

様式 8

学位論文の要旨

論文題名

支持側の肩関節外転角度の違いによる片肘立ち位を経由した起き上がり動作の定量的解析

氏名 原田美由紀

学籍番号 9 7 1 8 1 0 3

主論文

原田美由紀, 岩井信彦, 小嶋 功. 支持側の肩関節外転角度の違いによる片肘立ち位を経由した起き上がり動作の定量的解析.

保健医療学雑誌 第 12 巻 2 号 (2021 年 10 月) 掲載確定

早期公開中 <http://www.s-ahs.org/jahs/JAHS%20e-pub%20059.pdf>

要旨

【はじめに】

運動器疾患の病態を解明する目的として、生体の構造や運動を力学的に探究する手法であるバイオメカニクスをよく用いる。バイオメカニクスには、人体内を直接的に画像で捉える方法と人体外から間接的に捉える方法があり、直接的に評価する装置には、X 線被曝や肢位の制限等の欠点があるのに対し、間接的に測定する方法では、被曝などの侵襲がなく、自由度が高い動作の評価撮影が可能である。近年、バイオメカニクス手法の 1 つであるモーションキャプチャ・システムの普及により、3 次元空間位置情報の取得が可能となった。運動器疾患のみならず、嚥下運動を解析するツールとしても活用されており、臨床現場で広く用いられている。

バイオメカニクス手法を用いた肩関節の研究の中でも、モーションキャプチャ・システムを用いた研究が多くみられる。これまで 2 次元で評価してきた肩関節の動きをより詳細に把握し、疾患の評価、治療に繋げるために 3 次元的に動きを捉えようとした研究である。モーションキャプチャ・システムを用いた 3 次元動作解析は、肉眼で捉えることの出来ないわずかな生体の動きも数値として見つけ出せることが特徴である。

肩関節に関しては、バイオメカニクス手法を用いた研究が数多くあり、これまで侵襲を伴っていた情報を無侵襲に得ることが出来ると証明されている。それらの情報は、病態解明、障害予防、より適切な評価において重要な知見となっている。

脳卒中は死亡原因や寝たきり原因疾患の上位を占める。一般的には、起き上がり動作は日常生

活動作の中で基本的かつ重要な動作である。脳卒中片麻痺患者において立位や歩行は可能であるが、起き上がり動作が困難であるという動作難易度順位の逆転現象がみられることがある。

起き上がり動作は、背臥位から一度腹臥位になり起き上がる total rotation pattern (TR パターン)、背臥位から片肘立て位を経由して体幹を部分的に回旋させ起き上がる partial rotation pattern (PR パターン)、背臥位から体幹を回旋せずに真っすぐ起き上がる non rotation pattern (NR パターン) に分類される。運動発達の観点からみると、1 歳児では TR パターン、3 歳児では PR パターン、5 歳以降で NR パターンとなる。高齢者や片麻痺患者では PR パターンが多いことが報告されている。

PR パターンは身体重心位置と支持基底面との関係において安定性が良好で、支持側の肩関節外転角度を変化させることで、動作時の安定性と効率を向上させることが出来ると報告されている。支持側の肩関節外転角度の違いにより、肩関節周囲筋や腹直筋の筋活動量の相違についての研究が散見される。しかし、起き上がり動作を実用的なものにしていくには、筋活動量だけでなく、四肢体幹の関節角度変化の推移や支持側上肢の床反力、身体重心移動距離についてバイオメカニクスの観点から明らかにする必要がある。

モーションキャプチャ・システムを用いた起き上がり動作研究においては、四肢体幹の最大角度と最大角度に到達する時間 (%) について、健常者を対象として 1 軸性で算出した報告や、2 方向のベクトルを設定し、健常若年者群と高齢者群の 2 群間を比較した報告がある。しかし、3 軸で評価した報告はみられない。バイオメカニクスの観点、特に 3 軸で計測した定量的な解析結果は動作指導や介助方法の考案において、有用な情報になると考えられる。また、起き上がり動作について相分けした動作解析は、最終肢位が長座位までの動作で行われており、ベッド上でよくみられる端座位となる起き上がり動作を相に分けた報告は見当たらない。

そこで今回、高齢者や片麻痺患者の日常生活動作能力向上に役立てることを目的に、起き上がり動作の基礎研究を行った。セグメント座標系を用いた 3 軸の回旋角度で計測し、支持側の肩関節外転角度の違いにより端座位までの起き上がり動作中の関節角度、身体重心移動距離、支持側上肢の床反力がどのように変化するかを明らかにした。

【対象と方法】

3 次元動作解析システムを用い健常成人 15 名 (年齢 21.6 ± 1.3 歳, 身長 168.5 ± 3.7 cm, 体重 59.6 ± 5.6 kg) を対象に開始肢位を右肩関節外転 30° 位, 60° 位, 90° 位の 3 条件で動作中の四肢体幹最大角度, 最大角度に到達する時間 (%), 支持側上肢 (右側) の床反力最大値, 床反力が最大値に到達する時間 (%), 身体重心移動距離を算出した。動作開始 (0%) は左上肢が動き出した時間 (%), 動作終了 (100%) は端座位となり両肩峰が静止した時間 (%) として正規化した。四肢体幹の関節角度は、各座標系の X 軸・Y 軸・Z 軸における回旋角度をオイラー角として算出した。床反力最大値は、研究対象者の体重に対する実測値の割合とした。身体重心移動距離は、位置情報の移動距離の総和とした。

【結果】

四肢体幹関節の最大角度・最大角度に到達する時間（％）に関して、肩関節の開始肢位の違いによる頭頸部・体幹・左上肢の関節最大角度には有意差はなかった。右肩関節内旋最大角度は、右肩関節外転 90°位、60°位、30°位の順に有意に大きかったが、最大角度に到達する時間（％）では有意差はなかった。右肩関節屈曲最大角度は、90°位、60°位、30°位の順に有意に大きく、最大角度に到達する時間では 90°位が 30°位・60°位と比べ短かった。また右肘関節伸展角度は 90°位が 30°位と比べ大きく、最大角度に到達する時間（％）は、90°位が 30°位と比べ短かった。

支持側上肢の床反力最大値・最大値に到達する時間（％）に関して、側方分力は最大値に肩関節開始肢位による有意差はなく、最大値に到達する時間（％）は、60°位が 30°位・90°位と比べ長かった。前後分力の最大値は、30°位が 90°位と比べ有意に大きく、最大値に到達する時間（％）には有意差はなかった。

身体重心総移動距離及び右方向への身体重心移動距離は、90°位が 30°位と比べ長かった。

【考察】

右肩関節内旋最大角度は、起き上がり動作開始時の右肩関節肢位である右肩関節外転 90°位、60°位、30°位の順に有意に大きかったが、最大角度に到達する時間（％）に有意差はなかった。上半身重心を起き上がり側へ移動させるための要素として、胸椎の屈曲と肩甲骨前傾・外転が重要である。肩関節 90°外転位からの起き上がり動作では、肩関節内旋角度を大きくすることで肩甲骨を前傾・外転しているものと考えられる。

右肩関節屈曲角度は、90°位、60°位、30°位の順に有意に大きく、最大屈曲角度に到達する時間（％）では 90°位が 30°位・60°位と比べ短かった。また右肘関節最大伸展角度は 90°位が 30°位と比べ大きく、最大角度に到達する時間（％）は、90°位が 30°位と比べ早かった。これは右上肢以外の最大角度および到達時間（％）に差がないことから、90°位は片肘立ち位から手掌支持位において体側から上肢が遠い位置にあるため、身体重心を上方移動させるために肘関節の伸展角度を大きくする必要があり、体幹から離れた位置にある右上肢が他の肢位よりも早めに体幹に引き寄せられた結果ではないかと考えた。

四肢体幹関節の最大角度・最大角度に到達する時間（％）に関して、開始肢位の違いによる頭頸部・体幹・左上肢に有意差はなかったことから、若年健常者の PR パターンでの起き上がり動作を調節しているのは支持側上肢である可能性が示唆された。

支持側上肢の床反力最大値・最大値に到達する時間（％）に関して、側方分力は最大値に有意差はみられず、最大値に到達する時間（％）は、60°位が 30°位・90°位と比べ有意に長かった。これは右肘関節で上半身重心を支え、次の手掌支持位となるために肘関節伸展することに向かう動作が 3 条件の中で一番ゆっくり、すなわち素早く行う必要がなかったとも解釈され、安定した支持側上肢の位置であることを示している可能性がある。前後分力の最大値は、30°位が 90°位と比べ有意に大きく、最大値に到達する時間（％）には有意差はなかった。前後分力は片肘立ちが完成した後の上半身重心を足元へ移動させながら上方へ持ち上げるための推進力として用いられていると考えられる。30°位は、90°位と比べ第 2 相（起き上がり動作を 4 相に分類したうち、体幹

右回旋が最大になる時間（％）から右肘関節屈曲が最大になる時間（％）まで）で回転軸となる肘関節の位置が足元に近い位置にあり，上半身重心からのモーメントアームが短くなるため，上半身重心を上方へ持ち上げるためには大きな力が必要となることが考えられる．

身体重心移動距離に関して，支持側肩関節外転角度が大きくなる毎に身体重心移動距離は長くなると予測していたが，90°位と30°位では差があったものの90°位と60°位および60°位と30°位とでは差がなかった．90°位では，体側から第2相で回転軸となる右肘関節までの距離および手掌支持位での手掌までの距離が長いため，左右方向の移動距離が大きくなった．そのため，身体重心が右側へ大きく軌道した後に，最終肢位である端座位へ移動することから，身体重心移動距離が長くなったと考えられる．

【結論】起き上がり動作開始時の肩関節肢位が肩関節外転60°位では，床反力が大きくなることも身体重心移動距離が長くなることもなく，側方に位置する支持側上肢へゆっくりと身体重心を移動させながら起き上がっており，3つの肢位の中で一番効率の良い開始肢位である事が考えられた．

キーワード

起き上がり動作，3次元動作解析，肩関節肢位，床反力，関節可動域

Rising motion, Three dimensional motion analysis, Position of shoulder joint, Floor reaction force, Range of motion