

原著論文

座面素材の違いが脳性麻痺者のリーチ動作中の 運動軌跡および座圧中心に与える影響

小玉武志^{1),2)}，中村裕二³⁾，中島そのみ³⁾，鴨下賢一⁴⁾，仙石泰仁³⁾

要旨：本研究は，脳性麻痺者を対象に，3種類の座面を用いて，座面素材の違いによるリーチ動作中の座圧中心の移動および手の運動軌跡に与える影響を明らかにすることを目的とした．動作中の体圧分布測定から，座圧中心を求め，直線率および前後・左右移動距離を算出した．3次元動作解析より手関節の運動軌跡を求めた．その結果，リーチ達成回数に差が認められ，回数が少ない対象者はシリコン素材の座面でリーチ回数が多く，直線率の低下と手関節の運動軌跡の安定が示された．一方で，回数が多い対象者は座面による影響は少なかった．以上より，姿勢制御がより未熟な対象者ではシリコン素材の座面で効率的なリーチ動作が可能となることが示唆された．

キーワード：脳性麻痺．リーチ動作．座圧中心．3次元動作解析．

はじめに

脳性麻痺者（以下CP者）は，方向特異性を持った姿勢反応や同時収縮といった基本的な姿勢制御システムに障害をもち^{1,2)}，座位などの姿勢保持にサポートが必要であったり，姿勢と平衡を維持しながら重心移動を伴う上肢動作などの運動課題が困難であったりすることが多い．そのため，日常生活での様々な動作時に生じる姿勢の動揺を外的に支持しながら，自発的な運動を阻害しない姿勢設定が求められる．その一つに車椅子などで用いる座面クッションの工夫がある．

これまでの座面は，除圧性に優れたトータルフ

ィットを実現するような開発が多くなされている^{3)~6)}．しかし，圧力分散能に優れている柔らかいシートやクッション素材は，動作時には臀部が揺れて安定しない等の問題点が指摘されているため⁷⁾，日常生活や活動場面においては，利用者自身や介護者が不便を感じる可能性も少なくない．特に，姿勢保持が困難な重度の運動障害を呈する利用者は日常生活上の多くの活動を座位で行うため，動的課題にも適したシート・クッション素材の検討が必要である．筆者らは，これまでCP者を対象として除圧性に加え運動性にも優れた座面の開発を目指し検証を行ってきた．その結果，既存の除圧性の高い柔らかい座面クッションでは動作が安定しないことを報告してきた⁸⁾⁹⁾．

本研究では，シリコン製の座面クッションと従来から使用されているウレタンを用いた座面クッションを用い，CP者に対して，座面素材が

- 1) 済生会西小樽病院・みどりの里
- 2) 札幌医科大学大学院 保健医療学研究科
- 3) 札幌医科大学 保健医療学部 作業療法学科
- 4) 静岡県立こども病院

リーチ課題中の上肢の運動軌跡および座圧中心の移動に及ぼす影響を検討したので報告する。

方法

1. 対象

CP者9名(男性6名,女性3名)を対象とした。対象者はA市内の障害者更生施設もしくは授産施設で生活を行っている脳性麻痺者のうち、自力座位が可能で、口頭での指示に対しての理解が良好なものから募集を行った。年齢は44.2±6.5歳,身長153.9±7.0cm,体重54.9±8.9kg,Body Mass Index 23.3±4.3であった。粗大運動機能分類システム(以下,GMFCS)¹⁰⁾ではIIが1名,IIIが5名,IVが3名であった。対象者のプロフィールを表1に示す。

倫理的配慮として,対象者および施設代表者に対して本研究の内容を文書および口頭で説明した後,書面にて同意を得てから実験を実施した。なお,本研究は北海道公立大学法人札幌医科大学倫理委員会の承認を得て行った。

2. 機器と設定

体圧分布測定にはFSA(Verg社)を使用した。測定範囲は0~520mmHgである。測定の誤差範囲は±10%未満である。今回のサンプリング周波数は10Hzとした。側方にはWebカメラ(BWC-130MS03A,パッファロー社)を設置し,体圧分布測定装置と同期した。3次元動作解析にはローカス3D MA-3000(Anima社)を使用し,サンプリング周波数100Hzにて測定を行った。

反射マーカは,第7頸椎,第10胸椎,第5腰椎,右肩峰,左肩峰,右上前腸骨棘,左上前腸骨棘,利き手側の大転子部,肘頭および尺骨茎状突起の計10ヶ所とした。

3. 運動課題と実施方法

運動課題は,利き手側の上肢長の120%の距離で,肩峰前方および肩峰の高さに1cm四方の黄色い目標物を設置し,その目標物に触れる課題とした。目標物に触れたのち,開始肢位まで戻り,できるだけ多くの回数のリーチ動作を行ってもらった。課題時間は60secとした。

使用した座面は,低反発ウレタン(A),高反発ウレタン(B),作製したシリコン製の座面(C)の3種類とした。低反発ウレタンの素材特性は,密度55±5kg/m³,反発弾性15%以上,高反発ウレタンは密度40±2kg/m³,反発弾性30%以上である。シリコン座面は円柱状の高さ5cm,直径3cmのシリコンを縦横12個ずつ5mm間隔で配置したものを使用した。シリコンの硬度は硬度計デュロメータ(テクロック社)においてA15であった。これらのクッションはすべて着座した際の高さをそろえるよう厚みを調整した。

手続きとして,対象者は足底が設置しない高さの台に開始肢位として股関節,膝関節が90度になるように座り,足関節は自然肢位とした。台の前端から膝高までの距離は5cmに統一した。開始肢位として両上肢を大腿部にのせた状態に保持させた(図1参照)。その後,反射マーカを設置し,検者の合図によって60秒間課題を行

表1 各対象者の基本情報

対象者	性別	年齢	身長	体重	BMI	GMFCS	体幹機能	上肢機能	移動手段
CP1	男性	49	149	61	27.48	III	低緊張で支持性が低い	協調性低く,巧緻動作困難	車いす(一部屋内歩行あり)
CP2	女性	47	151.7	46.5	20.21	IV	低緊張で支持性が低い	巧緻動作困難	車いす
CP3	女性	41	162	55	20.96	III	低緊張で支持性が低い	分離不十分で巧緻動作困難	車いす(屋外で歩行あり)
CP4	男性	30	153	50.4	21.53	III	軽度過緊張	協調性低く,巧緻動作困難/箸使用	車いす
CP5	男性	48	157.5	73.9	29.79	III	やや低緊張	痙性・不随意あるが動作は可能,対立困難	車いす(歩行には歩行器使用)
CP6	女性	43	148	49.2	22.46	III	右体幹痙性により軽度過緊張	対立,巧緻動作は稚拙だが可能/箸使用	車いす
CP7	男性	52	160.2	55.7	21.70	II	右体幹軽度過緊張	良好/箸使用	歩行
CP8	男性	47	142	57.8	28.66	IV	過緊張	良好/箸使用	車いす
CP9	男性	41	162	45	17.15	IV	やや低緊張	巧緻動作困難/箸使用	車いす

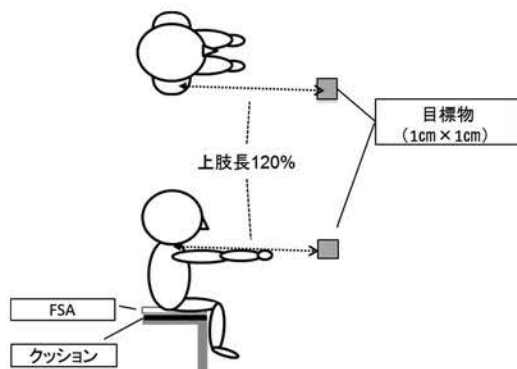


図1 実験設定

い、検者の合図によって終了した。課題前には練習を 3 回行い、課題が確実にできることを確認した。また、課題時の座面クッションの順序は無作為とし、順序効果を考慮した。

4. 分析

1) 課題達成度

対象者ごとに各座面クッションにおいて、60sec で実施されるリーチ回数を課題達成度として評価した。

2) 体圧分布

測定されたデータより、圧力が 20mmHg 以上の部位を分析対象とした。測定された座圧中心 (Center of pressure : COP) より、リーチ前とリーチ時の差から COP 移動距離、リーチ中のすべてフレームの COP 移動距離を加算したのから COP 総移動距離を算出し、下記の計算式より直線率 (SR) を求めた。

$$SR = \text{COP 総移動距離} / \text{COP 移動距離}$$

この直線率は、到達時の移動距離に対して、経時的な移動距離の加算がどの程度の割合を占めているかを示すものであり、直線的な運動を行っている場合は 1 に近い値を示し、効率的な運動が行えていることを示すものである¹¹⁾。

また、前後総移動距離 (AP) および左右総移動距離 (ML) を求めた。

なお、SR および AP, ML については予備実験として健常成人 5 名のすべての座面での平均と標準偏差より +2SD を求め、基準値とした。

統計処理には統計解析ソフト SPSS Statistics 21 を用いて SR, AP および ML について座面間の

違いについて統計学的分析を行った。

3) 3次元動作解析

得られたデータより、尺骨茎状突起上のマーカーを「手関節マーカー」として、水平面および矢状面上の手関節の運動軌跡を求めた。

結果

各対象者で、座面の違いに関わらずリーチ可能な回数は異なっていた。そのため、予備実験において健常成人では 20 回のリーチ動作を実施したことを参考に、半数である 10 回を目安として、座面の種類を問わずリーチ回数が 10 回未満の座面があった者と、すべての座面で 10 回以上できていた者でグループ分けを行った。リーチ回数が 10 回未満のグループを「グループ U10」、10 回以上のグループを「グループ O10」とした。

1. リーチ回数について

各対象者のリーチ回数を図 2 に示す。グループ U10 では、すべての対象者において最も少ないリーチ回数を示した座面は B であった。一方で、最も多いリーチ回数を示した座面は C であった。

グループ O10 では、各対象者において座面とリーチ回数にはバラつきがみられ、一定の傾向は得られなかった。

2. 体圧分布測定について

各対象者の SR, AP および ML の結果を図 3 に示す。予備実験から得られた健常成人の平均値はそれぞれ SR が 1.26 ± 0.18 , AP は 5.42 ± 2.93 , ML は 0.92 ± 0.28 であった。そのため、基準値を +2SD とした場合、それぞれの基準値は SR で 1.62, AP は 11.28, ML は 1.49 となった。統計処理から SR, AP および ML について座面間の違いに有意な差は得られなかった。

グループ U10 では、SR は基準値を超えるもの 4 名中 3 名おり、特に CP3 は基準値を大きく超えていた。その中でも C の座面で小さい値を示すものが 4 名中 3 名と多く、残り 1 名は座面間の

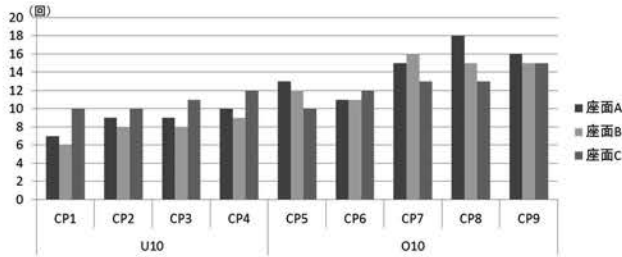


図2 各対象者のリーチ達成回数

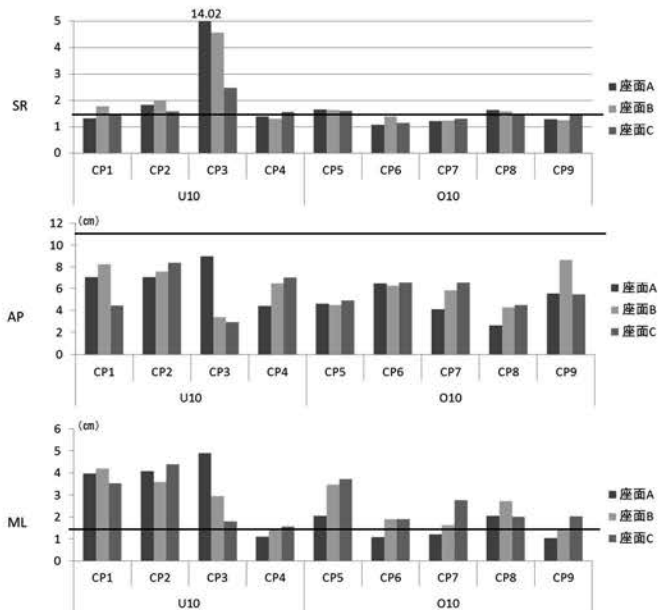


図3 各対象者のCOPの結果

上段はSRの結果を、中段はAPの結果、下段はMLの結果を示している。
直線は予備実験での健常成人の平均+2SDを示している。

違いが少なかった。AP, ML についてはマット間の差に一定の傾向はみられなかったが、4名中3名はMLにおいて全ての座面で基準値を越す値を示していた。一方、グループ O10 では、座面間の違いが少ない者が5名中4名と多く、全体的に基準値よりも少ない値であった。APおよびMLについてはグループ U10 と同様にマット間の差に一定の傾向はみられなかった。結果から、グループ U10 では、Cで最もSRが小さくなる傾向があること、グループ O10 ではマット間の差に一定の傾向がないことが示された。

3. 手関節の運動軌跡について

3次元動作解析より、手関節マーカーの矢状面および水平面における軌跡を求めた。その結果、グループ U10 では全体的なばらつきが目立つものの、Cの座面において他の座面よりも直線的な軌跡及び試行間のばらつきの軽減が認められた。

グループ O10 では座面による違いは小さく、どのマットにおいても軌跡は直線的となり、安定していた。

それぞれのグループの代表的な1例を図4, 5に示す。

考察

本研究では、シリコン製の座面クッションと既存のウレタン座面クッションを用いて、CP者に対してリーチ動作課題を実施した。その結果、座面素材の相違は、リーチ回数の違いとして示され、対象者の運動機能の特性が関係している可能性が考えられた。

対象者の運動機能は、体幹が低緊張で支持性が低い、あるいは巧緻動作が困難な群と、筋緊張は亢進しているが箸操作などの巧緻動作は可能な群に大別された。これらの群に今回のリーチ課題を実施した結果、前者の群では全体的にリーチ回数が少なくなり（グループ U10）、後者では多くなった（グループ O10）。

1. リーチ回数が少なかった群について

グループ U10 に分類された対象者は、グループ O10 と比較すると体幹の支持性が低く、上肢の巧緻性も低い。体幹機能が低いことから、運動に伴う中枢部の安定性が得られにくく、リーチ実施回数に影響を及ぼしたと考えられる。しかしながら、グループ U10 においては、全ての対象者で他の座面と比較するとすべての対象者で座面Cが最もリーチ回数が多い結果であった。また、課題達成度の違いが生じた背景を明らかにするためにCOPの分析を実施しているが、グループU10においてSRは健常成人の基準値よりも大きい者が存在し、座面Cで最も小さい値を示すものが多かった。SRは、より直線的な運動を行っている場合は1に近い値を示し、効率的なCOPの移動が行えているという指標であると考えられる¹¹⁾。つまり、グループU10では、直線的な運動に困難さを有しているものの、シリ

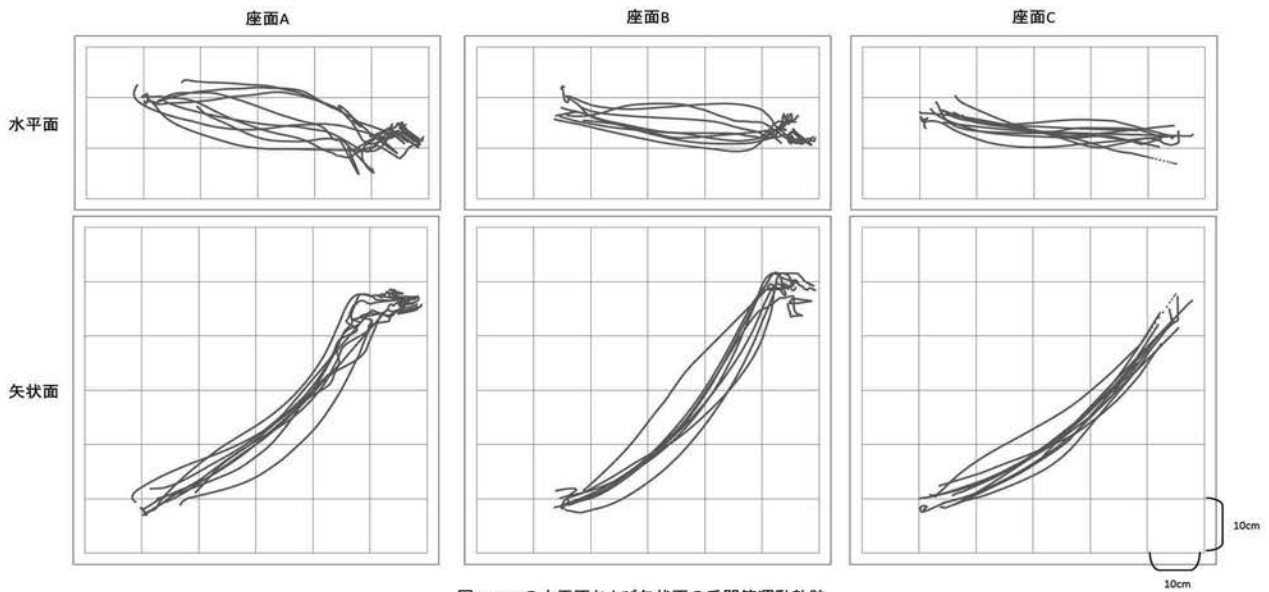


図4 U10の水平面および矢状面の手関節運動軌跡

上段のグラフは手関節マーカ-の水平面上での軌跡を示している
 下段のグラフは手関節マーカ-の矢状面上での軌跡を示している。
 それぞれの軌跡において、左端が運動開始時、右端がリーチ達成時である。
 グラフの軌跡は開始肢位から目標物までのリーチを行っている軌跡であり、目標物から開始肢位に戻る運動軌跡は除外している
 それぞれの曲線は、各試行での軌跡を示しており、すべてのリーチ軌跡を提示している。

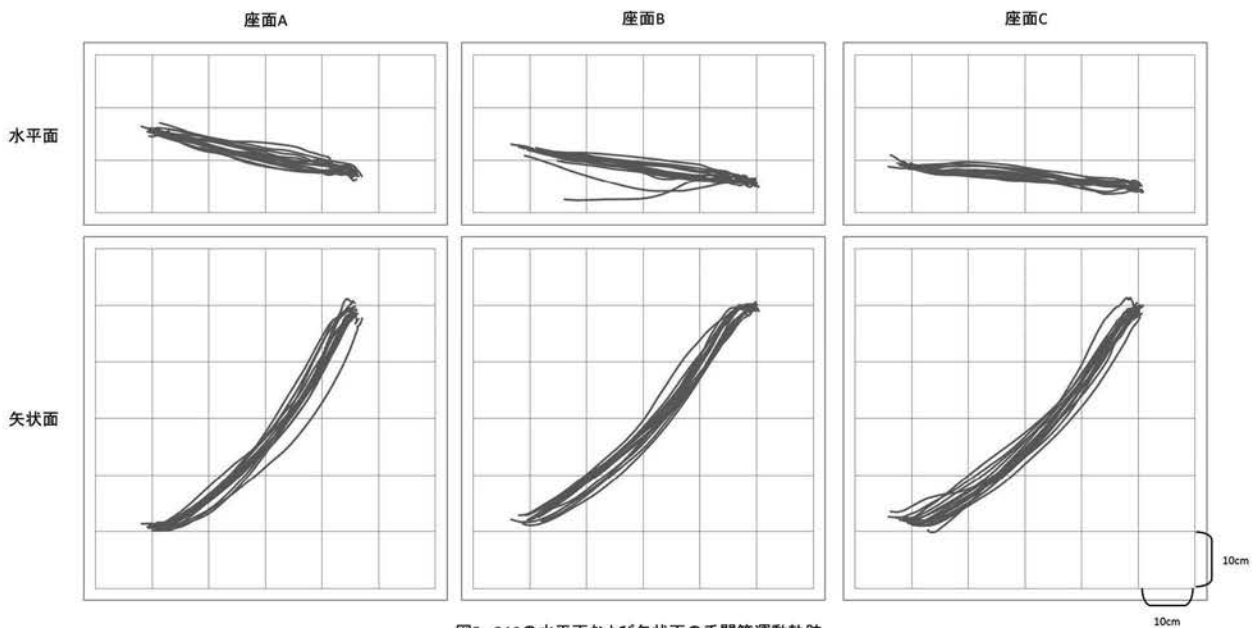


図5 O10の水平面および矢状面の手関節運動軌跡

上段のグラフは手関節マーカ-の水平面上での軌跡を示している
 下段のグラフは手関節マーカ-の矢状面上での軌跡を示している。
 それぞれの軌跡において、左端が運動開始時、右端がリーチ達成時である。
 グラフの軌跡は開始肢位から目標物までのリーチを行っている軌跡であり、目標物から開始肢位に戻る運動軌跡は除外している
 それぞれの曲線は、各試行での軌跡を示しており、すべてのリーチ軌跡を提示している。

コン製座面で改善傾向にあり，課題達成度も良好であることが示された。

このことに関して，CP者では，体性感覚系の障害により適切な感覚フィードバックが得られず姿勢制御が困難になる場合があることが知られている¹²⁾¹³⁾。先行研究においても，立位バランス時に，足底の接地面が固い素材と発泡性の

素材では発泡性の素材においてより動揺が大きくなることが示されている¹³⁾。これらのことを考えると，シリコン製の座面クッションからの強い感覚フィードバックが体幹の姿勢制御に対しより多くの情報を与えたため，姿勢保持や実際の動作が良好となり，リーチ回数の増加に繋がったと考えられる結果であった。

また、座面 C は、個々のシリコンが可動性を持つように配置されている。このことは、前方へのリーチ動作に対して補助的に作用するとともに、ウレタンと比較すると沈み込みが少なく、左右への動揺を減少させていたと考えられる。圧力が加わることで沈み込むような素材では、左右への不安定性が増すことが示されており⁷⁾、今回ウレタン素材の座面 A で SR が大きい対象者がいたことを支持している。

個別にみてみると、CP1～CP3 は低反発ウレタン又は高反発ウレタン座面クッションにおいて SR が大きかった。低反発ウレタンの場合、リーチ動作を行うたびに变化する支持基底面の形状に姿勢保持機能に対応できていなかったためと推察される。高反発ウレタンでは、低反発ウレタンのような沈み込みがない分、支持基底面内に動作のたびに变化する重心を自ら保持しなくてはならないと考える。これらの3名は、COP の左右の動揺が大きいことから、姿勢制御機能が他の対象者よりも劣っていることが確認できる。そのため、上記のいずれかに対応できず、直線的な動作が困難であった可能性がある。特に CP3 では大きな SR を示していた。屋外での歩行時、石や段差を踏んだ際に姿勢を保持することができず転倒リスクが高い、という日常の様子とも関係している可能性がある。

さらに、3次元動作解析の結果からも、グループ U10 では全体的にグループ O10 と比較して施行ごとのばらつきが大きい傾向を示したが、座面 C でより直線的で、目標物付近での動揺が少ない軌跡を示す対象者が存在した。リーチ動作において、より姿勢制御を要する課題では、CP 者は運動効率よりも姿勢の安定を優先する傾向があり¹¹⁾、今回の結果からも、より不安定な座面において手関節の運動軌跡が延長する傾向が示された。また、脳卒中後遺症といった同様の中枢神経系の障害による麻痺側のリーチ動作においても、1回毎のリーチの運動パターンが異なる

ことが示されており¹⁴⁾、グループ U10 の CP 者においても、先行研究と同様の傾向が確認された。

2. リーチ回数が多かった群について

グループ O10 の対象者については、COP および運動軌跡の結果は座面による違いが少なかった。これらの対象者では、座面が異なっても 10 回以上リーチ動作を行うことができている、運動に伴う姿勢制御能力が比較的高いと考えることができる。基本情報からも、これらの対象者は日常生活場面において、移乗動作が自立しており、車いすでの自由な移動が可能であることや箸を使用することができるような巧緻性を有していることと矛盾しない。座位での安定した姿勢では座面の素材に左右されることなく、一定以上のパフォーマンスを発揮することができ、課題が達成できていたと考えられる。

しかしながら、SR は基準値を超えるものが少なかったのに対し、ML は基準値を超える結果が多く観察されている。これは、比較的機能が高いと判断される対象者も、健常成人と比較すると姿勢制御機能は低いということを示した結果である。CP 者で COP の左右動揺が大きいことは先行研究¹¹⁾でも示されていることであり、今後、座面の効果を示していく上でも重要な指標となる可能性がある。

まとめと今後の課題

体幹の機能が低く、課題実施回数が少なかった CP 者において、シリコン製の座面クッションは他の座面クッションよりも COP の移動が効率的で、かつ、末梢の運動軌跡も安定する可能性が示された。今後、CP 者の臨床像に合わせて更なる検討が必要である。また、今回はリーチングのみの課題であったが、今後はリーチと操作を組み合わせた課題を実施し、日常生活場面を想定した設定での検討を行う必要があると考えられる。

謝辞

今回、実験に御協力いただいた対象者に感謝の意を表すとともに、実験を行うに当たり多大な協力をしてくださった、吉田順一先生をはじめ障がい者支援施設福祉村のスタッフの方々に感謝申し上げます。

また、今回の研究を遂行するにあたり、シリコン素材を提供してくださった株式会社ゴム Q 代表取締役鈴木利明様に深く感謝いたします。

文献

- 1) 大畑光司：脳性麻痺に関する臨床研究の成果と今後の課題。理学療法 27：852-858。2010
- 2) van der Heide JC, Begeer C, Fock JM, Otten B, Hadders-Algra M, et al: Postural control during reaching in preterm children with cerebral palsy. Dev Med Child Neurol 46：253-266。2004
- 3) 谷本義雄, 徳弘昭博, 武智秀夫, 山本秀樹：褥瘡予防のための圧力計測。電子情報通信学会技術研究報告 102：1-6。2003
- 4) 長岡健太郎, 木村哲彦, 森田能子, 滝沢茂男：座位姿勢保持と褥瘡予防に適應する5角クッションの開発と利用。バイオフィリア リハビリテーション研究 4：5-10。2007
- 5) 藤川潤子, 仲上豪二郎, 赤瀬智子, 須釜淳子, 松尾淳子ほか：新しい高齢者用ダイナミッククッションにおける圧分散の評価。褥瘡会誌 12：28-35。2010
- 6) 青木詩恵, 貝谷敏子, 只浦寛子, 徳永恵子：マットレスの違いによる体圧分散効果と寝心地。宮城大学看護学部紀要 10:63-71。2007
- 7) Garber SL, Dyerly LR：Wheelchair cushions for persons with spinal cord injury: an update. Am J Occup Ther 45: 550-554。1991
- 8) 小玉武志, 中村裕二, 中島そのみ, 仙石泰仁：座面素材が前方リーチ動作中の体圧分布に与える影響。日本作業療法学会抄録集 46:P0602。2012
- 9) 小玉武志, 中村裕二, 中島そのみ, 仙石泰仁：シリコン製座面クッションが座位姿勢に与える影響（第二報）脳性麻痺患者に対する動作課題の検討。日本作業療法学会抄録集 47:P251。2013
- 10) Palisono R, Rosenbaum P, Walter S, Russell D, Wood E, et al：Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. Dev Med Child Neurol 39：214-223。1997
- 11) Ju YH, You JY, Cherng RJ: Effect of task constraint on reaching performance in children with spastic diplegic cerebral palsy. Res Dev Disabil 31:1076-1082。2010.
- 12) Teflioudi EP, Zafeiriou DI, Vargiami E, Kontopoulos E, Tsikoulas I: Somatosensory evoked potentials in children with bilateral spastic cerebral palsy. Pediatr Neurol 44: 177-182。2011
- 13) Cherng RJ, Su FC, Chen JJ, Kuan TS: Performance of static standing balance in children with spastic diplegic cerebral palsy under altered sensory environments. Am J Phys Med Rehabil 78:336-343。1999
- 14) Levin MF：Interjoint coordination during pointing movements is disrupted in spastic hemiparesis. Brain 119:281-293。1996.

Effects of the seat cushion on the center of pressure and the motion trajectory during reach movement in individuals with cerebral palsy

By

Takeshi Kodama, Yuji Nakamura, Sonomi Nakajima, Kenichi Kamoshita, Yasuhito Sengoku

From

- 1) Saiseikai Nishi Otaru Hospital, Midori-no-Sato
- 2) Graduate School of Health Sciences, Sapporo Medical University
- 3) School of Health Sciences, Sapporo Medical University
- 4) Shizuoka Children' s Hosipital

This study investigated effects of the seat cushion on the center of pressure (COP) and the 3D motion trajectory during reach movement in individuals with cerebral palsy. We used 3 types of cushions. Center of pressure coordinates were monitored using a pressure measurement system as well as a force platform under the seats, and the motion trajectories of the wrist were monitored using 3D motion analysis. The results showed that there were differences of reach achievement numbers among individuals. In a group of individuals with less achievement, the results showed an increase in the reach number and a decrease in the straight rate and stability of the movement trajectory when individuals using the silicon cushions compared to other type cushions. On the other hand, in a group of individuals with much achievement, the reach numbers were less affected by the material of the seat cushion. This study suggested that it was possible to attain effective reach movement by using silicon cushions in people with less postural control, such as those with cerebral palsy.