スクワット支援機の開発

Development of squatting assist device

○張 揚 (大分大) 今戸 啓二 (大分大)

You CHO, Oita University Keiji IMADO, Oita University

Keywords: Squat, Power assist, Scott-Russel mechanism

1.はじめに

高齢者では下肢筋力が低下すると、立ち上がりが困難になるほか、転倒し、骨折に至ることで臥床生活になる危険性が増す。適切な運動をしなければ、筋・骨格系・呼吸循環系、神経系などの器官・組織は退化する。一般に加齢に伴い運動能力は低下し、運動不足がちとなることで、体全体の機能は次第に低下していく。高齢者にとって健康的で活動的な生活を維持するためには、適切な運動が必要であり、筋トレなどで筋力アップする必要がある。なかでもスクワットは大腿四頭筋、大殿筋などの下半身の筋力アップのできる優れた運動である。しかしながら、筋力の衰えた高齢者が自力でスクワットすることは負担が大きく困難な場合が多い。そこで我々は筋力が弱い人でもスクワット可能な支援装置を開発している⁽¹⁾⁽²⁾。本研究はフォースプレートにより運動中の床反力を測定し、支援機による支援状態の評価と、さらに測定された床反力により、被験者の重心移動を求め、被験者の運動能力を評価した。本論文はその概要について報告する。

2.実験方法

図1に支援機の構造を示す。駆動には出力200Wのギヤドモータを用いた。簡単のためモータの回転数は40r/minとした。ギヤドモータの回転はクランク機構で往復運動に変換し、ゴムベルトを介したスコットラッセル機構⁽³⁾により座面の上下動に変換した。被験者は表1に示す健康成人男性2人である。スクワットの際に支援機を利用した実験と、利用しない実験を行った。支援機を使う場合、被験者は図1、2に示すように、直径65.5mmの樹脂パイプの周囲にスポンジを巻いた座面に体重の一部を預けスクワットする。被験者の不安定な運動を吸収するため、2本のゴムベルトを使用した。図2に実験方法を示す。実験はスクワットに伴う被験者の重心変動量に及ぼす、支援機の有無、下肢の固さが与える影響に着目して実験を行った。なお、支援機無しの場合、タイミングを合わせるためメトロノームを使いスクワットした。下肢の柔軟な被験者Aではスクワット中、踵が浮くことはなかったが、下肢の固い被験者Bでは、膝関節の屈曲に伴い踵は床面から浮いた状態でスクワットした。実験は10回スクワットする際の床反力計からの信号をサンプリングレイト500msで記録した。

Table 1 Data of subjects

Subject	Subject A	Subject B
Sex	Male	Male
Age	23	22
Weight kg	59	62
Height m	1.68	1.67

Fig.1 Model of squatting assist device

Fig.2 Experimental methodology

3. 実験結果と考察

図3、4が下肢の柔軟な被験者A、図5、6が下肢の固い被験者Bの実験結果である。図の縦軸は前後方向の距離を示し、重心軌跡を移動幅??mmの短冊状に分割して、各バンド内に含まれる点数をカウントして全記録点数に対する割合を求めた。緑の太い線が静止立位時での重心位置を示す。また、青色の曲線はデータに四次曲線をフィットさせたものである。

Fig3 Histogram

Fig4 Histogram

図3と図4は被験者Aの支援機有無の場合で、重心移動の0結果により作られたヒストグラムである。データの分布状況により、前後の重心移動の変動差は支援無しの場合は100mmであったが、支援有りの場合は60mmとあった。支援有りの場合は無しの場合と比べると40%減少した。また、支援無しの場合、四次曲線の山は変動差50mmの所となり、17.7%の重心移動点数が集まっているが、支援有りの場合は変動差20mmの所となり、31.8%の重心移動点数が集まっていることが分かった。このことから、被験者Aの重心移動点数は支援機有無どちらの場合でも1箇所収束していることが分かった。その理由として、被験者Aはしゃがみ込みの時、踵が上がっていないため、前後方向に体の重心移動が少ないと考えられる。そして、支援機有りの場合は被験者が座面に座り、支援機に頼りながらスクワットをしているため、重心移動は30mm程度後ろに移ったことが分かった。

図5と図6は被験者Bの支援機有無の場合で、重心移動の結果により作られたヒストグラムである。データの分布状況により、前後の重心移動の変動差は支援無しの場合は130mmであったが、支援有りの場合は60mmであった。支援有りの場合は無しの場合と比べると54%減少した。また、支援無しの場合、四次曲線の山は2つとなり、変動差は30mmと110mmの所で、それぞれ8.1%と20.2%の重心移動点数が集まっていることが分かった。支援有りの場合は変動差40mmの所となり、31.8%の重心移動点数が集まっていることが分かった。このことから、被験者Bの重心移動の点数

Fig5 Histogram

Fig6 Histogram

は支援なしの場合は2箇所それぞれに収束しているが、支援有りの場合は1箇所に収束していることが分かった。その理由として、被験者Bがしゃがみ込みの時、踵が上がっていたので、体のバランスをキープするため、体が前向きになったと考えられる。一方、支援機を使い、しゃがみ込む時、被験者が座面に座り、支援機から体のバランスを支える支援力が得られるため、体は前向きではなくなったことが分かった。

4. 結論

床反力から作られた重心移動の収束状況により被験者の運動能力を評価した。スクワット運動をする時、下肢の固い人は踵が上がっているため、重心移動は前後に2箇所に収束し、床反力の変動数も大きくなり、運動バランスが不安定になることが分かった。また、支援機を使うことにより、スクワット運動の床反力の変動数は減少したことが分かった。そして支援無しの場合の変動数が大きいほど、支援可能な割合は大きくなることが分かった。

5. 参考文献

- (1) 今戸 他：スクワット支援装置の開発，生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会 2010 講演論 (WWLS2010) CD-ROM, 1D2-1 p.117-118.
- (2) 張 他：関西支部 第88期定時総会講演会講演論文集，2013, 1019 GS-2 p.1019.
- (3) 井沢実，加藤博：機構学，産業図書，東京，1972，pp.79-80.