

■原著

車椅子クッションと座面のたわみが 座位動作に及ぼす影響の検討

The influence of wheelchair cushions and deflection of the wheelchair seat on sitting motion

森田 智之^{1,2}, 山田 拓実²

Tomoyuki Morita^{1,2}, Takumi Yamada²

要 旨：【目的】車椅子クッションと車椅子座面のたわみが左右方向の座位動作に及ぼす影響を定量的に検討する。【方法】対象は健常者男女9名，計測は三次元動作解析装置を用いた。計測は左右に体幹を動かす動作とした。条件は車椅子クッション4種類とクッションなしの5条件に，それぞれ座面板（以下ボード）挿入の有無を乗じた計10条件とした。アウトカムは前額面での合成重心移動距離と骨盤角度とした。【結果】合成重心移動距離はロホワンバルブがJ2とクッションなしと比べて有意に少なかった。骨盤角度はクッションなしとロホワンバルブがバリライトとJ2と比べて有意に小さかった。どちらもボードの有無では差がなかった。【結論】前額面合成重心移動距離は硬い材質の座面が大きかった。前額面骨盤角度は大転子に支持のある形状のクッションが大きかった。本計測動作では座面のたわみは影響がなかった。

キーワード：車椅子クッション，座面たわみ，座位動作

I はじめに

車椅子を利用して日常生活を送っている方は下肢体幹機能障害により歩行による移動が困難である場合が多い。そのため離床している時間のほとんどを車椅子上で過ごすことになり，この状態では体重のほとんどを座面で支持している。そのため感覚障害がある場合や筋委縮などにより坐骨や尾骨に骨突出がある場合は褥瘡発生リスクが高くなる¹⁾。車椅子クッションはこのような褥瘡発生リスクの高いケースに処方され，圧再分配(pressure redistribution)によって局所に集中しやすい

圧力を分散して褥瘡予防に寄与する^{2,3)}。したがって車椅子クッションは褥瘡発生リスクが高い場合には圧再分配性能が高いものを選択する。先行研究では座面接触圧(以下座圧)計測を用いて静止座位でのクッションの圧再分配性能の比較が行われている⁴⁻⁷⁾。しかし日本でのガイドラインではクッションについて圧力分散性能の優劣は特に指摘されておらず²⁾，臨床における選択方法も使用する症例に合わせて評価を行い選択している。その際には座圧計測のほか，移乗や車椅子上動作などの評価も行う。車椅子上動作とは褥瘡予

1 神奈川県リハビリテーション病院理学療法科 Department of Physical Therapy, Kanagawa Rehabilitation Hospital

2 首都大学東京大学院人間健康科学研究科理学療法科学域 Department of Physical therapy, Graduated School of Human health Sciences, Tokyo Metropolitan University

防や疼痛回避のための除圧動作、ベッドやトイレなどへの移乗動作、食事や更衣などの日常生活動作などを指す。除圧動作には上肢で体を持ち上げる、下肢に支持性がある場合は下肢で体重を支持する、車椅子上で体を前後左右に傾けるなどがある。特に前後左右への動きは体を持ち上げずに除圧動作を行うことができるために上肢の筋力が不十分な場合やバランス能力が高くない場合にも用いることができる。座面の安定性はこれらの動作のやりやすさに影響を与える。また日常生活動作では前後左右へのリーチ動作が必須である。この時にも重心が移動することによって座面の安定性が動作のやりやすさに影響を及ぼす。以上により車椅子クッションが座位動作にどのような影響を及ぼすかは重要な選択基準となる。先行研究では前方リーチと車椅子クッションの関連を調査した報告がある⁸⁾が、側方の重心移動についての調査は行われていない。またクッションの物理的特性や使用した時の主観評価などの報告がある⁹⁾が、座位動作との関連は報告されていない。

車椅子の座面の素材はナイロンなどが使用されることが多く、荷重によって伸長されて座面がたわんでしまう現象が生じる。車椅子上での静的な姿勢保持において、座位保持が不安定な場合にはたわみの影響で骨盤の側方傾斜が生じやすくなるといわれている¹⁰⁾。先行研究では座面のたわみと殿部ずれ力の関係を調査した報告はある¹¹⁾が、側方への重心移動などの座位動作へのたわみの影響に関する調査は行われていない。

以上の背景のもと、本研究の目的は車椅子クッションと車椅子座面のたわみが側方への座位動作に及ぼす影響を定量的に検討することである。

II 方法

対象は健常者9名(男性2名,女性7名)とした。年齢 21.9 ± 1.4 歳,身長 165.2 ± 3.7 cm,体重 54.9 ± 4.3 kg(いずれも平均 \pm SD)だった。使用機器は、三次元動作解析装置 VICON Nexus (Vicon Motion Systems Ltd. UK), 40 cm \times 60 cm 床反力計4枚 (kistler, Switzerland), 車椅子(パンテラジャパン社製, calm), 座面板(40 cm \times 40 cm の合板, 以下ボード)とした。クッションは4種類

使用した。使用したクッションはJ2(Sunrise Medical(US)LLC, USA), ロホ・ハイタイプ(the ROHO group, USA, 以下ワンバルブ), ロホ・クアドトロセレクト(ハイ) (the ROHO group, USA, 以下クアドトロ), バリライトエボリューション(Cascade Designs Inc. USA, 以下バリライト)だった(図1)。計測にあたり車椅子のバックサポートとアームサポートは取り外した。

各車椅子クッションについて概説する。車椅子クッションの褥瘡予防機能を考える際には沈み込み(immersion⁷⁾)と包み込み(envelopment⁷⁾)という概念が重要である。沈み込みは「Depth of penetration (sinking) into a support surface(支持面の中に沈み込む深さ, 筆者訳)」、包み込みは「The ability of a support surface to conform, so to fit or mold around irregularities in the body(適合, すなわちからだの中の凹凸の周りを包み込むまたはフィットするための支持面の能力, 筆者訳)」と定義されている。これらの概念をふまえて各クッションの特徴を説明する。ワンバルブとクアドトロは共に空気室構造クッションまたはエアセルクッションとも呼ばれている。空気室構造クッションは骨突出部がクッションの底に付かない程度に空気量を調整して殿部の沈み込みと包み込みで骨突出部に集中しやすい圧力を分散する(骨突出部がクッションの底に付いてしまう現象を底付きという)。したがって殿部全体で支持するという特徴を持つ。その反面支持している座面が空気室のために不安定性が指摘されることがある。ワンバルブでは特に空気の移動する範囲が大きいことが不安定性の要因となる。クアドトロはこの問題を解決するためにセルを四分分割することで空気の移動する範囲を小さくし, 不安定性の改善を目指したクッションである。エボリューションは空気室とウレタンの混合クッションである。「障害者の日常生活及び社会生活を総合的に支援するための法律(障害者総合支援法)」では座位保持装置完成用部品に指定されている。空気量を調整することで沈み込みと包み込みを提供し, なおかつウレタン部分で底付きを防止する。またウレタン部分で大腿部や大転子を支持して座位の安定性向上を図っている。J2はこれまでのクッションと



図1 クッションの全景とベースおよび本体の形状

J2: 材質は密封ウレタンとゲルで、それぞれを組み合わせて構成されている。

ロホ・ハイタイプ: 材質は耐失禁ネオプレンラバーで、空気室を構成する。

ロホ・クアドトロセレクト(ハイ): 材質は耐失禁ネオプレンラバーで、空気室を構成する。空気室が4分割される構造になっている。

バリライトエボリューション: 自動膨張エアクッションと特殊フォームを組み合わせて構成されている。

J2, バリライトの矢印の部分は側方の支持を提供し、大転子を支持する構造になっている。くぼんでいる部分は坐骨や尾骨などの骨突出部への沈み込みと包み込みを提供する。ロホクッションの形状は直方体で、空気室に荷重がかかると荷重部が沈み込んで、沈み込みと包み込みを提供する。

異なり、材質にゲルを使用している。J2もエボリューションと同様に座位保持装置完成用部品に指定されている。構造はベースに硬質ウレタンを使用し、褥瘡発生リスクの高い坐骨や尾骨部分にくぼみをつくってそこにゲルを乗せており、このゲルの部分で沈み込みと包み込みを提供している。大腿部や大転子は硬質ウレタンの上にベース部分よりも柔らかいウレタンを配置し、十分な支持が得られる構造となっている。

三次元動作解析のために直径14mmの赤外線反射マーカを左右前頭部、左右後頭部、左右肩峰、胸骨柄上端、剣状突起、左右上前腸骨棘、左右上後腸骨棘、第7頸椎棘突起、第10胸椎棘突起、右肩甲骨に貼付した(図2)。Vicon社が提供するPlug in Gait modelから頭部、体幹、骨盤の必要部分のみ使用した。

計測条件は座面へのボード挿入有無、クッション4種類とクッションなしの計5種類と1被験者あたり10条件とした。ワンバルブ、クアドトロ、

バリライトは計測前に空気を適正量に調整した。ワンバルブ、クアドトロの場合は被験者がクッション上に座った時に坐骨結節からクッションの底まで2から3センチとなるように、バリライトは十分沈み込んでいて、かつ底付きしない程度とした。空気量の調整は被験者毎に行った。座面のたわみは座面に5kgの重りを置いたときに左右両端を結んだ直線から中央が4cm下がるように調整した¹¹⁾。計測開始時の姿勢はクッションありの場合、被験者はクッションを置いた車椅子の座面上に座った。クッションなしの場合は座面上に直接座った。車椅子の高さは足底が床に接地しない高さに調整した。両上肢は体幹の前で軽く組み、膝でテニスボール大のボールをはさんだ(図3)。膝でボールを挟んだ理由は股関節内転筋群を働かせることで股関節外転による大腿部での支持を最小限にするためである。計測動作および動作の速さは先行研究^{12~14)}を参考に定めた。計測動作は体幹直立位から右最大傾斜、直立位、左最



図2 マーカーの位置

計測開始姿勢

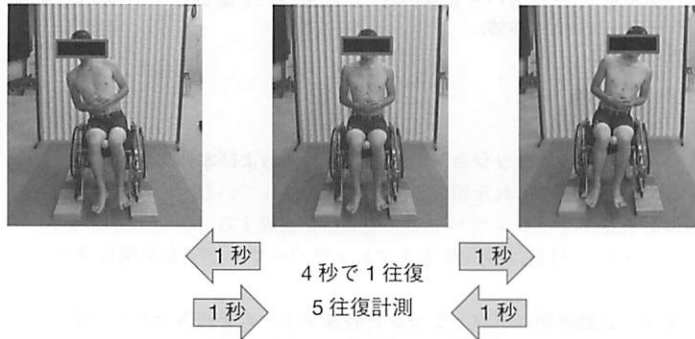


図3 計測開始姿勢と計測動作

被験者はクッションを置いた車椅子の座面上に座る。クッションなしの場合は座面上に直接座る。車椅子の高さは足部が床に接地しない高さに調整する。両上肢は体幹の前で軽く組み、膝でテニスボール大のボールをはさむ。計測動作は体幹直立位から右傾斜、直立位、左傾斜、直立位で1往復とした。それぞれ1秒ずつで動作を行って動作頻度は1分間に最大傾斜を30回行う頻度とした。

大傾斜、直立位で1往復とした。先行研究では①脳血管疾患者と健常者を対象に椅子座位で前後方向、左右方向の重心移動を計測、②脊髄損傷者を対象に端座位と長座位で前屈、側屈、回旋動作を計測、③脳血管疾患者を対象に椅子座位で静止座位と左右方向の重心移動を計測していた。それぞれ動作の速さが異なり、1分間に①30回、②40回、③52回となっていた。これらの速さで予備調査を行い、クッションを使用しても動作が十分可能な1分間に30回とした。したがって体幹直立位から右最大傾斜、直立位、左最大傾斜、直立位とそれぞれ1秒ずつで動作を行った(図3)。1条件に対して5から6往復計測を行った。計測施行前にはそれぞれのクッションで十分練習動作を行った。クッションの計測順序は被験者毎にランダムに割り振った。

解析は前額面合成重心移動距離と前額面骨盤角

度を算出した。まずVicon社製バイオメカニクス解析ソフトウェアBodybuilderでプログラミングして頭部、体幹、骨盤の体節重心、およびそれらの合成重心を算出した。今回の計測動作では合成重心は計測開始位置が原点となる。そして左右に動いた時の限界点が2秒に一回現れる。この左右の限界点の差が振幅となる。リズムが一定なので合成重心はほぼ正弦カーブを描く。この合成重心の振幅は一回の計測で5~6回算出することができる。これらの振幅の平均をその条件(例:クッションなしボード有りなど)に対する前額面合成重心移動距離とした。

次に重心と同様にBodybuilderでプログラミングして骨盤の空間における絶対角度を算出した。重心の時と同様に左右に動いた時の限界点が2秒に一回現れるので、その時の骨盤角度をそれぞれ算出した。左右の角度の合計が一回の計測で5~

6回算出されるので、これらの角度の平均をその条件に対する前額面骨盤角度とした。

統計学的解析方法は二元配置分散分析を使用した。まずクッション間、ボード有無間で比較した。有意差のあった項目について多重比較を行い、多重比較はTukeyの方法を使用した。有意水準は5%とした。統計ソフトはSPSS Ver16.0Jを使用した。

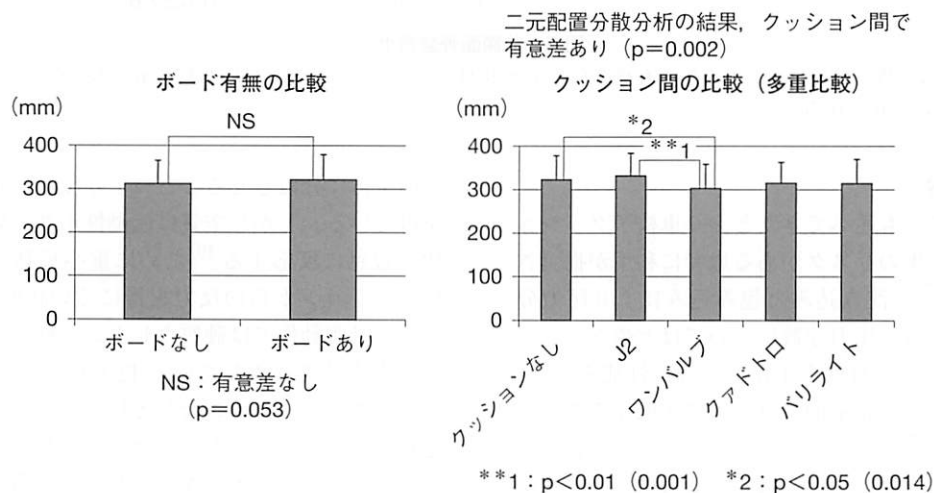
本研究は首都大学東京荒川キャンパス倫理委員会の承認を得た(承認番号11023)。研究参加者には文書で説明し、同意を得た。

III 結果

前額面合成重心移動距離は全クッションの平均は 317 ± 53 mm(平均 \pm SD, 以下同様)だった。二元配置分散分析のクッション間での比較では有意差を認めなかった($p = 0.002$)。クッション間での多重比較の結果はJ2(332 ± 52 mm), クッション

無し(322 ± 55 mm)がワンバルブ(303 ± 56 mm)よりも有意に大きかった。ボード有無ではボード有りの平均が 321 ± 58 mm, ボード無しの平均が 312 ± 54 mmだった。ボード有無間では有意差を認めなかった($p = 0.053$) (図4)。交互作用はなかった($p = 0.532$)。

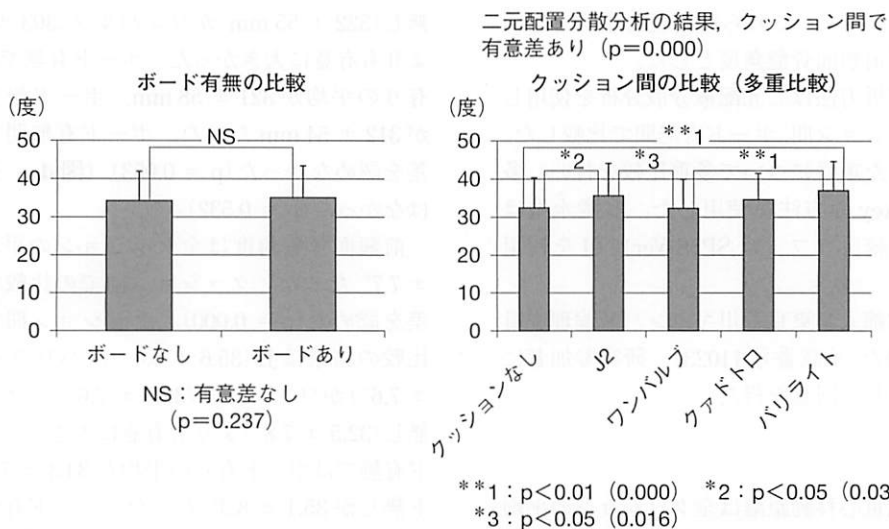
前額面骨盤角度は全クッションの平均は $34.4 \pm 7.7^\circ$ だった。クッション間での比較では有意差を認めた($p = 0.000$)。クッション間での多重比較の結果はJ2($35.6 \pm 8.4^\circ$), バリライト($37.0 \pm 7.6^\circ$)がワンバルブ($32.3 \pm 7.6^\circ$), クッション無し($32.5 \pm 7.8^\circ$)よりも有意に大きかった。ボード有無ではボード有りの平均が $34.3 \pm 7.6^\circ$, ボード無しが $35.1 \pm 8.3^\circ$ だった。ボード有無間では有意差を認めなかった($p = 0.237$) (図5)。交互作用はなかった($p = 0.536$)。



クッション名	前額面合成重心移動距離 (mm)
クッションなし	322.5 ± 55.3
J2	331.5 ± 51.8
ワンバルブ	302.6 ± 56.2
クアドトロ	314.9 ± 47.6
バリライト	314.1 ± 55.8

図4 前額面合成重心移動距離

二元配置分散分析の結果, ボード有無で有意差なし($p = 0.053$), クッション間で有意差あり($p = 0.002$), ボード有無で交互作用なし($p = 0.532$)。



クッション名	前額面骨盤角度 (度)
クッションなし	32.5±7.8
J2	35.6±8.4
ワンバルブ	32.3±7.6
クアドトロ	34.6±6.9
バリライト	37.0±7.6

図5 前額面骨盤角度

二元配置分散分析の結果, ボード有無で有意差なし (p = 0.237), クッション間で有意差あり (p = 0.000), ボード有無の交互作用なし (p = 0.536)。

IV 考察

これまでにも述べてきたとおり車椅子クッションは褥瘡発生のリスクがある患者に利用が推奨されており¹⁵⁾, 沈み込みと包み込みにより圧力分散を提供する。圧力分散についてはどのクッションもそれぞれの特性を生かして高い性能を示し, 座圧計測などで定量的に計測して比較することも可能である^{16,17)}。しかし車いすクッションの座位動作への影響については圧力分散のように機能が定義されていない。そのためクッションの特性を決める因子として挙げられている材質, 構造, 形状¹⁸⁾から今回の結果を考察する。

前額面合成重心移動距離について, ワンバルブがJ2およびクッションなしよりも有意に小さかった理由として材質および構造の違いが挙げられる。ワンバルブは空気室構造でセルを連結させることで空気が移動し, 身体が沈み込むことによりクッションとの接触面積を増大させ, 体圧を接

触面全体に分散させることにより優れた除圧効果を得ている。しかし空気は流動性が高く姿勢の変化に敏感に反応する¹⁹⁾ために重心移動したときにクッションからの反力を得にくい状態となり, 今回の計測動作では硬質ウレタンと軽量フォームで側方支持を提供しているJ2や座面に流動する物質がないクッションなしと比べて前額面合成重心移動距離が小さくなったと考えられる。しかし, クアドトロで有意差がなかったことは構造上空気の移動する範囲を狭くしている¹⁹⁾ことでワンバルブよりも反力を得やすかった可能性がある。この結果はワンバルブとクアドトロの構造上の特性の違いが結果に反映していると考えられる。

前額面骨盤角度については, J2, バリライトがワンバルブとクッションなしよりも大きかったことは興味深い。特にクッションなしよりも大きかったことにより, これらのクッションを使用した場合はクッションを使用しない状態よりも骨盤

を動かしやすかったと解釈できるからである。骨盤を側方に大きく傾けるためには支持部位が坐骨から大転子に移る必要がある。J2は硬質ウレタンと軽量フォームで、バリライトはウレタンフォームで大転子に支持を提供している(図1)。この構造による大転子への支持により坐骨から大転子へのスムーズな重心移動が可能となったと考えられる。ワンバルブは荷重がかかると空気が流動する構造になっているために、大転子に重心が移ったときの沈み込みがJ2、バリライトと比較して大きく沈み込んでしまい、骨盤の動きに対して不利に働いたために前額面骨盤角度が有意に小さくなったと考える。しかしクアドトロは有意差がなく、空気が流動する範囲を狭くすることで重心移動した時に大転子への支持を提供できた可能性がある。

ボードの有無で動作への影響がなかったことは対象者が健常者であったことと今回の計測動作の特性が影響している可能性が考えられる。前述のとおり座位保持が不安定な場合、静的な姿勢保持ではたわみの影響で骨盤の側方傾斜が生じやすい¹⁰⁾といわれているが、今回は健常者を計測対象者としたために座位保持が安定しており、座面のたわみが大きく影響しなかったと考えられる。また今回は動的な姿勢変換に対する特性を計測したため、静的な姿勢保持での現象とは異なる結果になったとも考えられる。

今回の計測動作の臨床的意義については、前額面合成重心移動距離は限界まで側方に動こうとしたときの大きさを表しており、車いす座位における側方リーチの大きさに関連していると考えられる。前額面骨盤角度は側方に限界まで動こうとしたときの骨盤の動きやすさを表している。この動きは例えば四肢麻痺者が車いすグリップに上肢を引っ掛けて体幹を側方に倒して臀部の除圧を行う場面¹⁸⁾が相当する。今回の結果はこれらの動作において臨床場面で使用した時の感覚に近く、本研究はクッションの特性を定量的に評価できた可能性が高いと考える。褥瘡発生リスクと前額面重心移動距離および骨盤角度との関係について直接示した報告はこれまでにないが、座面接触圧計測から体幹側屈が除圧に有効であるとの報告があ

る²⁰⁾。体幹側屈という動作の特徴から前額面合成重心移動距離と骨盤角度はともに座面接触圧に影響を及ぼすと考えられる。したがって本研究の結果は体幹側屈で除圧動作を行う対象者のクッション選択の参考になると考えられる。

下肢体幹機能障害がある四肢麻痺者や対麻痺者の場合、下肢や体幹の筋力で今回の動作を行うことは困難で骨性や靭帯性支持¹⁴⁾や上肢の支持など¹⁸⁾を使う。本研究の被験者は下肢体幹機能が正常な健常者なので下肢体幹の筋力を用いての動作が可能であり、実際に車椅子やクッションを使用する方とは動作の特性が本質的に異なる可能性がある。しかし側方への重心移動という課題は共通しており、その課題においてクッションが及ぼす影響を定量化できたことに本研究の意義があると考えられる。

V 結論

前額面合成重心移動距離は座面の材質と構造が影響していた。前額面骨盤角度は大転子に支持のある形状のクッションが大きかった。座面のたわみは今回の計測では差が出なかった。本研究は対象が健常者であるが側方への重心移動という課題に対してクッションの影響を定量化できた。

文 献

- 1) 大桑麻由美: リスクアセスメントスケール各論, 宮地良樹, 真田弘美編著, よくわかって役に立つ褥瘡のすべて, 第1版: 26-47, 永井書店, 大阪, 2006.
- 2) 日本褥瘡学会編集: 褥瘡予防・管理ガイドライン, 46-53, 59-66, 2009.
- 3) National Pressure Ulcer Advisory Panel. Support surface standards initiative: Terms and definitions related to support surfaces. Ver. 01/29/2007.
- 4) Yuen H K, Garrett D: Comparison of three wheelchair cushions for effectiveness of pressure relief. *Am J Occup Ther*, 55: 470-475, 2001.
- 5) Kernozek T W, Lewin J E: Seat interface pressures of individuals with paraplegia: Influence of dynamic wheelchair locomotion compared with static seated measurements. *Arch Phys Med Rehabil*, 79: 313-316, 1998.
- 6) Brienza D M, Karg P E: Seat cushion optimization: a

- comparison of interface pressure and tissue stiffness characteristics for spinal cord injured and elderly patients. *Arch Phys Med Rehabil*, 79: 388-394, 1998.
- 7) 工藤俊輔, 大澤諭樹彦, 初山日出樹, 他: 車椅子座圧分布に及ぼす臀部脂肪量と座位姿勢・クッションの影響, *秋田大学医短紀要* 8: 67-73, 2000.
 - 8) 勘林智子, 佐藤秀一, 佐藤秀紀, 他: シートクッションの材質特性が前方リーチ動作に及ぼす影響, *青森保健大雑誌* 8(1): 37-44, 2007.
 - 9) 西岡基夫, 岡田明, 山下久仁子, 他: 車いす用座位補助用具の座り心地に関する研究—クッション材の違いによる人間工学的評価—, *人間生活工学*, 3(4): 53-60, 2002.
 - 10) 木之瀬隆, 廣瀬秀行: 座位姿勢の基本的な考え方とシーティングシステム—高齢者向けの座位保持装置—, *作業療法ジャーナル*, 30(6): 465-472, 1996.
 - 11) 小原謙一, 江口淳子, 渡邊進, 他: 普通型車いすシートのたわみが臀部ずれ力推定値に与える影響, *広島大学保健ジャーナル*, 7(2): 59-65, 2008.
 - 12) 川手信行: 脳卒中片麻痺患者における立位・座位姿勢保持時重心動揺と座位姿勢変換時重心移動について, *リハ医学*, 34(2): 121-128, 1997.
 - 13) 網本和, 杉本諭, 高橋哲也, 他: 半側空間無視例における視覚的垂直定位障害と坐位平衡機能の関連について, *理学療法学*, 19(1): 1-6, 1992.
 - 14) 丸岡弘, 上小鶴正弘: 脊髄損傷者の座位バランスの分析, *運動生理*, 5(1): 15-20, 1990.
 - 15) European Pressure Ulcer Advisory Panel and National Pressure Ulcer Advisory Panel. *Prevention and treatment of pressure ulcers: quick reference guide*. Washington DC: National Pressure Ulcer Advisory Panel; 2009.
 - 16) 松尾清美: 評価-1 プレッシュャーマッピングの計測方法とその意味, *リハエンジニアリング*, 18(2): 5-9, 2003.
 - 17) 廣瀬秀行: リハビリテーション工学面から見た褥瘡予防, *リハビリテーション医学*, 39(8): 497-503, 2002.
 - 18) 森田智之: 車いす・シートクッションの処方, 岩崎洋(編), *脊髄損傷理学療法マニュアル*, 第1版: 239-264, 文光堂, 東京, 2006.
 - 19) 篠山潤一: 特性-2 エアセル・エアクッションの特性, *リハビリテーション・エンジニアリング*, 18(2): 19-22, 2003.
 - 20) 武田正則, 古沢一成, 谷本義雄, 他: 脊髄損傷者における車いす上除圧・減圧姿勢の検討, *総合リハ*, 38(6): 563-569, 2010.

Abstract : Purpose : The purpose of this study was to investigate quantitatively how wheelchair cushions and the deflection of the wheelchair seat influence sitting motion.

Methods : Head, trunk and pelvic movements from side to side on a wheelchair were measured in nine healthy males and females using a Vicon motion analysis system. Sitting motion was measured under ten conditions: four wheelchair cushions and no cushion (with or without a board on the seat for each measurement). Outcomes were movement distance from center of gravity and the pelvic angle on the frontal plane.

Results : A Roho one-valve cushion had significantly less movement distance from the center of gravity than a J2 cushion or no cushion. No cushion and the Roho one-valve cushion resulted in significantly smaller pelvic angles than the J2 and Varilite cushions. There were no significant differences with or without a board for movement distance and pelvic angle.

Conclusions : Material and structure of seating faces influenced movement distance from the center of gravity on the frontal plane. Shaped cushions that supported the great trochanter resulted in a greater pelvic angle on the frontal plane. The deflection of the wheelchair seat had no influence on either outcome.

Key words : wheelchair cushions, deflection of wheelchair seat, sitting motion

(2014年11月18日 原稿受付)

