

スクワット動作における 2次元動作分析と 3次元動作分析の比較

公益財団法人スポーツ医・科学研究所 スポーツリハビリテーション科

山田圭介 岡戸敦男 金村朋直

日本福祉大学 健康科学部

小林寛和

【背景】

スポーツ外傷の発生には、動的アライメントの問題が関係することが多い。特に下肢外傷の発生に關係する動的アライメントとして、knee-in&toe-out¹⁾やdynamic valgus²⁾、kissing knee³⁾などが広く知られている。

アスレティックリハビリテーションでは、スポーツ外傷の再発や他の外傷発生を予防するためにも、その発生メカニズムの考察に基づいた内容を実践することが求められる。考察の過程において、動作の問題と機能的要因とを関連づけることが求められ、動作分析による動作の問題の抽出は、非常に重要となる。

臨床では、動的アライメントを評価するにあたって、肉眼による定性的分析がよく用いられるが、その判断は主観によるところが大きいと客観性に乏しく、情報を共有するうえで問題となることもある。そのため、各種の定量的分析が試みられているが、簡便に行える2次元動作分析が多く用いられている。

今回は、2次元動作分析を3次元動作分析と比較することにより、2次元動作分析の有用性と限界について検討した。

【対象】

対象は、下肢に愁訴のない男子大学生12人を対象とした。年齢は20.5±1.2歳、身長は172.8±4.0cm、体重は62.4±4.3kg、BMIは20.9±1.1kg/m²(いずれも平均±標準偏差)であった。

【方法】

対象が行う課題動作について、撮影した画像から2次元動作分析と3次元動作分析を実施した。課題動作は下腿前傾30度までのスクワット動作とし、骨

盤幅のスタンスで、膝蓋骨と足尖を前方に向けて3回行わせた。撮影には、2次元動作分析用に2台のデジタルビデオカメラ(HV-10, Canon社製)と、3次元動作分析用に6台の赤外線カメラ(MX-3+, Oxford Metrics社製)を使用し、図1のように配置した。撮影に際して、図2のように分析に必要なランドマーク43カ所に、反射マーカを貼付した。分析は、実施した3回のうち2回目の試技について、FORMFINDER(Inc社製)を用いた2次元動作分析と、VICON MX(Oxford Metrics社製)を用いた3次元動作分析を実施した。計測は右下肢とし、膝関節の屈曲が最大になった時点の各角度を算出、計測した。

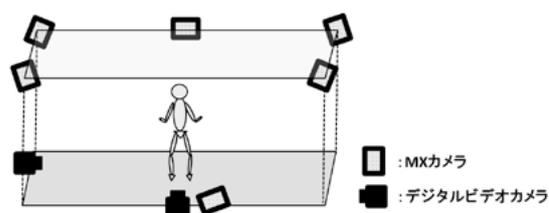


図1 撮影環境

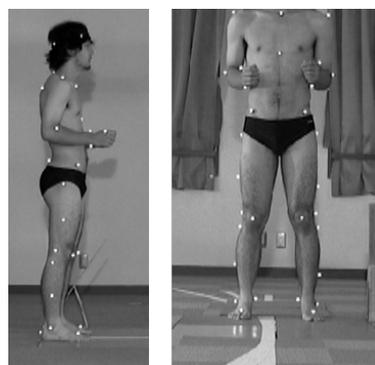


図2 反射マーカの貼り付け

2次元動作分析によって、矢状面における股関節屈曲、膝関節屈曲、足関節背屈の各角度を算出した。股関節屈曲角度は、肩峰と大転子を結ぶ線と、大転子と大腿骨外側上顆を結ぶ線のなす角度、膝関節屈曲角度は、大転子と大腿骨外側上顆を結ぶ線と、腓骨頭と外果を結ぶ線のなす角度、足関節背屈角度は、踵骨後面と足尖を結ぶ線の垂直線と、腓骨頭と外果を結ぶ線がなす角度とした。また、前額面において視覚的な股関節内転を表す hip adduction angle (以下 HAA) と、視覚的な knee-in を表す knee-in angle (以下 KIA) を算出した。HAA は、両上前腸骨棘を結ぶ線の垂直線と、上前腸骨棘と膝蓋骨中央を結ぶ線のなす角度、KIA は、上前腸骨棘と膝蓋骨中央を結ぶ線と膝蓋骨中央と足関節中央 (内果と外果の midpoint) を結ぶ線のなす角度とした。

3次元動作分析では、VICON MX にて Plug-in Gait モデルを用いて股関節屈曲・内転、膝関節屈曲・外反、足関節背屈の各角度を計測した。

そして、2次元動作分析と3次元動作分析で得られた計測結果を比較した。矢状面においては、股関節屈曲、膝関節屈曲、足関節背屈に関して、2次元動作分析と3次元動作分析で得られたそれぞれの角度間の相関を求めた。前額面においては、HAA は股関節内転と、KIA は膝関節外反との間の相関を求めた。統計学的解析はピアソンの相関係数を用いて行った。有意水準は5%未満とした。

【結果】

膝関節最大屈曲位における2次元動作分析にて算出した角度と、3次元動作分析の計測した各角度を表1に示す。矢状面の各関節角度に関して股関節屈曲 ($r=0.81$, $P<0.01$)、膝関節屈曲 ($r=0.91$, $P<0.01$)、足関節背屈 ($r=0.58$, $P<0.05$) の全てにおいて2次元動作分析と3次元動作分析との間に有意な正の相関がみられた (表2)。前額面の関節角度に関して、HAA と股関節内転 ($r=0.50$, $P=0.10$)、KIA と膝関節外反 ($r=0.10$, $P=0.76$) との間には有意な相関はみられなかった (表2)。

	2次元動作分析	3次元動作分析
股関節屈曲	37.7 ± 11.1	36.9 ± 12.4
膝関節屈曲	69.2 ± 7.9	60.6 ± 12.3
足関節背屈	34.8 ± 4.5	30.9 ± 6.0
HAA	-2.2 ± 4.2	
KIA	1.1 ± 8.7	
股関節内転		-2.9 ± 3.3
膝関節外反		23.6 ± 13.7

表1. 2次元動作分析にて算出した角度と3次元動作分析にて計測した角度

	相関係数	p値
股関節屈曲	0.81	$p<0.01$
膝関節屈曲	0.91	$p<0.01$
足関節背屈	0.58	$p<0.05$
HAAと股関節内転	0.50	$p=0.10$
KIAと膝関節外反	0.10	$p=0.76$

表2. 2次元動作分析-3次元動作分析間における各角度の相関

【考察】

動作分析は、外傷発生メカニズムを考察するうえで非常に重要である。近年では定性的分析に加え、定量化も試みられてきている。定量的動作分析は、2次元動作分析と3次元動作分析に大別される。3次元動作分析は、関節角度を高い精度で計測することが可能である反面、高額なシステムや環境を要するほか、分析にも時間がかかってしまう。そのため日常的には簡便性の高い2次元動作分析を用いられることが多い。

2次元動作分析に関しては、芥川ら⁴⁾は検者内、検者間信頼性を検討し、その妥当性を報告している。また、前岡ら⁵⁾は、立ち上がり動作について検討を行い、その有用性を示唆している。これらの報告から2次元動作分析は一定の精度を有しているといえよう。

本研究では、スクワット動作において、2次元動作分析で矢状面、前額面の画像から得られる各角度を3次元動作分析による関節角度との相関を検討した。その結果、矢状面では2次元動作分析で得られた関節角度と3次元動作分析で得られた関節角度との間に有意な相関がみられた。このことから、矢状面の角度に関して2次元動作分析は有用であることが示唆された。しかし、前額面ではHAAと股関節内転、KIAと膝関節外反の関節角度との間にそれぞれ有意な相関はみられなかった。本研究では、スクワット動作での膝関節最大屈曲時の角度を分析していることから、股関節も屈曲位であるため、HAAに股関節内転のみでなく股関節屈曲が含まれたこと、また股関節内旋が影響したことなどにより相関がみられなかったと考える。KIAは、膝関節外反のみでなく、膝関

節屈曲が含まれることに加え、栗原ら⁶⁾が、2次元動作分析において、膝関節外反は股関節回旋の影響を受けると報告していることから、股関節の回旋が影響したことで相関がみられなかったと考える。よって、矢状面で得られる各角度には相関がみられるが、前額面で得られる角度には水平面や矢状面における運動にも影響を受けるため、回旋を伴った動作における2次元動作分析には限界があると考えられ、その有用性については検討が必要である。

【参考文献】

- 1) 川野哲英：ダイナミック・アライメント。トレーニングジャーナル，14:84-85,1992.
- 2) Timothy E. Hewett et al:Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes. Am J Sports Med, 33:492-501,2005.
- 3) Frank R. Noyes et al:The drop-jump screening test difference in lower limb control by gender and effect of neuromuscular training in female athletes. Am J Sports Med, 33:197-207,2005.
- 4) 芥川知彰ほか：2次元動作分析の簡易的な身体角度計測の信頼性－臨床普及の観点から－，理学療法科学，22(3):369-372,2007.
- 5) 前岡浩ほか：画像解析ソフト ImageJ 信頼性の検証－立ち上がり動作を利用して－，理学療法科学，23(4):529-533,2008.
- 6) 栗原智久ほか：片脚着地動作時の膝外反角度と股関節回旋可動域の関連について～2次元動作分析と3次元動作分析の比較～，日本臨床スポーツ医学会誌，18(4):185,2010.