait Assessment and Intervention Tool（以下、G.A.I.T）を目的変数、AI アプリケーションを用いて算出した歩幅 SR、単脚支持時間 SR、立脚時間 SR、両脚支持時間 SR を説明変数とした重回帰分析を実施した。歩幅 SR と立脚時間 SR による予測値と GAIT との級内相関係数 ICC（3,1）を算出した。

【結果】重回帰分析の結果から、歩幅 SR と立脚時間 SR は説明変数として有意性が認められ、調整済み決定係数からは GAIT を約 80％説明できる予測式であることが判明した。残差標準偏差は 1SD ± 7.6％であった。また、ICC（3,1）の結果は 0.91 であった。

【結論】SR は G.A.I.T と非常に高い統計学的信頼性が認められたことから、SR が片麻痺歩行の歩行パターン評価として高い妥当性を有することが示唆された。しかし、残差標準偏差の結果から対象者ごとの結果にばらつきが大きいことが判明し、その原因は G.A.I.T 評価表に記載がない逸脱動作を認めた場合や体幹の代償運動出現が多い場合であると考えられた。つまり、歩行の時空間パラメータの SR は下肢の逸脱動作を反映している可能性が示唆された。今後は各 SR に影響を与える身体機能や歩行パフォーマンスとの関係性を模索し、SR の臨床的意義をより深める必要があると考えられた。

キーワード：脳卒中、歩行パターン評価、妥当性

1）：社会医療法人 医仁会 中村記念南病院　医療技術部 リハビリテーション部門 理学療法科
2）：北海道科学大学 保健医療学部 義肢装具学科
3）：北海道科学大学 保健医療学部 理学療法学科

投稿日：2024 年 9 月 30 日　　採択決定日：2025 年 1 月 19 日　　公開日：2025 年 3 月 31 日

1. はじめに

脳卒中片麻痺者に対するリハビリテーションにおいて、理学療法では歩行障害の改善を図る介入を担うことが多い。歩行再建のためには片麻痺患者の歩行における問題点を適切に評価する必要があり、その評価指標には経過間での比較や療法士同士の共有などにおいて、定量的尺度を用いた評価指標が望まれる[1)]。

一般的に歩行障害は歩行パフォーマンス障害と歩行パターン障害に大別され、歩行パフォーマンスとは特に速度、持久力などが構成要素[2)]となる。特に歩行速度に関して、先行研究によって転倒リスク[3)]や活動範囲[4)]、QOL[5)]との関連性が明らかになっており、生活に直結する移動機能そのものを指していることから社会的意義は高い。歩行パフォーマンス評価には、歩行速度や6分間歩行試験に代表される歩行耐久性があり、ストップウォッチや脈拍などの計測によって比較的簡便に評価することが可能である。対して、歩行パターン障害は、歩行運動の運動学的な特徴を示す指標であり、歩容を意味している。脳卒中片麻痺者の歩容の特徴は、左右の非対称性であり、対称性には時間的対称性と空間的対称性がある[2)]。時間的対称性は歩行周期における左右の対称性を指す。空間的対称性は歩行運動で生じる左右の位置関係を指し、歩幅や関節角度などを用いて算出することができる[2)]。歩行パターンの重要性について、先行研究では筋活動や関節運動に左右差が生じている群では歩行速度が有意に低下していることが示されている[2)]。また、非対称的な歩行パターンを行う片麻痺者は転倒リスク[6)]や2次的障害のリスクが高く[7)]、長期的に歩行速度の低下[8)]に影響することが示されている。加えて、非対称的な歩行パターンは代謝コストや関節モーメントの増大[9)]にも関係することが示されている。その他の先行研究[10,11,12)]では、歩行の時空間パラメータの対称性と対象者の身体機能や臨床的歩行機能評価、静的立位時の麻痺側荷重量との関係性について検討しており、時空間パラメータの対称性を評価指標として用いることの重要性が示されている。しかし、いずれの研究方法においても関節角度や歩幅などの歩行パラメータ取得のためには3次元動作解析をはじめとした大掛かりな計測装置を必要とし、臨床において習慣的かつ簡易的な評価を行うには環境的・時間的な制約が多い[13)]。

そこで我々は、これらの課題を解決するためにAI技術を活用したシステムによる歩行パターン評価を考案した。AI技術は機械学習によってヒト骨格を識別・認識することで、非拘束・非接触にて歩行の時空間データを算出することが可能である。AI技術を利用するメリットは広い実験室環境が不要であり、準備物が少ない点である。このAIアプリケーションではヒト骨格の認識から、左右の踵およびつま先の接地と離地を検出することで歩行の時空間パラメータを算出することが可能となる。本研究では、これらのパラメータを使用して対称性比率(Symmetry Ratio：以下、SR)を求めることで、臨床現場で広く活用されている観察的歩行評価と同様な評価として活用することができるのではないかと仮説を立てた。しかし、歩行の時空間パラメータの対称性を片麻痺患者の歩行パターン評価として使用する妥当性については、十分検討されていない。そこで今回、臨床現場で日常的に行われている観察的歩行評価とSRを比較し、SRの歩行パターン評価としての妥当性を検討することを目的とした。

2. 対象および方法

2-1 SRと比較するための評価尺度

SRの妥当性検証のためには、片麻痺歩行の歩行パターンを定量的に表す基準となる指標が必要である。片麻痺歩行の観察的歩行評価の一つとしてGait Assessment and Intervation Tool(以下、G.A.I.T)があり、妥当性や包括性に優れていることから比較対象の基準として選択した[14,15)]。G.A.I.Tは1歩行周期全体について4項目、立脚相について14項目、遊脚相について13項目の計31項目で評価される。各歩行相のある瞬間に対応した上下肢体幹の空間運動的異常を段階的(0～1、3)に採点したものである。全31項目が加点方式であり、0点はいわゆる健常な歩容と近いことを示し、点数が上がるにつれて正常と比較して逸脱した運動が多いことを示す。

妥当性を判定する方法について、本研究の妥当

性は一般化可能性の観点に該当すると考えられ、この場合の分析手法として信頼性[16]が挙げられている。よって、SRを片麻痺歩行の定量的歩行パターンとして位置付けるための妥当性検証のためには適切な外部基準モデル(G.A.I.T)との信頼性を検証する必要があると考える。

2-2　対象

対象は回復期リハビリテーション病棟に入院歴のある脳卒中発症後片麻痺を呈した15名(平均年齢68.2 ± 11.8歳 男性10名 / 女性5名)とした(**表1**)。対象者は一側大脳半球内の発症で、杖や装具使用の有無は問わず、FAC(Functional Ambulation Categories)4点以上の歩行機能を有している者とした。対象者の除外基準としては、既往歴に整形外科疾患(変形性膝・股関節症等)を有する者、重度の認知機能低下や高次脳機能障害により研究内容の理解が得られない者とした。対象者の歩行条件は**表2**に示した。

表1　対象者の基本情報

基本情報	統計量
年齢（歳）	68.2 ± 3.1
身長［cm］	160.8 ± 1.7
体重［kg］	61.4 ± 3.1
性別（男性：女性）	10：5
病巣（右：左）	7：8
下肢 Brunnstrom Stage	Ⅴ（Ⅳ－Ⅴ）
歩行率［歩 / 分］	83.6 ± 4.0
歩行速度［m/ 秒］	0.6 ± 0.1
歩行比［歩幅 / 歩数 / 分］	0.005 ± 0.0003

平均値±標準偏差
中央値（四分位範囲）

2－3　方法

本研究で使用したAIアプリケーションによる歩行評価システムのハードウェアは、Windows PC1台とAI搭載エンジン1台、LANケーブルである。AI開発キット(NVIDIA® Jetson™ TX2)はLANケーブルでPCと接続させ、通信を行った。Windows PCには、独自に開発したAIアプリケーションを搭載している(**図1**)。なお、本アプリケー

表2　対象者の歩行条件

対象者	杖の使用	装具の使用
A	無	無
B	無	無
C	無	無
D	T字杖	無
E	無	無
F	4点杖	無
G	無	無
H	無	無
I	無	無
J	無	オルトップ®AFO
K	4点杖	金属支柱付き短下肢装具（底背屈0°固定）
L	無	無
M	T字杖	Shoehorn brace（SHB）
N	T字杖	Shoehorn brace（SHB）
O	無	無

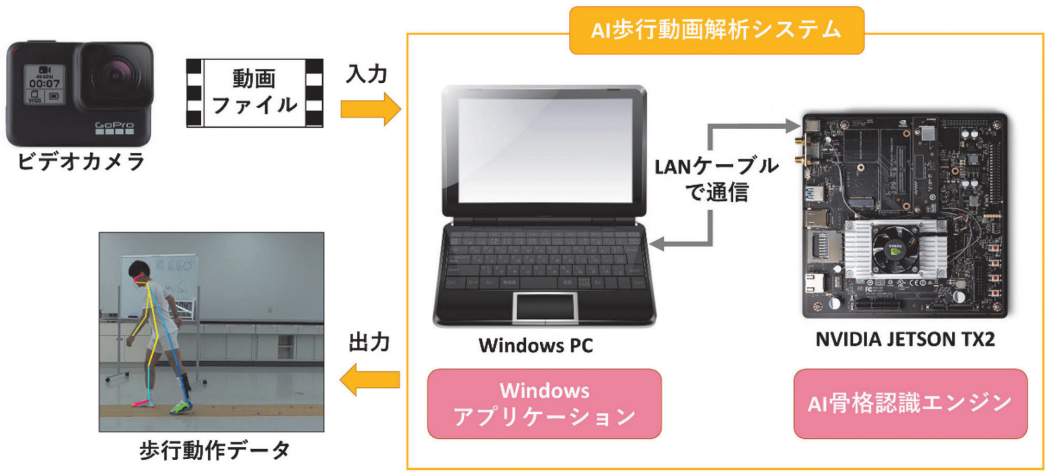


図1　AIシステムの構成

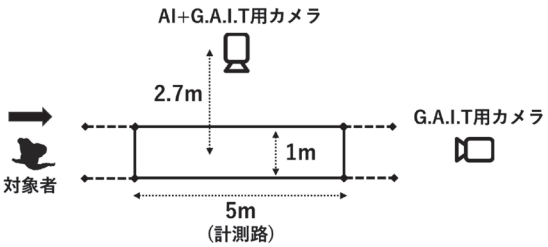


図２　計測環境（水平面上方から）

ションは先行研究[17]にて歩幅の精度検証を実施しており、実測値との計測誤差平均4.7 ± 11.4 mm、寄与率0.99の計測精度を有していることが判明している。

計測環境（図２）は、助走路を含めた歩行路10 mとして計測区間は中央5 m（幅1 m）とした。ビデオカメラ（GoPro HERO7 Go Pro, Inc社）の設置位置は、矢状面および前額面に1台ずつ設置した。矢状面上のカメラは床から2.3 mの高さで歩行路中央から2.7 m離れた位置に固定した。前額面上のカメラは床から0.6 mの高さで椅子に固定した。

キャリブレーションには歩行路の長さと幅の距離情報が必要とされる。そのため、基準点は計測区間の四つ端外側にカラーテープを直角に貼り、カラーテープ内側にできる交差点とした。ビデオカメラは重さ100 gであり、フレームレートは60 fps、画質は1440 dpi（1920 × 1440）、アスペクト比（横：縦）は4：3とした。視野角は広角設定を無効とし、シャッター速度の調整や露出補正、色温度調整、映像のコントラスト設定、音質の設定などの設定が変更可能なProtune設定はオフとした。

対象者にはあらかじめ、観測肢（麻痺側の上下肢）の関節の動きがカメラに映りやすいよう上衣を下衣の内側に入れ、下衣の上端は骨盤帯（上前腸骨棘から上後腸骨棘）に掛かるように修正した。また、観測下肢の膝関節および足関節はカメラに映りやすいよう衣類を修正した。歩行条件の説明は「最も歩きやすい快適な速度」で歩くよう説明し、試行回数は1往復のみとした。歩行路を直進できるように歩行路の中心線延長上には目視で確認できる椅子を用意した。往路と復路ともに椅子へ向かって歩くよう説明した。なお、計測は全て著者が行った。

2-4　SRのデータ処理について

SRデータを出力するためには矢状面上の歩行動画1往復分を用いた。なお、本AIアプリケーションは、歩行動画の上にグラフィックとして踵およびつま先の接地位置とタイミングが描写されており、AIによる踵およびつま先の誤認識があるデータは目視で修正できる設計となっている。解析完了後に出力された歩行パラメータ（平均化された左右の歩幅と左右の単脚支持時間、左右の立脚時間、左右の両脚支持時間）はCSVファイルにてExcel上に出力し、式(1)に基づいてそれぞれのSRを算出した。式(1)の分子には各パラメータの左右値のうち最小値とし、分母は最大値とした。つまり、値が0% に近ければ近いほど値が非対称的であることを示しており、100% に近ければ近いほど左右の値が対称的であることを表す。ここでは、小数点第1位までを採用し、小数点第2位は四捨五入した。

$$\text{Symmetry Ratio}[\%] = \left(\frac{\text{左右のうち最小値}}{\text{左右のうち最大値}}\right) \times 100 \qquad (1)$$

2-5　G.A.I.Tのデータ処理について

G.A.I.T評価は矢状面および前額面の1往復分の歩行動画をあらかじめPowerPoint上にまとめ、採点担当者は動画を視聴しながら採点した。G.A.I.T評価表は資料[14,18]を参考に著者がExcel上に日本語で作成したものを用いた。採点は理学療法士11名（平均経験年数6.7 ± 5.2年）が担当した。採点には時間制限を設けずに行った。G.A.I.Tは、靴を着用するか否かで最高点（満点）が変わってしまうため、式(2)に基づいて得点率を計算後、理学療法士11名の採点のうち中央値を代表値とした。式(2)によって求められる指標は、本来のG.A.I.Tとは異なる意味合いのため、本論文では式(2)によって処理された指標は以後GAITと表記する。式(2)より、0% に近ければ近いほど正常歩

行パターンと比較して逸脱した関節運動が多いことを示し、100% に近ければ近いほど正常歩行パターンに近い関節運動が生じていると解釈される。ここでは、小数点第 1 位までを採用し、小数点第 2 位は四捨五入した。

$$GAIT = \left(\frac{(62 \text{ or } 60 - \text{採点点数})}{62 \text{ or } 60} \right) \times 100 \qquad (2)$$

2-6　統計解析について

統計処理は対象者 15 例分の GAIT を目的変数、歩幅 SR、立脚時間 SR、単脚支持時間 SR、両脚支持時間 SR の 4 変数を説明変数として重回帰分析を行った。重回帰分析は全変数投入法で行った。また、重回帰分析は Shapiro-Wilk 検定にて残差正規性の確認と式の有効性を確認してから扱うこととし、説明変数として有効な変数が決定した後、その重回帰式による予測値を用いて GAIT との級内相関係数を算出することで GAIT と SR の指標間の信頼性を検討した。信頼性の検証には級内相関係数(Intraclass Correlation Coeffcients：ICC)[19]の中でも ICC(3,1)を用いた。統計量は小数点第 2 位までを採用し、小数点第 3 位は四捨五入した。統計解析に使用したツールは重回帰分析に College Analysis(Version 9.0 福山平成大学)、級内相関係数 ICC(3,1)は EZR(Version 1.61 自治医科大学付属さいたま医療センター)を使用した。有意水準は 5% とした。

全変数投入法による重回帰分析について、説明変数ごとの多重共線性と係数矛盾現象の確認を行った。多重共線性を回避するため、説明変数間の相関係数が 0.7 未満であること[20]と係数矛盾現象について、目的変数との単相関係数と偏相関係数の正負符号の不一致[21]に留意して説明変数を確認した。結果、説明変数は歩幅 SR と立脚時間 SR の 2 変数が選択された。

以上より、級内相関係数 ICC(3,1)は説明変数として適当とされた歩幅 SR と立脚時間 SR による重回帰式を採用し、回帰分析により得られた予測値を用いて GAIT との級内相関係数 ICC(3,1)を算出した。なお、重回帰式の F 検定値は 28.86、p 値は 0.00、残差正規性(Shapiro-Wilk 検定)は 0.62 であった。

3.　結果

表 3 には GAIT を目的変数、歩幅 SR と立脚時間 SR を説明変数とした場合の重回帰分析の結果を示す。歩幅 SR と立脚時間 SR による重回帰式の自由度調節済み決定係数(R^2 = 0.80)の結果から、歩幅 SR と立脚時間 SR を用いることで GAIT を約 80% 説明できる予測式であることが判明した。また、各 SR の t 値および p 値から各 SR の有意性が認められた。t 値および標準偏回帰係数からは、歩幅 SR に比べ立脚時間 SR の方が GAIT に影響を与えている因子であることが判明した。

表 4 では、各対象者の GAIT 中央値と歩幅 SR と立脚時間 SR の予測値の結果およびその残差(GAIT − 歩幅 SR と立脚時間 SR の予測値)を示した。残差の結果から対象者 D、E、F、H、I、K、L、N、O の 9 例において残差が 5% 以内に収められた。残差の標準偏差は ± 7.6% であった。級内相関係数の結果は ICC = 0.91(95 % CI：0.74 − 0.97)であった。

4.　考察

4-1　ICC（3,1）の結果について

妥当性の判断について、Messick[22]は「解釈の適切性の程度」としていることから、妥当性を 2 値的判断で行わないように考察を進める[23]。

ICC(3,1)の結果を Landis ら、桑原らによる判定基準[24,25]を基にすると、歩幅 SR と立脚時間 SR の重回帰式による GAIT 予測値と GAIT 中央値の評価指標間で非常に高い信頼性を認めたと考えられる。その統計学的信頼性の高さから、妥当性に関

表 3　歩幅 SR と立脚時間 SR による重回帰分析

	偏回帰係数	標準化係数	t 値	p 値	95% CI	調整済み R^2
歩幅 SR	0.35	0.41	3.18	0.00	0.11−0.60	0.80
立脚時間 SR	1.62	0.68	5.23	0.00	0.95−2.28	

R^2：決定係数

表 4　各対象者の GAIT[%]と予測値[%]

対象者	GAIT ± SE	歩幅 SR と 立脚時間 SR の予測値	残差
A	80.6 ± 3.9	68.4	12.2
B	62.9 ± 3.2	53.2	9.7
C	95.2 ± 3.5	84.9	10.3
D	51.6 ± 3.1	47.1	4.5
E	63.3 ± 4.0	66.8	−3.5
F	46.7 ± 2.5	44.3	2.4
G	63.3 ± 3.3	76.2	−12.9
H	71.7 ± 2.9	73.7	−2.0
I	85.5 ± 3.5	86.8	−1.3
J	47.5 ± 2.2	63.2	−15.7
K	29.2 ± 1.6	29.9	−0.7
L	90.3 ± 2.9	89.0	1.3
M	45.8 ± 1.5	52.6	−6.7
N	45.8 ± 1.5	47.5	−1.7
O	68.3 ± 2.9	64.2	4.1
標準偏差			± 7.6

GAIT：中央値
SE：標準誤差

a）非麻痺側遊脚中期　　b）麻痺側遊脚中期

図 3　対象者 A の歩行パターン

対象者 A は右片麻痺である。a）は非麻痺側遊脚中期を示しており、b）は麻痺側遊脚中期を示している。両遊脚中期の遊脚側下肢を比較すると b）の麻痺側股関節で外転位を認めた。また、両遊脚中期で体幹の傾斜や側屈は認められなかった。

しても非常に高い妥当性を有していると考えられる。また、対象者ごとの残差は正負にばらついており、一定の傾向は認められない。よって、偶然誤差である可能性が高いと考える。残差の標準偏差は 1SD で± 7.6% であったことから、対象者の残差は真値から± 22.8%の間に分布していると考えられる。つまり、歩幅 SR と立脚時間 SR による予測値は GAIT を真値とした場合、ばらつきが大きいと考えられた。各対象者の予測値のばらつきに関して、**表 4** の各対象者における GAIT との残差を見比べたところ、対象者 A、G、J に関しては ± 12% 以上の偶然誤差を認めている。以下に、対象者 A、G、J の歩行パターンの特徴を述べる。

4−2　指標間のばらつきが顕著な対象者について

対象者 A の両遊脚期における歩行パターン（**図 3**）について、**図 3a** の非麻痺側遊脚中期における非麻痺側下肢と**図 3b** の麻痺側遊脚中期における麻痺側下肢を比較すると、麻痺側の遊脚中期に股関節外転位が観察された。また、つま先の方向や膝蓋骨正面の方向から、麻痺側股関節外旋位は確認されなかった。脳卒中の歩行周期において麻痺側遊脚期の足部と床の距離をある程度保つために は股関節の外転または外旋運動を用いて代償し、遊脚期を終えることはよく観察される現象である[26]。対象者 A の両遊脚期では、上部体幹の傾斜や側屈、骨盤の逸脱動作は認められなかった。

対象者 G の両遊脚期における歩行パターン（**図 4**）について、両遊脚中期の体幹部の観察では、**図 4a** の非麻痺側遊脚中期では上部体幹の右側屈および骨盤の左傾斜が認められた。**図 4b** の麻痺側遊脚中期では、体幹の左傾斜が認められた。

対象者 J の両遊脚期における歩行パターン（**図 5**）では、**図 5a** の非麻痺側遊脚中期における骨盤の右水平面への変位不足、頭部と上部体幹の右傾斜および右側屈が認められたが、**図 5b** の麻痺側遊脚中期では体幹部の逸脱動作は認められなかった。また、両遊脚中期で麻痺側肘関節屈曲を認めた。対象者 G・J はいずれも麻痺側遊脚中期における麻痺側足部においてクリアランス低下を認めた。

a）非麻痺側遊脚中期

b）麻痺側遊脚中期

図 4　対象者 G の歩行パターン

対象者 G は右片麻痺である。a）は非麻痺側遊脚中期を示しており、上部体幹の右側屈および骨盤の左傾斜が認められた。b）は麻痺側遊脚中期を示しており、体幹の左傾斜が認められた。両遊脚中期の遊脚側足部と床とのクリアランスは a）よりも b）で低下を認めた。

a）非麻痺側遊脚中期

b）麻痺側遊脚中期

図 5　対象者 J の歩行パターン

対象者 J は右片麻痺である。a）は非麻痺側遊脚中期を示しており、頭部と上部体幹の右傾斜および右側屈が認められた。また、水平面上の骨盤右変位は減少を認めた。b）では麻痺側遊脚中期を示しており、体幹部の逸脱動作は認められなかった。両遊脚中期の遊脚側足部と床とのクリアランスは a）よりも b）で低下を認めた。両遊脚中期で麻痺側肘関節屈曲を認めた。

対象者 A は GAIT 中央値が 80.6% であり、歩幅 SR と立脚時間 SR による GAIT 予測値は 68.4% と GAIT の方が高値であった。対して、対象者 G、J では GAIT 中央値（対象者 G：63.3%、対象者 J：47.5%）より歩幅 SR と立脚時間 SR による GAIT 予測値（対象者 G：76.2%、対象者 J：63.2%）の方が高値であった。対象者 A に観察された遊脚側股関節の外転による振り出しの代償は G.A.I.T の評価項目にはなく、類似しているものとして「遊脚側の股関節外旋の有無」についての項目のみであったことから、股関節外転による振り出しの代償動作の有無は G.A.I.T では反映できない。そのため、対象者 A では GAIT の方が高値を示した可能性が考えられる。対して、対象者 G、J は体幹の逸脱動作が多い傾向であった。G.A.I.T の評価項目には体幹部（上部体幹・骨盤）を採点する項目が 31 項目中 11 項目あり、約 3 割は体幹の逸脱動作を採点している。つまり、歩行中に体幹の逸脱動作が多い対象者であった場合には両者の値に差が生じやすいと考えられた。これらのことから、G.A.I.T 評価項目に記載のない逸脱動作や体幹部による逸脱動作を行う対象者は、歩幅 SR と立脚時間 SR による GAIT 予測値と GAIT の結果が類似した傾向を示さないことが考えられた。

以上より、SR を用いた指標は G.A.I.T との差が大きいことが判明し、その大部分の原因は体幹の逸脱動作出現が理由として考えられた。つまり、体幹の逸脱動作を除く下肢の逸脱動作については歩幅 SR と立脚時間 SR を用いることによって反映されている可能性が高いと考えられ、SR を用いた片麻痺歩行の定量的歩行パターン評価が実現可能であると考えられた。

4-3　今後の展望

考察では、SRが体幹の逸脱動作を除く下肢の逸脱動作について概ね反映することが出来ているのではないかと考えられたが、実際に足部・膝関節・股関節の運動を個別または統合した結果から統計学的な分析が今後必要であると考えている。

臨床でSRを用いた歩行パターン評価実施を考えると、対象者に対してSRの非対称性が認められた場合、その非対称性を引き起こしている機能障害（異常筋緊張、関節可動域制限、バランス機能障害、随意性低下など）の把握が必要であると考える。SRの良し悪しから身体機能障害との関係性を把握していればトップダウンでの介入も可能であり、歩行再建のための根拠に基づいた理学療法を提供することも可能であると考える。また、先行研究[12]で言及しているSRの改善を主目的とした介入の縦断的検証にも繋げられるのでないかと考えられる。

5.　結論

AIアプリケーションによる歩行の時空間的パラメータをSRとして算出し、観察的歩行評価であるG.A.I.TとのICC(3,1)を検討した結果、非常に高い信頼性が認められた。つまり、歩幅と立脚時間のSRを用いた指標は片麻痺歩行の歩行パターン評価において高い妥当性を有していると考えられた。しかし、各対象者の両指標間を比較した値（残差）のばらつきからSR指標の精度が低い可能性も示唆され、その原因として、体幹の逸脱動作やG.A.I.T評価項目にない逸脱動作については歩幅SRと立脚時間のSRでは反映されない可能性も考えられた。これらのことから、下肢（足部・膝関節・股関節）に限った逸脱動作については歩幅SRと立脚時間SRで代用することが概ね可能であると考えられた。

今後は実際に下肢の逸脱動作と歩幅および立脚時間SRの指標間でも比較検証が必要である。また、臨床での活用を踏まえたSRの良し悪しに影響を与える機能障害や身体的特性などについての研究が必要と考えている。

6.　利益相反および倫理的考慮

本研究に関して、開示すべき利益相反事項はない。本研究は中村記念南病院臨床研究倫理委員会の承諾を得て実施した（承認番号：202206-03）。

謝辞

本研究へ快くご協力くださった対象者の皆様、ならびにG.A.I.T採点のためご協力くださった中村記念南病院理学療法士の皆様に深く感謝申し上げます。なお、本研究の一部はJSPS科研費（JP17K13064）の助成を受けたものである。

引用文献

1）谷浩明：評価の問題. 理学療法学, 24(3)：98-101, 1997.
2）大畑光司：歩行の理解とトレーニング, 歩行再建 第1版：52-57, 三輪書店, 東京, 2017.
3）高杉栄, 久保晃, 潮見泰蔵,他：脳卒中片麻痺患者の歩行自立度の検討. 15(2)：37-39, 2000.
4）田代英之, 井所拓哉 , 星文彦：慢性期脳卒中者の地域における移動能力と歩行機能および身体活動の関係. 41(3)：131-137, 2014.
5）P. Khanittanuphong, S. Tipchatyotin：Correlation of the gait speed with the quality of life and the quality of life classified according to speed-based community ambulation in Thai stroke survivors. NeuroRehabilitation, 41(1)：135-141, 2017.
6）Shuaijie Wang , Tanvi Bhatt：Gait kinematics and asymmetries affecting fall risk in people with chronic stroke: A retrospective study. Biomechanics, 2(3): 453-465, 2022.
7）Jørgensen L, Crabtree NJ, Reeve J, et al.：Ambulatory level and asymmetrical weight bearing after stroke affects bone loss in the upper and lower part of the femoral neck differently : bone adaptation after decreased mechanical loading. Bone, 27(5)：701-707, 2000.
8）K. Patterson, I. Parafianowicz, C. Danells, V. Closson：Gait asymmetry in community-ambulating stroke survivors. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 89(2)：304-310, 2008.
9）Richard G. Ellis, Kevin C. Howard, Rodger Kram：The metabolic and mechanical costs of step time asymmetry in walking. Proceedings of the royal Society B, 280(1756)：2013.
10）Yonah Ofran, Naama Karniel, Jeanna Tsenter, et al.：Functional Gait Measures Prediction by Spatiotemporal

and Gait Symmetry in Individuals Post Stroke. Journal of Developmental and Physical Disabilities, 31：611−622, 2019.
11）P. Kara K, G. William H, B. Dina, et al.：Changes in gait symmetry and velocity after stroke: a cross-sectional study from weeks to years after stroke. Neurorehabil Neural Repair, 24(9)：783−790, 2010.
12）P. Kara K, M. Avril, B. Louis, et al.：Longitudinal changes in poststroke spatiotemporal gait asymmetry over inpatient rehabilitation. Neurorehabil Neural Repair, 29(2)：153−162, 2015.
13）白銀暁：理学療法場面における簡便な機器を用いた運動計測. 理学療法―臨床・研究・教育, 23(1)：9−15, 2016.
14）J. Daly J, J. Nethery, J. McCabe, et al.：Development and testing of theGait Assessment and Intervention Tool (G.A.I.T.): a measure of coordinated gait components. Journal of Neuroscience Methods, 178(2)：334−339, 2009.
15）D. Janis Janis, McCabe. Jessica P, Maria Dolores Gor-Garcia-Fogeda, et al.：Update on an Observational, Clinically Useful Gait Coordination Measure: The Gait Assessment and Intervention Tool (G.A.I.T.). Brain Sciences, 12(8)：2022.
16）小島ますみ：指標の妥当性をどう捉え, 妥当性検証をどのように行うべきか　語彙の豊かさ指標「S」の解釈的論証. 岐阜市立女子短期大学研究紀要, 62：17−28, 2006.
17）春名弘一, 昆恵介, 稲垣潤：小型カメラの理学療法活用 片麻痺歩行の評価を目的とした臨床指向型歩行評価システムの開発. 理学療法ジャーナル, 58(9)：1040−1046, 2024.
18）大畑光司：歩行の理解とトレーニング, 歩行再建 第1版：249−253,三輪書店, 東京, 2017.
19）Bartko, J. J：The intraclass correlation coefficient as a measure of reliability. Psychological Reports, 19(1)：3−11, 1966.
20）萩野谷俊平, 花山愛子, 小野修一, 他：住居対象連続侵入窃盗事件における犯人属性の犯罪手口による予測. 日本法科学技術学会誌, 19(1)：31−43, 2014.
21）藤生和也：布設年度と管齢の多重共線性を解消する方法の研究. 下水道協会誌, 56(682)：118−126, 2019.
22）S. Messick：Validity of psychological assessment. American Psychologist, 50(9)：741−749, 1995.
23）村山航：妥当性―概念の歴史的変遷と心理測定学的観点からの考察―. The Annual Report of Educational Psychology in Japan, 51：118−130, 2012.
24）J. Richard Landis, Gary G. Koch：The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics, 33(1)：159−174, 1977.
25）桑原洋一, 斎藤俊弘, 稲垣義明：検者内および検者間のReliability(再現性, 信頼性)の検討 なぜ統計学的有意が得られないのか. 呼吸と循環, 41(10)：945−952, 1993.
26）本谷竜太郎, 山本澄子, 直江緑, 他：主成分分析による脳卒中片麻痺患者における異常歩行パターンの分類. Japanese Journal of Comprehensive Rehabilitation Science, 12：70−77, 2022.

Abstract:

Background : Evaluation and treatment of gait patterns are crucial aspects of physical therapy for reconstructing gait in patients with hemiplegia. However, conventional evaluation methods are impractical in clinical practice due to environmental constraints and time-related costs. Evaluating the habitual and quantitative walking patterns of patients with hemiplegia is challenging. Therefore, we developed a method using a single camera and an AI application to assess quantitative walking pattern indicators more easily for hemiplegic walking. However, the validity of the left-right symmetry ratio (referred to as SR), which utilizes spatiotemporal parameters of gait calculated by this system, has not been confirmed as an index reflecting the gait pattern of hemiplegic gait.

Purpose : We investigated whether SR is a valid indicator for quantitatively evaluating the gait pattern in hemiplegic patients.

Method : We used GAIT (calculated from the Gait Assessment and Intervention Tool) as the objective variable, scored by 11 physical therapists on 15 patients with hemiplegia. We calculated the step length SR using an AI application and performed a multiple regression analysis using leg support time SR, stance time SR, and double leg support time SR as explanatory variables. We also calculated the intraclass correlation coefficient (ICC(3,1)) between the predicted values of step length SR and stance time SR and GAIT.

Results : From the results of multiple regression analysis, stride length SR and stance time SR were found to be significant as explanatory variables, and the adjusted coefficient of determination revealed that this is a predictive formula that can explain approximately 80% of GAIT. Residual The standard deviation was 1SD±7.6%, and the ICC(3,1) result was 0.91.

Conclusion : By using SR, very high statistical reliability was observed compared to GAIT, suggesting that SR has high validity as a gait pattern evaluation for hemiplegic gait. The results of the difference standard deviation revealed that there were large variations in the results for each subject. As gait pattern evaluation using AI applications is clinically oriented, expectations for clinical implementation are increasing, but it was considered necessary to explore the relationship between physical functions and walking performance that affect each SR, and to deepen the clinical significance of SR.

Key words: Stroke, Gait pattern evaluation, Validity

Journal of Assistive Technology in Physical Therapy p.84~91

◎**Original Article**

Effects of sex and clothing on a simulated patient manikin on the hand positioning during chest compressions

Kaoru Kobayashi[1)], Wakako Kobayashi-Fujita[2)], Yukinobu Hiiragi[1)]

Abstract

Effective chest compressions during cardiopulmonary resuscitation (CPR) are critical and influenced by the position of the hand on the chest. The American Heart Association provides general guidelines; however, variations in anatomy, such as sex differences and the presence of clothing, may affect hand placement accuracy. This study aimed to evaluate the effects of sex and clothing on hand positioning during chest compressions using a simulated patient manikin with a focus on addressing potential biases in CPR training and real-world applications. A cross-sectional study design was employed using Resusci-Anne QCPR manikins modified to represent patients with and without breast tissue (BT) and with and without clothing. A total of 122 university students with CPR training participated in this study by marking their hand position on measurement forms under different scenarios. Statistical analysis included χ^2 tests for categorical variables. The accuracy of hand positioning varied according to patient sex and clothing status. Marks were more accurate on nude manikins without BT, but showed a tendency to deviate towards the abdomen when with clothing. Hand positioning was most difficult on nude manikins with BT, and participants frequently avoided proper compression points in manikins with BT, especially when clothed, indicating a challenge in identifying appropriate chest compression sites owing to anatomical features and clothing. Sex and clothing influence hand positioning during chest compressions, suggesting the need for CPR training that accommodates these variations to enhance the effectiveness of resuscitation efforts.

Key words: Cardiopulmonary resuscitation, chest compressions, manikin simulation, sex differences, clothing influence

1. Introduction

Effective chest compressions are the cornerstone of cardiopulmonary resuscitation (CPR), and require continuous and precise execution in terms

1) Department of Physical Therapy, School of Health Sciences, International University of Health and Welfare, 2600-1 Kitakanemaru, Otawara, Tochigi, 324-8501, Japan
2) Nasushiobara City Childcare Consultation Section, 2-3 Atago, Nasushiobara, Tochigi, 329-2792, Japan

投稿日：2024 年 8 月 8 日　　採択決定日：2025 年 1 月 30 日　　公開日：2025 年 3 月 31 日

of position, depth, rate, and chest recoil. Commencing with the placement of the hands on the chest of the patient and ensuring accurate hand positioning are paramount for eliciting an optimal physiological response.

The American Heart Association Guidelines for CPR in 2020 delineate specific recommendations for chest compression depth, rate, and recoil, yet offer only general guidance regarding the compression site, advising placement on the "lower half of the sternum" [1]. However, accurate identification of this anatomical landmark within a short timeframe is challenging. Alternative references such as the "center of the chest" and "inter-nipple line" have been suggested. However, considering the anatomical variations between men and women, the applicability of these guidelines warrants further consideration. A previous study employed digital imaging of elderly patients admitted to a coronary care unit and tasked participants to delineate the area from the body surface to the anterior thorax. The results revealed substantial variability in defining the anterior thorax, which was particularly influenced by the sex of the patient[2]. These disparities in the chest anatomy imply potential discrepancies in identifying the optimal compression point that deviates from the lower half of the sternum. Moreover, when employing the inter-nipple line as a reference for determining the compression site, findings indicate that approximately half of the patients place their hands on the xiphoid process[3]. These observations underscore the challenges associated with accurately localizing the compression site, further emphasizing the need for precise anatomical references and consideration of individual variability during CPR interventions. In theory, compression of the xiphoid process and abdomen not only fails to facilitate effective blood circulation but can also result in severe complications, including rib fractures, sternum fractures, and abdominal visceral injuries[4]. Inappropriate hand placement may stem from factors such as the sex of the patient and the limited anatomical knowledge of the rescuer[2]. Particularly in patients with well-developed breasts, the presence of a prominent bulge may contribute to hand misalignment during chest compressions. The use of a simulator that allows for the easy configuration of diverse conditions and facilitates repeated practice would be useful for addressing such cases. The design of CPR training manikins and their application during training can be regarded as being part of assistive engineering. The results from this study could contribute to the development of next-generation simulators capable of reproducing various breast patterns.

By contrast, when managing clothing during chest compressions, it is imperative to remove the clothes of the patient. However, the current consensus is that if clothing removal proves challenging, chest compressions should be administered over the clothing. In such instances, it is anticipated that determining the appropriate chest compression site may be more challenging when compressions are performed on patients with clothing without exposing the chest. Consequently, a question arises regarding the accuracy of hand positioning, particularly when relying solely on training with conventional manikins, especially in cases involving patients with breast tissue (BT) whose chest contours differ externally from those of patients without BT, or when clothing is a factor. To the best of our knowledge, no existing empirical data is available supporting or refuting the assumption that patient sex plays a significant role in determining the location of chest compressions. In a study utilizing a manikin designed to simulate a patient with BT, rescuers tended to position their hands in a manner that avoided contact with the nipples[5]. The authors postulated that breast anatomy and clothing may cause the hand position to deviate from the appropriate compression area, positing that this phenomenon transcends the sex of the patient. However, the empirical validation of this hypothesis is hindered by the absence of mani-

kins that accurately model body shapes of individuals with BT.

In this investigation, we employed a training manikin designed to emulate a life-like patient with BT and examined the potential biases in hand positioning during chest compressions, considering both the sex of the patient and the presence or absence of clothing.

2. Materials and methods

2-1 Study design

This study adopted a single-center cross-sectional design. The sample size was determined utilizing a power analysis software (G*Power)[6], with an effect size of 0.3, which is considered a medium effect size, α error set at 0.05, power at 0.8, and degrees of freedom at 3 based on previous studies. The target sample size was 122 participants.

2-2 Subjects

We recruited participants for this study by seeking research collaboration from university students pursuing specialized medical fields, using bulletin boards and direct verbal explanations. The inclusion criteria comprised of individuals who provided consent to participate and had undergone CPR training, including practical skills, within the preceding 5 years. Specifically, participants engaged in video lectures and practical demonstrations on CPR based on resuscitation guidelines[7], as well as hands-on practice using CPR training manikins as part of the educational curriculum. In particular, the process for determining the location for chest compressions was explained as placing the hands "in the center of the chest," which is a general guideline indicating the lower half of the sternum. The exclusion criteria comprised of individuals who were unable to provide consent or were deemed incapable of adhering to the research protocol due to difficulty comprehending the explanations provided by the research director. The study was approved by the Research Ethics Committee of the International University of Health and Welfare (approval number: 22-Io-16). Comprehensive study instructions were provided and written informed consent was obtained from all participants.

2-3 Simulated patient manikin setting and research protocol

Resusci Anne QCPRs (Laerdal) were used as simulated patient manikins. In the patient without BT, the manikin remained unaltered with the addition of a short-haired wig and long-sleeved shirt. In the patient with BT, silicone breasts and a bra were applied to the manikin along with a long-haired wig and a long-sleeved shirt. For breast sizing, we used the C cup, which is commonly used by Japanese women[8]. Photographs of each patient's manikins were taken, and measurement forms (A4 size, color) were created according to the sex of the patient and clothing status as follows: 1) without BT (nude), 2) without BT (clothed), 3) with BT (nude + bra), and 4) with BT (clothed). Before commencing the measurements, the participants were instructed to rotate the measurement form 90° to the left, as shown in **Fig. 1,** so that the patient's head was positioned on the left side and to mark the intersection of the cross marks to indicate the hand position for chest compressions. The research protocol was as follows: participants were asked to randomly select one sheet from an envelope containing four variations of measurement sheets and place it face-down on their desks; participants were given 10 seconds from the starting signal to mark the correct hand position for chest compressions using a cross mark. The current resuscitation guidelines[7] stipulate that when a patient shows no response, breathing should be checked within 10 seconds, followed immediately by the initiation of chest compressions. Accordingly, this time frame was set; after completing the measurement, the participants were instructed to select another measurement sheet and repeat the process. The appropriate chest compression site was defined as the

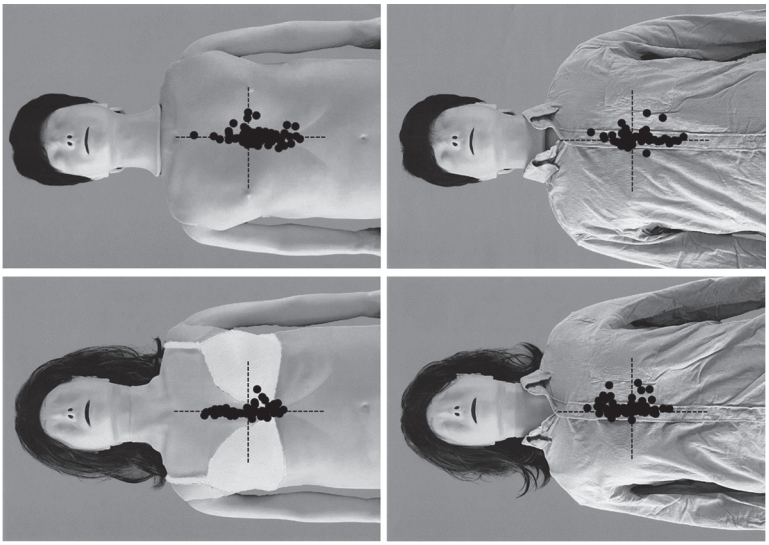


Fig.1 The marked distribution sites of chest compression depending on the patient pattern.
The chest compression sites marked by each participant are indicated by the black dots.

"lower half of the sternum," and deemed acceptable if the intersection of the cross marks fell within 3 cm from the compression point, as per prior research[9]. Inappropriate markings are those that exceeded this threshold (**Fig.2**). Two examiners made the suitability judgments. In addition, a questionnaire survey was administered regarding 1) the patients whom the participants experienced the most difficulty in marking the hand position, and 2) clothing management during chest compressions for patients who experience out-of-hospital cardiac arrest.

A contingency table was generated to assess the appropriateness of hand positioning during chest compressions categorized according to the patient patterns. Subsequently, a χ^2 goodness-of-fit test was conducted to ascertain any potential associations between the patient pattern and appropriateness of the hand positioning. In addition, descriptive statistics were performed to examine the frequency of responses to the questionnaire responses. Statistical analyses were performed using IBM SPSS Statistics version 29.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA).

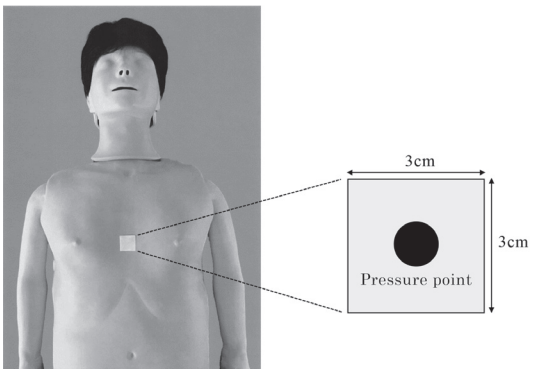


Fig.2 Appropriate range of chest compression area[9].
The hand positioning for chest compressions was considered appropriate if it was within 3 cm of the pressure point.

Statistical significance was set at 5%.

3. Results

The average age of the 122 subjects was 18.4 ± 0.9 years, with 65 men and 57 women. Regarding the appropriateness of hand positioning during chest compressions based on the patient pattern, among patients without BT (nude), 64 subjects (52.5%) exhibited appropriate hand position; among

Table 1. Hand positioning during chest compressions depending on the patient pattern (n=122).

	Frequency		Residual†
	Observed(Appropriate*)	Expected	
Patient without breast tissue			
・nude	64	48	16.0
・clothed	48	48	0
Patient with breast tissue			
・nude + bra	39	48	-9.0
・clothed	41	48	-7.0

χ^2 goodness-of-fit test. *p<0.05.
† Residual=(Observed frequency-Expected frequency)

Table 2. Questionnaire results regarding chest compressions (n=122).

Q1. For which patient did you have the most difficulty marking hand position during chest compressions?
Patient without breast tissue (nude): 2 (1.6%)
Patient without breast tissue (clothed): 20 (16.4%)
Patient with breast tissue (nude + bra): 51 (41.8%)
Patient with breast tissue (clothed): 49 (40.2%)
Q2. For an adult patient without breast tissue in out-of-hospital cardiac arrest, would you expose the patient's chest to confirm hand position during chest compressions?
Yes: 94 (77.0%)
No: 28 (23.0%)
Q3. For an adult patient with breast tissue in out-of-hospital cardiac arrest, would you expose the patient's chest to confirm hand position during chest compressions?
Yes: 49 (40.2%)
No: 73 (59.8%)

patients without BT (clothed), 48 subjects (39.3%) exhibited appropriate hand position; among patients with BT (nude + bra), 39 subjects (32.0%) exhibited appropriate hand position; and among patients with BT (clothed), 41 subjects (33.6%) exhibited appropriate hand position. The χ^2 goodness-of-fit test revealed a significant bias on the hand positioning based on the patient pattern (p=0.045) (**Table 1**). Based on the contingency table or residuals, the without BT (nude) category was significantly larger, whereas the BT (nude + bra) and BT (clothed) categories were smaller.

Fig.1 illustrates the distribution of marks denoting the chest compression sites according to the patient patterns. The patient pattern for whom marking the hand positioning was most difficult was for patients with BT (nude + bra) (51 subjects), followed by patients with BT (clothed) (49 subjects), patients without BT (clothed) (20 subjects), and patients without BT (nude) (2 subjects). When asked whether or not the chest should be exposed during chest compressions for patients with out-of-hospital cardiac arrest, in the case of patients without BT, 94 subjects (77.0%) answered "yes". However, in the case of patients with BT, 73 subjects (59.8%) answered "no". (**Table 2**).

4. Discussion

This study aimed to examine hand positioning biases during chest compressions based on patient sex and clothing status. High-quality chest compressions are crucial for the survival of individuals experiencing cardiac arrest; however, uncertainties persist regarding the influence of patient sex on chest compressions. The current resuscitation guidelines[7] recommend the lower half of the sternum as the compression site, using anatomical landmarks such as the center of the chest or the area between the nipples as references. Although in theory this process is straightforward, in prac-

tice, identifying the correct compression site can become challenging due to factors such as the patient's sex, clothing (particularly bras), and psychological influences. Therefore, this study focused on patients with BT, paying particular attention to age-related changes in breast morphology and the presence or absence of a bra. Concerning the appropriateness of hand positioning during chest compressions relative to the patient pattern, it was observed that hands were correctly positioned for unclothed patients without BT, but not for clothed patients without BT. Conversely, patients with BT exhibited a lower proficiency in hand positioning than patients without BT, with the lowest proficiency observed when their chests were exposed. In addition, a post-measurement questionnaire revealed that determining the hand positioning during chest compressions posed the greatest challenge for unclothed patients with BT. This trend was consistent across other patient patterns, suggesting that difficulties in hand positioning may impede the ability to position the hands at the appropriate landmarks.

The distribution of chest compression sites varied according to the patient patterns delineated by sex and clothing status. CPR-related injuries have been reported in approximately 60% of patients, with rib fractures being the most prevalent[4]. A review of the incidence of CPR-related complications in adults revealed that rib fractures occur most frequently, ranging from 13–97%, followed by sternal fractures, ranging from 1–43%[10]. In the case of the nude patient without BT, markings tended to be biased towards the abdomen rather than the appropriate compression area, with some marks appearing in regions corresponding to the xiphoid process. Pressing on the xiphoid process not only risks damaging the bone itself but also poses the threat of injuring the liver directly beneath it[11]. For the nude patient with BT, the markings were distributed in a manner that avoided applying pressure to the appropriate points. The act of exposing the chest of a patient experiencing out-of-hospital cardiac arrest and placing their hands on it may create psychological resistance among rescuers. This resistance may be particularly notable when the patient has BT despite the time-sensitive nature of the situation.

Studies have indicated that CPR is less likely to be administered to the public when the patient is someone with BT, a trend that is more pronounced when the patient is of reproductive age[12]. It is plausible that the participants in this study were influenced by social norms regarding touching the breasts of women, although it remains unclear whether this constraint was conscious or subconscious. For nude patients with BT, markings tended to concentrate along the midline of the chest, with less variation observed between the left and right sides compared with other patient patterns. This phenomenon may be attributed to the cleavage line between the breasts, which serves as a reference point for determining the center of the chest.

Regarding clothing, the distribution of markings was similar irrespective of the sex of the patient, with clothed patients without BT displaying a reduced tendency for markings closer to the abdomen than unclothed patients without BT. However, the survey results indicated greater difficulty in determining the correct hand positioning when the body was clothed, resulting in a higher prevalence of incorrect hand placement. Based on the findings of this study, the majority (77.0%) of the subjects expressed willing to expose the chest of adult patients without BT experiencing out-of-hospital cardiac arrest. Therefore, it is preferable to perform chest compressions on the exposed chest of a patient without BT, except in situations where clothing removal is not feasible. Conversely, in clothed patients with BT, although the distribution of markings avoiding the breasts mirrored that of unclothed patients, there was greater variability between the left and right sides. However, the hand placement accuracy was enhanced. The handling of

clothing during chest compressions has traditionally been based on the assumption that the chest must be exposed. However, in cases where removing clothing is difficult, it is now permissible to perform compressions over clothing. A study comparing the quality of chest compressions between clothed and unclothed manikins found that the compression depth, tempo, and recoil were acceptable even with clothed manikins[13]. Hence, performing chest compressions on fully clothed patients with BT may be advisable. According to the survey results, nearly 60% of the subjects expressed reluctance to expose the chest of adult patients with BT with out-of-hospital cardiac arrest. A study utilizing a manikin with silicone breasts and a bra reported deterioration in chest compression quality owing to the presence of breasts[14]. Given these factors, it seems pragmatic to utilize a manikin that accurately replicates the body shape of women and conduct training sessions with fully clothed manikins, while emphasizing proper hand positioning during chest compression.

This study has several limitations. A training manikin was employed and the silicone breast profile used was representative of a relatively young adult woman. Breast shape and cup size can vary widely among countries and individuals, and are believed to be influenced by factors such as age. Hence, it is crucial to acknowledge potential biases in hand positioning during chest compressions when considering variations in these factors. Future research should explore the impact of clothing, including garments with distinctive patterns, as well as the proficiency levels of the chest compression providers. In this study, although the participants had received some level of theoretical and practical training in chest compressions, all of them were non-experts. Therefore, it cannot be ruled out that individual differences in skill levels, rather than the same level of knowledge and experience as experts, may have influenced the identification of the compression site.

5. Conclusions

In this study, we examined the potential biases in hand positioning during chest compressions, while considering the sex of the patient and the presence or absence of clothing. The findings indicated that in nude patients without BT, hand placement tended to be accurate; however, when incorrect, hand placement veered towards the abdomen. Although the inclination to shift the hands towards the abdomen diminished when patients were fully clothed, determining the correct hand position became more challenging. Conversely, patients with BT exhibited lower proficiency in hand placement than patients without BT, with markings avoiding appropriate pressure points irrespective of clothing. Thus, it is evident that patient sex and clothing play pivotal roles in determining hand positioning for chest compressions. The results of this study suggest that, in addition to exposing the patient's chest during CPR training, training programs should incorporate guidance on simulating BT in clothed scenarios and identifying the appropriate compression site over clothing.

Conflicts of Interest

The authors have no conflicts of interest to disclose.

Acknowledgments

This study was supported by the JSPS Grant-in-Aid 22K10660. We would like to thank Editage (www.editage.jp) for English language editing.

References

1) Merchant RM, Topjian AA, Panchal AR, et al.: Part 1: Executive summary: 2020 American Heart Association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. Circulation, 142: S337–S357, 2020.

2) Østergaard AMH, Grove EL, Lauridsen KG, Løfgren B: Different perceptions of thorax anatomy and hand placement for chest compressions among healthcare

professionals and laypersons: Implications for cardiopulmonary resuscitation. Resusc Plus, 7: 100138, 2021.
3) Kusunoki S, Tanigawa K, Kondo T, et al.: Safety of the inter-nipple line hand position landmark for chest compression. Resuscitation, 80: 1175–1180, 2009.
4) Van Wijck SFM, Prins JTH, Verhofstad MHJ, et al.: Rib fractures and other injuries after cardiopulmonary resuscitation for non-traumatic cardiac arrest: a systematic review and meta-analysis. Eur J Trauma Emerg Surg, 50: 1331–1346, 2024.
5) Kramer CE, Wilkins MS, Davies JM, et al.: Does the sex of a simulated patient affect CPR. Resuscitation, 86: 82–87, 2015.
6) Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A: G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. Behav Res Methods, 39: 175–191, 2007.
7) Japan Resuscitation Council (JRC): JRC Guidelines 2020. Chapter 1, Basic Life Support (BLS). Igaku-Shoin, p.21.
8) Triumph International Japan. White paper on underwear vol. 19. https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000076.000040640.html. Accessed July 18, 2024.
9) Minami K, Kokubo Y, Maeda I, et al.: Analysis of actual pressure point using the power flexible capacitive sensor during chest compression. J Anesth, 31: 152–155, 2017.
10) Buschmann CT, Tsokos M: Frequent and rare complications of resuscitation attempts. Intensive Care Med, 35: 397–404, 2009.
11) Meron G, Kurkciyan I, Sterz F, et al.: Cardiopulmonary resuscitation-associated major liver injury. Resuscitation, 75: 445–453, 2007.
12) Kiyohara K, Katayama Y, Kitamura T, et al.: Gender disparities in the application of public-access AED pads among OHCA patients in public locations. Resuscitation, 150: 60–64, 2020.
13) Eisenberg Chavez D, Meischke H, Painter I, et al.: Should dispatchers instruct lay bystanders to undress patients before performing CPR? A randomized simulation study. Resuscitation, 84: 979–981, 2013.
14) Kobayashi K, Hiiragi Y: Effect of mannequin sex on the quality of chest compressions. Am J Emerg Med, 79: 223–224, 2024.

支援工学理学療法学会誌
投稿要領

1. 本誌の目的

①支援系理学療法学および関連する分野の研究を公表し、理学療法学を発展させる。

②理学療法士の卒後継続教育に資する教育的な論文を掲載する。

③支援系理学療法の発展に関する記録や資料を掲載する。

2. 記事の種類

①研究論文(原著):新規性および独創性があり、明確な結論を示した論文。症例の臨床的問題や治療結果について科学的に研究を行い、考察を行った論文。単一の対象者であっても、被験者内での多重クロスオーバーデザイン(いわゆる n-of-1 試験*)による介入効果を検証した研究論文を含む。
(*参考:Kravitz, R.L. Design and implementation of N-of-1 trials: a user's guide. https://effectivehealthcare.ahrq.gov/products/n-1-trials/research-2014-5)

②短報:研究の速報・略報として簡潔に記載された短い研究論文。

③症例報告:症例として報告の意義がある、あるいは新技術として公開することに意義がある論文

④その他:システマティックレビュー、症例報告、実践報告、調査報告など編集委員会で掲載が適切と判断された論文および記事(なお、症例報告とは症例の治療および経過などについて論理的に提示し、考察を行ったもの。実践報告とは、理学療法の研究・教育・臨床等の実践の中で、新たな工夫や介入、結果等について具体的かつ客観的に情報提示し、その内容が有益と判断されたもの)。

3. 投稿者の資格

本誌への投稿資格は原則として、共著者のうちに日本支援工学理学療法学会会員がいること。ただし、会員が含まれない場合であっても編集委員会が、本学会への貢献が認められた場合は、採択することができる。

なお、依頼原稿についてはこの限りではない。投稿論文の共著者に学生会員を含むことができる。研究や調査の際に倫理上人権上の配慮がなされ、その旨が文中に明記されていること。人および動物を対象とする研究の場合は、必要な倫理審査を受けた旨を明記すること。

4. 投稿原稿の条件

投稿原稿は他誌に発表または投稿中の原稿でないこと。本規定および執筆規定にしたがい作成すること。

5. 投稿承諾書

著者の論文への責任および著作権譲渡の確認のため、別紙の投稿承諾書に自筆による署名をして提出すること。

6. 利益相反

利益相反の可能性がある事項(コンサルタント料、株式所有、寄付金、特許など)がある場合は本文中に記載すること。なお、利益相反に関しては日本理学療法士学会連合が定める「利益相反の開示に関する基準」を遵守すること。

投稿時に「COI 自己申告書」を提出しなければならない。申告時の内容については、謝辞等にその旨記載する。COI 状態がない場合も、謝辞等に「開示すべき COI 状態はない」などの文言を記載し、自己申請書を提出する。

7. 著作権

本誌に掲載された論文の著作権は、日本支援工学理学療法学会に属する。また、本誌に掲載された論文はオンライン公開される。

8. 研究倫理

ヘルシンキ宣言および厚生労働省の「人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針」などの医学研究に関する指針に基づき対象者の保

護には十分留意し、説明と同意などの倫理的な配慮に関する記述を必ず行うこと。また、研究にあたり、所属研究機関あるいは所属施設の倫理委員会ないしそれに準ずる機関の承認を得ることを必須とし、倫理審査委員会名および承認番号(または承認年月日)を必ず記載すること。なお、倫理審査委員会より承認の非該当となった場合には、その旨を記載する。

9. 原稿の採択

原稿の採否は複数の査読者の意見を参考に編集委員会において決定する。査読の結果、編集方針にしたがって原稿の修正を求めることがある。修正を求められた場合は2カ月以内に修正稿を再提出すること。提出期限を超過した場合は新規投稿論文として扱われる。また、必要に応じて編集委員会の責任において字句の訂正を行うことがある。

10. 校正

著者校正は原則として1回とし、誤字脱字を除く文章および図表の変更は原則として認めない。

11. 掲載に関する費用

規定の分量の範囲内までは無料掲載するが、超過した場合は超過分に要した実費を徴収する場合がある。

12. 原稿送付方法および連絡先

1)原稿送付方法

本学会のメールアドレス(journal@jsatpt.jspt.or.jp)へ投稿すること。原稿書式など詳細は執筆規程に定める。

2)問合せ先

〒106-0032　東京都港区六本木7-11-10
一般社団法人　日本支援工学理学療法学会
「日本支援工学理学療法学会学会誌」編集室
TEL：03-6804-1626
E-mail：journal@jsatpt.jspt.or.jp

註1：国際医学雑誌編集者委員会：生物医学雑誌への投稿のための統一規定(http://www.icmje.org/recommendations/)

註2：厚生労働省：研究に関する指針について(http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/hokabunya/kenkyujigyou/i-kenkyu/index.html

《執筆規程》

1. 原稿の分量および形式

1)原稿はパソコンまたはワープロ(テキストファイル形式)を用い、A4版横書き縦40行・横40字の1,600字分を1枚とし、文献、図表、写真を含み、本文の合計が10枚(16,000字相当)以内を原則とする。1,600字用紙で3枚程度の短報も可能。

2)図表、写真は、それぞれ1枚につき原稿400字分と換算し、原則として合計5枚以内とする。図は製版できるよう作成し、表はタイプ又はワープロで作成する。写真は白黒を原則とし、カラー写真の場合には実費負担とする。

3)刷り上がり5ページ(8,000字相当)までの掲載は無料。6ページ以上の超過ページは実費徴収する場合がある。

2. 論文の構成

1)原稿の表紙に、①題名(和文および英文)、②キーワード(5語以内)、③希望する原稿カテゴリー(研究論文(原著)、短報、研究報告、症例報告、その他)、④前回投稿時のPaper ID(再投稿や再々投稿の場合のみ)。

2)原稿本文には、和文の要旨(400字以内)とキーワード(5語以内)、本文、文献、英語要旨(300語以内のAbstract)とKeywords(5語以内)の順に記載し、通し番号を付け、図表及び写真を添付する。また、原稿本文の各ページには行番号を付けること。

3)図、表及び写真は1枚ずつ別紙とし、図1、表1および写真1などの番号をつける。さらに図及び写真の標題や説明は、別紙1枚に番号順に記入する。

4)本文：本文は原則以下の項目に沿って本文を構成すること。ただし、研究論文(原著)以外の記事の種類の論文においては、著者の判断で項目

名を変更してもよい。

①はじめに(序論、緒言):研究の背景、臨床的意義、研究の目的、取り扱っている主題の範囲、先行研究との関連性の明示などを記述する。

②対象および方法

用いた研究方法について第3者が追試できるように記述する。倫理的配慮も記述すること。

③結果(成績)

研究で得られた結果を本文および図表を用いて記述する。データは、検証、追試を行いやすいように図(グラフ)よりも表にして数値で示す方が望ましい。

④考察(分析)

結果の分析・評価、今後の課題、などを記述する。

⑤結論

研究で得られた結論を200～300字で簡潔に記述する。

⑥利益相反

利益相反の有無について記載する。

⑦謝辞

著者資格には該当しない研究への貢献者については謝辞に記載する。

5)文献:引用文献のみとする

6)年号は原則として西暦を使用し、外国語、外国人名、地名は、原語もしくはカタカナ(最初は原綴りを併記)で書く。略語は本文中の最初に出たところでフルネームを入れる。

7)文献の記載方法

a)本文中の該当箇所の右肩に、順に1)、2)…の通し番号を付し、文末に番号順に揚げる。

b)雑誌の場合

著者名:題名.雑誌名,巻(号):引用ページ,発行年　の順に記載する。

(例)

井村恒郎:知覚抗争の現象について.精神経誌,60:1239−1247,1958.

Baxter, L R, Scwartz, J M, et al. : Reduction of prefrontal cortex metabolism common to three types of depression. Arch Gen Psychiatry, 46 : 243−250, 1989.

c)単行本の場合

著者名:題名.監修ないし編集者,書名,版数:引用ページ,発行社名,発行地名,西暦発行日の順に記載する。

(例)

八木剛平,伊藤斉:躁鬱病.保崎秀夫編著,新精神医学:282−306,文光堂,東京,1990.

Gardnar, M B : Oncogenes and acute leukemia. Stass SA(ed), The Acute Leukemias : 327−359, Marcel Dekker, New York, 1987.

d)著者名が4名以上の場合、3名連記の上、○○○,他、あるいは○○○,et al.とする。

3. 投稿は原則として以下のファイル(①表紙:上記7の(1)を参照のこと、②本文、③図表、④投稿関連電子ファイル:連絡先　査読候補者等の希望リスト　投稿承諾書　COI自己申告書　ネイティブチェック)をpdfファイルとし、以下学会アドレスに添付ファイルとして投稿してください。なおすべてのファイル名には氏名を先頭に記してください。例:「山田太郎表紙.pdf」、山田太郎本文.pdf」、他。
4. 学会アドレス:journal@jsatpt.jspt.or.jp
5. 著者校正は1回とする。校正の際の大幅な変更は認めない。
6. 採択した原稿及び電子媒体は、原則として返却しない。
7. 投稿承諾書・COI自己申告書・ネイティブチェック証明書はPDFにして、日本支援工学理学療法学会事務局にメール(journal@jsatpt.jspt.or.jp)にて提出する。宛先は以下の通り。

〒106-0032　東京都港区六本木7-11-10
一般社団法人　日本支援工学理学療法学会
「日本支援工学理学療法学会学会誌」編集室
TEL:03-6804-1626
E-mail:journal@jsatpt.jspt.or.jp

8. 本誌に掲載された論文の著作権は日本支援工学理学療法学会に帰属する。
9. 査読候補者について

(1)査読者候補を1名以上指名すること。該当者の①氏名、②所属、③e-mailアドレスを投稿の際に同時入力すること。なお、査読者

の最終的な選定は編集委員会で行うため、必ずしも査読候補者が査読者に加わるとは限らない。

(2)投稿者の不利益が予想される場合、投稿者は該当者を指名して査読候補者から除外するよう希望することができる。指名する場合は、①投稿者に不利益が生じる理由、および該当者の②氏名、所属、e-mail アドレス等を明記した別紙(フォーマットは任意)を添付すること。なお、査読者の最終的な選定は編集委員会で行うため、該当者が査読者に加わる場合もある。

10. 英文で執筆する場合はネイティブチェックを受け、初回投稿時に証明書のコピーを添付する。

(2021 年 9 月 26 日制定)
(2024 年 2 月 29 日改正)
(2024 年 9 月 11 日改正)

編集後記

日本支援工学理学療法学会では、支援機器の開発や普及だけでなく、開発した機器の効果的な活用方法に関する研究にも積極的に取り組んでいます。2024 年 12 月に開催された第 13 回日本支援工学理学療法学会においても多くのハンズオンセミナーが開催され、実際に機器を体験し、どのように扱うのか、どのように解析するのか、そしてそれをどのように臨床に応用していくのかをレクチャーしています。工学的な内容は難しそうという方も多いかもしれません。しかし、一歩踏み出すことができれば、新しい視点を得ることができることは言うまでもありません。本学会誌においても、最新技術を用いた知見やその応用方法を紹介しています。AI や VR などの先端テクノロジーはすでに臨床現場に普及してきています。これらの活用方法等について、ぜひ本誌から学び、多くの刺激を受けていただければ幸いです。また自施設での活用事例等がございましたら、本誌への投稿を心よりお待ちしております。本誌が皆様の、また支援工学の発展の一助になれば幸いです。

支援工学理学療法学会誌　編集委員　西川裕一

編集員会

編集員長　新田　收　東京都立大学

編 集 員

豊田　輝	帝京科学大学	西山　徹	日本医療大学
大西忠輔	城西国際大学	春名弘一	北海道科学大学
小原謙一	川崎医療福祉大学	廣島拓也	医療法人社団苑田会花はたリハビリテーション病院
倉山太一	植草学園大学	西川裕一	金沢大学
石濱裕規	医療法人社団永生会研究開発センター	信太奈美	東京都立大学

支援工学理学療法学会では，ホームページを開設しております。
http://jspt.japanpt.or.jp

支援工学理学療法学会誌

Journal of Assistive Technology in Physical Therapy
（略称：jatpt）

2025 年 3 月 31 日発行　第 4 巻第 2 号 ©

発行　日本支援工学理学療法学会
〒 106−0032　東京都港区六本木 7−11−10
一般社団法人　日本支援工学理学療法学会
「日本支援工学理学療法学会学会誌」編集室
TEL. 03−6804−1626

製作　株式会社 双文社印刷
〒 173−0025 東京都板橋区熊野町 13−11
TEL. 03(3973)6271　FAX. 03(3973)6228

ISSN 2436-6951

本書の内容を無断で複写・複製・転載すると，著作権・出版権の侵害となることがありますのでご注意下さい。

Journal of Assistive Technology in Physical Therapy