下肢筋力測定器の開発†

久森 紀之*

Development of Lower Limb Muscle Strength Measurement Equipment

by

Noriyuki HISAMORI*

When we walk, the quadriceps muscle and hamstring are active. The quadriceps muscle is the muscles that extend the knee and the hamstring is the muscles that bend the knee. The muscle weakness of these muscles causes falls and knee pain. Measuring instruments that measure these muscle strengths are used in clinical practice. However, since it does not take into consideration the position of muscle and bone attachment, it cannot be measured under conditions that maximize muscle strength. The purpose of this study is to develop a muscle strength measuring device of the quadriceps femoris and hamstring under conditions that maximize muscle strength taking into consideration the position of muscle and bone attachment. In this study, muscular strength was measured for 7 men in their 20s and 7 females in their 20s. As a result, we could measure muscular strength of the quadriceps femoris and hamstring under conditions that maximize muscle strength. However, the measurement results of subjects with long thigh tended to decrease. This result may be due to the lack of fixation of the knee if the subject is a long thigh. Therefore, to measure muscle strength accurately, it was suggested that it is necessary to design a measurement instrument that takes the subject's thigh length into account.

Key words: Quadriceps femoris, Hamstring, Muscle strength, Hip joint angle, Knee joint angle, Thigh length

1 緒 言

近年、健康寿命の延伸が求められている。なかでも、骨や筋肉、靱帯などの運動機能の維持が重要とされている。例えば、歩行時に重要な下肢の筋肉は、太もも前面部の大腿四頭筋と背面部のハムストリングである。前者の筋肉は膝を伸ばす動作を、後者は曲げる動作を担っている。これらの筋力が低下すると転倒、骨折、変形性膝関節症などを誘発し、寝たきりの症例に繋がるとされている。

下肢筋肉の診療には、例えば、ハンドヘルドダイナモメーターなどの簡易型の機器が使用されている¹⁾ (Fig. 1)。高齢者のわずかな筋力でも数値化できることから、リハビリの進捗状況を知ることができる。この機器は、検者が機器を被験者の足根骨部に当て、被験者が機器に力を加えることで筋力を測定している。したがって、検者の機器の持ち方、足根骨部への当て方や位置などで筋力値は変化するため、注意が必要である^{2),3)}。

大腿四頭筋とハムストリングは、股関節と膝関節に付着している二関節筋である。すなわち、各関節角度で発揮される筋力量は異なることが知られている⁴⁾。上述の機器を用いた大腿四頭筋の測定は座位で行い、ハムストリングの測定は腹臥位で行う。このことは、関節角度を考慮した測定、言い換えれば、毎回同じ関節角度で測定しないと継続的な筋肉量の評価・診断が行えないことを意味している。加えて、最大筋力値や再現性に曖昧さを有している。

一方、大学病院などの整形外科分野や、スポーツ医学分野では、筋力を計測する高級な機器として多用途筋機能評価運動装置バイオデックスシステム (Biodex) が導入されている (Fig. 2)⁵⁾。本装置は、抵抗を受けるアームの中心にモーターとトルクを感知するセンサーが内蔵されており、結果はモーメント (トルク) で表示される。加えて、様々な速度で測定を行うことで日常生活動作に近い筋力を評価できる。スポーツ界を含む世界中の幅広い対象者に利用されている。とくに、個人の筋力特性に応じた測定メニューが多く、下肢のみならず上肢の評価も行うことができる。そして、二関節筋を考慮しており、足を固定する位置が変わっても結果に影響せず、再現性の高い測定ができる。しかしながら、高価であることや、持ち運びはできないことが難点である。

その他、様々な筋力を測定する機器が販売されているが、大腿四頭筋を測定する機器が多く、同一機器でハムストリングも測定できる製品は少ないようである。加えて、二関節筋を考慮した機器も少なく、得られる結果をどのように評価し、診断するか課題を有している。

著者らは、歩行運動を支える下肢筋肉の大腿四頭筋とハムストリングの股関節と膝関節間の解剖学的骨付着位置を考慮し、最大限の筋力が発揮する関節角度下で筋力測定可能な測定器の開発を行った。本解説では、開発した下肢筋力測定器から得られる結果について、評価および診断についての考え方を解説する。

† 原稿受理 31年 3月 15日 Received Mar. 15, 2019 ©2019 The Society of Materials Science, Japan

* 正 会 員 上智大学 理工学部 機能創造理工学科 〒102-8544 東京都千代田区

Faculty of Science and Technology, Department of Engineering and Applied Sciences, Sophia University, Chiyoda-ku, Tokyo 102-8554.

Fig. 1 Hand-held dynamometer.

Fig.2 Measurement using Biodex.

2 開発した下肢筋力測定器の概要

下肢の筋肉のうち歩行などへの影響が大きい筋肉は、大腿四頭筋とハムストリングである。しかしながら、前述したとおり、現状の下肢筋力測定器は大腿、膝下および足首を含んだ脚全体の筋力を測定するものが多い。加えて、解剖学的な筋肉の付着位置を考慮した測定器は少ない。したがって、股関節および膝関節に跨って繋がっている二関節筋を考慮した測定器の開発を目指した。加えて、持ち運びが可能であることも目指した。そのためには、毎回の測定において、股関節および膝関節の角度を同程度の位置に合わせることが出来る機器を開発する必要がある。

Fig. 3 に開発した下肢筋力測定器の外観を示す。本測定器は、汎用されているトレーニングマシン (ALINCO 社製 マルチアームジム G3100) を改良したものである。マシンのベンチ部は、人の背骨ラインにフィットする背もたれが付いている。加えて、背もたれ角度を調整することで股関節角度を保持できる。一般に、股関節の内圧が最も低くなる角度は 60° であることが知られている⁶⁾。このことは、寛骨から大腿骨に付着する腸骨大腿靭帯、坐骨大腿靭帯、恥骨大腿靭帯が弛緩するためである。すなわち、最も関節痛を感じにくい角度であることを意味している。これより、現状の股関節固定角度は 60° としている。ベンチ部の

シートの長さは、42cm から 54cm まで 3cm の可変式であり、被験者の大腿の長さに調整できる。

膝パットからアームを介してレッグパットが取り付けられている。アームを固定することで、膝関節角度を保持できる。アームの長さは、30cm から 48cm まで 3cm の可変式であり、被験者の下肢の長さにアームの長さを調整できる。

大腿部前面に位置する大腿四頭筋は、筋肉群の総称である。なかでも、膝関節の伸展と股関節の屈曲を担う大腿直筋は、腸骨から脛骨に付着している二関節筋である。一般に、大腿四頭筋は膝関節 60° において最大筋力を発揮することが知られている⁴⁾。このことは、大腿四頭筋の脛骨への付着位置と、膝関節の回転軸との距離が最大になるためである⁶⁾。

大腿部背面に位置するハムストリングは、膝関節の屈曲と股関節の伸展を担う筋肉群の総称である。大腿二頭筋は坐骨から腓骨、半膜様筋は坐骨から大腿骨と脛骨、半腱様筋は坐骨から脛骨に付着している二関節筋であり、膝関節の屈曲と股関節の伸展を担っている。一般に、ハムストリングは膝関節 45° において最大筋力を発揮することが知られている⁴⁾。このことは、ハムストリングの筋長が伸びることで発揮する筋力が最大になるためである⁶⁾。以上より、開発した下肢筋力測定器は、股関節角度と膝関節角度を固定することで、常に同じ関節角度で測定を行うことができる。すなわち、解剖学的な二関節筋を考慮し

(a) Configuration of measuring equipment

(b) Femoral angle (60°) and knee angle (Quadriceps femoris; 60° , Hamstring; 45°)

Fig. 3 Appearance of lower limb muscle strength measuring device considering bipartite muscle.

た大腿四頭筋とハムストリングの筋力測定を可能とする機器である。

3 開発した下肢筋力の測定方法

筋力測定には、ひずみゲージを使用した。ひずみゲージをアームの回転中心から 10cm の位置に貼り (Fig. 4), レッグパットに力を加えた際にアームに発生する曲げひずみから荷重を算出し、これを筋力値と定義した。膝関節の伸展と屈曲を行うことで大腿四頭筋とハムストリングの筋力を測定する本測定器においては、膝窩 (膝裏) と膝パットとの位置が一致していることが最も重要である。したがって、被験者には背もたれに沿って深く腰掛け、膝窩を膝パットの上に合わせた姿勢でレッグパットに足根骨部を当てて筋力の測定を行った。つまり、大腿四頭筋の測定は、レッグパットの下に足関節前面を当て、膝を伸ばす力を加える (Fig. 5(a))。ハムストリングの測定は、レッグパットの上に足関節後面をのせ、膝を曲げる力を加える (Fig. 5(b))。このように本測定器は、膝パットを支点としてレッグパットを介して膝を伸展・屈曲動作を加えることで筋力を測定した。そのため、被験者の足根骨部はレッグパットの位置に合うようにレッグアーム長さを調節した。実際に力を加える際には、レッグアームは固定されており、被験者は固定したレッグパットに足根骨部で力を加えて、大腿四頭筋 (伸展) およびハムストリング (屈曲) の筋力を測定した。したがって、脛骨下端 (脛骨遠位) は動かないものと考えている。また、体幹を固定するために、腹部と大腿近位を幅広ベルトで固定した。なお、ハムストリングの測定は、力を加えたときに膝が浮くことから、大腿骨遠位も幅広ベルトで固定した。

下肢筋力の測定は、股関節に整形外科的疾患既往のない健康学生 20 代男性 7 人 (7 脚) と女性 7 人 (7 脚) で実施した。なお、ボールを蹴る側を対象脚とした。Table 1 に被験者の年齢、身長、体重の平均値、最大値、最小値を示す。筋力を発揮する時間、すなわち、力を加える時間は 5

秒間保持とした。そして、30 秒のインターバルを設け、計 3 回実施し、その最大値を筋力値とした。

Table 1 Physical feature of subjects.

	Men		Women	
Age	22.4		22.7	
Height [cm]	172.6	+9.4	157.1	+4.9
		-9.6		-4.1
Weight [kg]	59.1	+12.4	46.7	+3.3
		-12.6		-6.7

4 開発した下肢筋力測定器による測定結果と検証

4. 1 男性 7 人における下肢筋力の測定結果

Table 2 に男性被験者 7 人の大腿長さに対する大腿四頭筋およびハムストリングの筋力値 (kgf) を、被験者の体重 (kg) で割った体重比を示す。体重比で整理することで、被験者の体格に左右されない数値として比較できる。得られる筋力値が正しく測定できていることを検証するために、シート長さを 45cm とした結果である。すなわち、股関節角度を 60°に固定する本測定では、被験者がシートの背もたれに沿って深く腰掛けた結果、シート長さ (45cm) よりも大腿が長い被験者は、膝窩と膝パットの位置は一致しない姿勢となる (Fig. 6(a))。つまり、膝窩あるいは大腿遠位は、膝パットを通り越した位置にある。同様に、シート長さ (45cm) よりも大腿が短い被験者は、背もたれに沿って深く腰掛けて座ると、膝窩が膝パットに届かない姿勢となる。このような被験者には、座った後に膝窩を膝パットの位置に合わせるように指示した (Fig. 6(b))。すなわち、膝窩あるいは脛骨近位は膝パットと一致しているが、臀部と背もたれに隙間がある姿勢で膝パットに力を加えて筋力を測定した。

Table 2 より、大腿が測定器のシート長さ (45 cm) と同じ被験者 7 における大腿四頭筋およびハムストリングの体重比は、大腿が測定器のシート長さよりも長い被験者 (被験者 1~6) より大きいことがわかる。このことは、被験者 7 の膝窩と膝パットの位置が一致しているためである。言い換えれば、膝窩と膝パットの位置が一致していない被験者 1~6 の測定結果は、最大の筋力が発揮されていないと考えられる。本測定器で得られる筋力は、股関節角度と膝関節角度を固定した状態、すなわち、関節運動を伴わない状態で発揮される等尺性筋力を評価している。すなわち、筋肉の長さが変わらない状態で力を発揮する等尺性収縮下の筋力測定を行っている。つまり、筋力と負荷が釣り合っている状態を意味している。一般に、最大の等尺性筋力を発揮させるためには、筋肉の両端を固定する必要があると報告されている⁹⁾。すなわち、関節角度を固定した動かないものに対して力を加えることで、限定した筋力のみを測定できる。したがって、脛骨近位に付着している大腿四頭筋およびハムストリングは、膝窩と膝パットの位置、すなわち、脛骨近位を固定することで最大の筋力が発揮できることを意味している。これより、膝窩

Fig. 4 Measurement of strain. (a) The arm of dynamometer, (b) Strain gauge.

Fig. 5 Leg strength measurement. (a) Quadriceps femoris strength measurement (b) Hamstring strength measurement.

Table 2 Result of leg strength measurement (7 men) ; sheet length 45cm.

Subjects	Thigh length [cm]	Quadriceps femoris [%]	Hamstring [%]
1	53	84.1	39.1
2	52	80.5	42.1
3	51	126.0	68.0
4	50	82.1	45.2
5	49	85.6	50.1
6	48	98.2	50.2
7	45	112.6	63.8

Fig. 7 Moving mechanism of the backrest.

Table 3 Result of leg strength measurement (7 men).

Subjects	Thigh length [cm]	Sheet length [cm]	Quadriceps femoris [%]	Hamstring [%]
1	53	51	91.9	35.8
2	52	51	103.5	52.4
3	51	51	136.6	78.5
4	50	51	100.0	50.6
5	49	48	108.0	55.5
6	48	48	108.0	57.9
7	45	45	107.0	60.5

(a) Subjects with long thigh

(b) Subjects with short thigh

Fig. 6 Position of the knee and knee pads. (Sheet length = 45cm).

と膝パットの位置が一致していない被験者は、伸張性収縮や短縮性収縮のように筋肉が伸び縮みしながら発揮された筋力を測定している。つまり、筋力と負荷が釣り合っていない状態である。以上より、膝窩と膝パットの位置が一致していること、且つ、レッグパットと足根骨部（脛骨遠位）が固定されていることが重要である。したがって、測定器のシート長さを調整する、すなわち、膝窩と膝パットの位置が一致した姿勢で筋力測定を行うことが重要である。そこで、Fig.7に示すような背もたれ位置を変更し、各被験者の大腿長さと測定器のシート長さを調整することで膝パットと膝窩位置をできるだけ一致させた姿勢で筋力測定を行った。その結果を Table 3 に示す。同表より、測定器のシート長さと大腿長さを合わせることでできた被験者（被験者 3, 6, (7)）では、大きな筋力値が得られていることがわかる。これより、膝パットと膝窩位置をできるだけ一致させることで、最大の筋力を発揮することが示唆された。すなわち、脛骨近位に付着している大腿四頭筋およびハムストリングの測定には、二関節筋という解

剖学的特徴を測定器に反映させることが重要である。しかしながら、最大筋力を発揮する股関節角度と膝関節角度との関係については、今後の調査が必要である。

4. 2 女性 7 人における下肢筋力の測定結果

Table 4 に女性被験者 7 人の大腿長さに対する大腿四頭筋およびハムストリングの筋力値 (kgf) を、被験者の体重 (kg) で割った体重比を示す。大腿が 45 cm 以下の被験者は、膝パットと脛骨近位部は一致しているが、臀部と背もたれとは隙間がある姿勢での測定結果である。同表より、大腿が測定器のシート長さ (45cm) よりも長い被験者 1 の大腿四頭筋およびハムストリングの体重比は、他の被験者に比べて小さいことがわかる。すなわち、膝パットと膝窩の位置をできるだけ一致させることが重要である。加えて、臀部と背もたれに隙間がある被験者 5 と 6 においては、大きな大腿四頭筋およびハムストリングの体重比が得られており、膝窩と膝パットの一致は重要であることを示唆している。しかしながら、隙間がある状態で測定している被験者の股関節角度は 60° よりも小さい角度で力を加えている。一般に、股関節角度によって大腿直筋

Table 4 Result of leg strength measurement (7 women).

Subjects	Thigh length [cm]	Quadriceps femoris [%]	Hamstring [%]
1	46	78.2	37.4
2	45	102.5	49.1
3	45	83.8	34.1
4	44	96.9	60.5
5	42	116.6	51.8
6	42	145.6	53.8
7	41	75.9	46.3

とハムストリングの筋長が変化するため⁹⁾、最大の筋力は発揮されていないと考えられる。したがって、股関節角度が筋力に与える影響については、今後の検証課題である。

4. 3 開発した下肢筋力測定器と Biodex との比較

開発した測定器が最大筋力を測定できていることを検証するため、Biodex を用いて同様の下肢筋力測定を行った。但し、Biodex の構造上、Biodex での股関節角度は 80° とした。被験者は Table 2 の被験者 6 とした。なお、1 日目に Biodex、翌日に開発した本測定器で測定した。Table 5 に大腿四頭筋およびハムストリングの筋力値 (kgf) を示す。同表より、開発した筋力測定器と Biodex で得られた大腿四頭筋の筋力値の差異は、右足で 1.6kgf (2.9%)、左足で 0.22kgf (0.54%) であることがわかる。これに対してハムストリングの筋力値の差異は、右足で 5.02 kgf (15.8%)、左足で 3.69 kgf (12.5%) であり、Biodex の方が大きいことがわかる。H.Lund らは、同一の被験者で異なる測定器を用いて同一条件で筋力測定を行った結果、大腿四頭筋において 12.9%、ハムストリングにおいて 16.8% のばらつきを報告している⁷⁾。これより、開発した筋力測定器と Biodex との筋力値の差異は、同報告よりも小さいことから、妥当な結果と考えている。すなわち、二関節筋を考慮することで、現行の Biodex と同程度の筋力値を得ることが明らかとなった。

Table 5 Result of leg strength measurement.

	Type	Quadriceps femoris [kgf]	Hamstring [kgf]
Right leg	Development equipment	54.89	26.61
	Biodex	53.29	31.63
Left leg	Development equipment	40.60	25.62
	Biodex	40.80	39.31

4. 4 測定回数や継続的に測定した際の筋力値の考え方

開発した測定器を用いて、同一の被験者を対象に 30 日間の筋力測定を行った。被験者は Table 2 の被験者 6 とした。筋力測定の条件は、力を加える最大の保持時間を 5 秒間とし、30 秒のインターバルを設け、計 3 回実施した。加えて、1 日以上の間隔を設けて計 30 日行った (3 回×30 日)。1 日 3 回の測定結果の最大値を Vmax、平均値を Vave と定義する。Fig. 8 に 3 回×30 日の大腿四頭筋の測定結果 (度数分布) を示す。同図より、1 回目の筋力値に比べて、2 回目および 3 回目に得られる筋力値は小さいことがわかる。このことは、連続測定に伴う疲労 (体力) の影響が考えられる。一般に、複数回の筋力測定には、測定に慣れることで筋力値が大きくなる学習効果と、疲れることで筋力値が小さくなる疲労効果がある⁷⁾。これより、本測定器における測定回数は、疲労効果が表れる 3 回までの筋力測定で十分であることがわかる。この傾向はハムストリングでも同様である。

Fig. 9 に大腿四頭筋の Vmax の度数分布を示す。同図より、Vmax が得られるのは、主に 1 回目と 2 回目の測定であることがわかる。加えて、最大筋力値 59.92kgf、最小筋

力値 54.32 kgf、レンジ 5.60kgf であった。ハムストリングでも同様の傾向を示し、最大筋力値 28.51kgf、最小筋力値 25.79 kgf、レンジ 2.72kgf であった。

Fig. 10 に大腿四頭筋の Vave の度数分布を示す。最大筋力値 56.41kgf、最小筋力値 52.72 kgf、レンジ 3.69kgf であった。ハムストリングでも同様の傾向を示し、最大筋力値 28.51kgf、最小筋力値 25.79 kgf、レンジ 2.72kgf であった。これらの結果より、筋力値には最大値 Vmax に加えて最頻値も存在することがわかる。ここで、Vmax を筋力値と定義する場合、Fig. 9 より大腿四頭筋の最大筋力値は 59.92kgf (ハムストリング 28.51kgf) であることがわかる。これは、瞬間の筋力発揮が求められるアスリートなどの競技力の指標に有用である。しかしながら、継続的な筋力測定を行う場合、最大値の出現率は低く、再現性に乏しい

Fig. 8 Frequency distribution of quadriceps femoris measurement (n=3 × 30).

Fig. 9 Frequency distribution of quadriceps femoris measurement (V max).

Fig. 10 Frequency distribution of quadriceps femoris measurement (V ave).

と考えられる。これに対して、一般人を対象とした日常生活に必要な筋力値は、安定的な再現性の高い数値が得られる最頻値の採用が望ましいと考える。すなわち、Vaveを採用・提示することを著者らは提案している。そこで、開発した測定器を用いて、複数の被験者を対象に、10日間にわたる筋力測定を行った。測定は20代男性6人と女性6人で実施した。前述と同様の測定条件で、1日以上の間隔を設けて10回測定した結果の最大値と最小値および、最大値と最小値の差を最大値で割ったばらつき(%)を算出した男性の結果をTable 6(大腿四頭筋)、Table 7(ハムストリング)に示す。これより、大腿四頭筋で最大10.26%、平均7.78%、ハムストリングで最大15.18%、平均11.70%のばらつきがあることがわかる。すなわち、平均値Vaveを採用する場合の本測定器の精度を意味している。これらの結果は、現行のBiodexと同程度のばらつきであり、妥当な結果と考えている⁷⁾。したがって、3回の筋力測定結果の平均値を筋力値と定義することで、ばらつきの小さい筋力測定を行えることができ、評価や診断に繋げることが可能である。

Table 6 Maximum and minimum value of quadriceps femoris measurement (6 men).

Subjects	Maximum value (%)	Minimum value (%)	Variability (%)
1	93.74	86.22	8.02
2	90.98	84.37	7.27
3	119.24	113.08	5.17
4	88.53	82.65	6.64
5	98.58	89.39	9.33
6	95.16	85.39	10.26

Table 7 Maximum and minimum value of hamstring measurement (6 men).

Subjects	Maximum value (%)	Minimum value (%)	Variability (%)
1	46.12	39.12	15.18
2	48.29	42.9	11.17
3	60.19	53.41	11.27
4	47.98	43.62	9.08
5	51.6	43.98	14.77
6	56.87	51.9	8.75

5 結 言

本解説では、歩行運動を支える下肢筋肉の大腿四頭筋とハムストリングの股関節と膝関節間の解剖学的骨付着位置を考慮し、最大限の筋力が発揮する関節角度下で筋力測定可能な測定器の開発を行った。筋力測定は、固定アーム部にひずみゲージを貼り、レッグパットに垂直荷重を加えた際に発生する曲げひずみから荷重を算出し、筋力値と定義した。以下に得られた結果を示す。

- 1) 大腿四頭筋とハムストリングを同一の機器で測定できるポータブル型(現状8kg)筋力測定器を開発した。
- 2) 大腿四頭筋およびハムストリングの解剖学的な骨への付着位置(二関節筋)を考慮し、股関節角度と膝関節角度を常に固定した姿勢で得られた測定結果は、現行のBiodexと同程度である。
- 3) 筋力値の定義として、アスリートなどの競技レベルの向上を目指す場合は最大筋力値 V max を採用し、健康維持を目的とする一般健常者や、リハビリテーションによる健康回復を目的とする場合は平均筋力値 V ave を採用することを提案する。
- 4) 開発した下肢筋力測定機器で得られる大腿四頭筋およびハムストリングの筋力値の精度は、前者で11.61%、後者で11.70%であり、現行のBiodexと同程度であることが検証された。

本研究・開発は、慶應義塾大学医学部スポーツ医学総合センター松本秀男教授および東宏一郎講師との共同で行ったものである。また、筋力測定にご協力頂いた被験者の皆様に感謝の意を述べる。

参 考 文 献

- 1) T. Ikai, "Assessments of muscle strength and muscle volume", Journal of clinical and experimental medicine, Vol.236, No.5, pp.465-469 (2011).
- 2) Y. Miyazaki, M. Miyazu and T. Kiyama "Absolute reliability of hip extensor strength assessment using a hand-held dynamometer with a belt", Journal of the aichi society for physical therapy, Vol.28, No.2, pp.54-60 (2016).
- 3) M. Kato, H. Yamasaki, K. Nakajima and K. Kaji "Measurements of isometric hip flexion and extension force with a hand-held dynamometer: The effect of use of the belt for fixation on the reliability", Kochi Rehabilitation Institute, Vol.6, pp.7-13 (2005).
- 4) S. Kotoshiba, Y. Urabe, Y. Maeda, H. Shinohara, J. Sasashiro, Y. Fujii and S. Moriyama, "The influence of differences in trunk solidity and change in hip joint angle to lower extremity muscle activity during quadriceps setting", Journal of Physical Therapy Practice and Research, Vol.22, No.5, pp.21-24 (2013).
- 5) <https://www.sakaimed.co.jp/>.
- 6) D. A. Neumann, "Kinesiology of the musculoskeletal system", Elsevier, Vol.3, pp.569-606 (2018).
- 7) H.Lund, K.Søndergaard, T.Zachariassen, R.Christensen, P.Bülöw, M.Henriksen, E.M.Bartels, B.Danneskiold-samsøe and H.Bridal, "Learning effect of isokinetic measurements in healthy subjects, and reliability and comparability of Biodex and Lido dynamometers", Clin Physiol Funct Imaging, Vol.25, No.2, pp75-85 (2005).