

教育講座

筋力評価について

碓 田 智 也

Assessment of muscle strength

Tomoya Kakita

キーワード：筋力 (muscle strength)、評価 (assessment)

はじめに

現在は史上空前の高齢化社会を迎え、社会保障の問題などの絡みで、高騰した医療費削減の声が高まり続けている。

一方、それに対応して、様々なメディアが運動の健康面に対する利点を広めている。

そのため一部の医療機関において、時折「運動をなさい」と運動処方的な指導を受ける場合がある。

しかし、医療機関において具体的な方法を提示されることは少なく、いわゆる「適度な運動」というものをすすめられることが多い。そのため具体的な方法や負荷を知らないまま「運動」というものを行ってしまい、様々な弊害を生むことがある。

運動を行う上で、運動による弊害を起こさず、安全に運動を実践、継続するために評価というものが必要となってくる。

評価の内容も多岐にわたり、行おうとしている運動や環境によって様々な評価法が用いられている。その中で最もよく行われていると思われる筋力評価について記述する。

I. 筋力評価の実際

1. 筋力評価の対象となる身体の箇所

上肢で筋力評価の対象となる箇所は、末端部から手指のピンチ力、握力、手関節の伸展・屈曲力、前腕の回内・回外力、肘関節の伸展・屈曲、肩関節伸展・屈曲、肩関節内転・外転、肩関節内旋・外旋など、日常生活や身体活動で使用される動きである(表1)。

表1 筋力評価の対象となる主な動作

上肢：	手指のピンチ力 (指でものをつまむ) 握力 (手でものをつかむ) 手関節伸展・屈曲力 前腕回外・回内力 肘関節伸展・屈曲力 肩関節伸展・屈曲力 肩関節内転・外転力 肩関節内旋・外旋力
体幹：	背筋力 (体幹伸展力) 腹筋力 (体幹屈曲力) 体幹の捻転力 (体幹をひねる)
下肢：	股関節伸展・屈曲力 股関節内転・外転力 股関節内旋・外旋力 膝関節伸展・屈曲力 足関節底屈・背屈力

埼玉県総合リハビリテーションセンター健康増進科
〒362-8567 埼玉県上尾市西貝塚148-1

Department of Health Promotion, Saitama Rehabilitation Center

筋力評価について

体幹における筋力評価は背筋力が文部科学省のスポーツテストの一項目として行われている。腹筋力も脊柱機能検査の一部として用いられている。

下肢筋力は立ち上がり動作、歩行、及び階段昇降などの基本的あるいは応用的日常生活動作に直接影響してくる。

下肢筋力の評価は単関節運動を基にした股関節の伸展・屈曲・内外転・内外旋など、膝関節では伸展・屈曲、足関節では底屈・背屈などが行われ、複合関節運動では脚全体の伸展運動などが用いられる。

2. 現場での筋力評価の方法

運動指導やリハビリテーションの現場で、対象者の基本的情報を得たり、経時的評価や効果判定などの一つとして筋力の評価が用いられることがある。

筋力評価は関節可動域や、日常生活動作などの各種テストと同様に臨床的に用いられている評価項目でもある。

筋力評価を行う臨床的意義は病体の把握、治療プログラムの作成、治療効果の判定、ゴール設定などを行う際の判断材料の一つとすることである

^{1) 2) 3)}。

また一方で、筋電図などの検査前に電極を貼る際、被検筋を選択したり、神経筋疾患の鑑別診断、脊髄損傷のレベル診断にも用いられることもある

^{1) 2) 3)}。

筋力の評価に用いられる方法としては、徒手式的に行われるものと、機器を利用して行われるものがある。

1) 徒手筋力検査法 (Manual Muscle Testing : MMT)

筋力を評価する簡便な方法として臨床的に広く用いられている方法の一つに、Lovett RW と Wright W によって創案され、Daniels によって広められた徒手筋力検査法 (Manual Muscle Testing : MMT) がある^{1) 2) 3)}。

表 2 徒手筋力検査法の段階づけ

5	正常 (Normal)
4	優 (Good)
3	良 (Fair)
2	可 (Poor)
1	不可 (Trace)
0	ゼロ (Zero)

この方法は測定者が被検者の測定部位に手を添え、重力または被検者の手の抵抗にうち勝ってその部位を関節可動域全体にわたって動かせるかどうか、または測定部位の筋を触診し、筋の収縮が起こっているかどうかを評価するものである。

評価の段階は正常 (Normal)、優 (Good)、良 (Fair)、可 (Poor)、不可 (Trace)、ゼロ (Zero) の 6 段階に分けられている (表 2)。

しかし、徒手筋力検査法にはごまかし動作と呼ばれるトリックモーション (またはトリックムーブメント) の見極めなど主観的、技術的な要素も含まれるため、より精度や信頼性の高い評価結果を得るために、機器を用いた筋力測定法も発達してきた。

2) 機器を用いた筋力評価

(1) 把持式徒手筋力測定装置

ア) 概要

把持式徒手筋力測定装置とは、圧力センサーが組み込まれたパッドがついた本体に、検者が保持するためのグリップがつけられたコンパクトな機器 (図 1) である。この機器では主に等尺性筋力 (アイソメトリクス) の測定に用いられる。携帯性に優れ、測定場所をあまり選ばないという利点がある。

イ) 測定方法

把持式徒手筋力測定装置を用いた測定では、make test と break test という 2 種類の方法がよく用いられる。

make test は検者が測定器を把持して動かないように固定しておき、被検者に測定器のパッド部分を最大努力で押すように命じる方法である。

碓田



図1 把持式筋力測定装置の一例

break testは被検者に一定の肢位を保持させ、検者が測定器を押し当てて被検者の最大努力に打ち勝って肢位保持ができなくなるときの測定値を記録する方法である。

両者を比較すると、make testの方がbreak testに比べ測定の信頼性が高いといわれている^{3) 4) 5)}。

実際の測定にあたっては、事故防止の観点からウォームアップとしての最大下運動を行わせた後で、最大努力を行わせるようにする。

1回の測定時間は3～5秒間とし、その間の最大値、または平均値を利用することが多い。徒手筋力測定では、様々な要因が測定値に加わるため、正常値を設定することが困難とされている。この点を解決するために測定条件などの結果に影響を及ぼすと考えられる要因を標準化して、参考値という形で利用されている。

(2) アイソキネティックマシン（等速性筋力測定装置）

ア) 概要

アイソキネティックマシンとは、油圧装置やサーボモーター（電磁石などを用いた動作スピードをコントロールできるモーター）を組み込み、関節運動が一定の角速度で行えるように制御できる装置（図2）で、筋力の測定だけでなく、筋力強化にも用いられる。

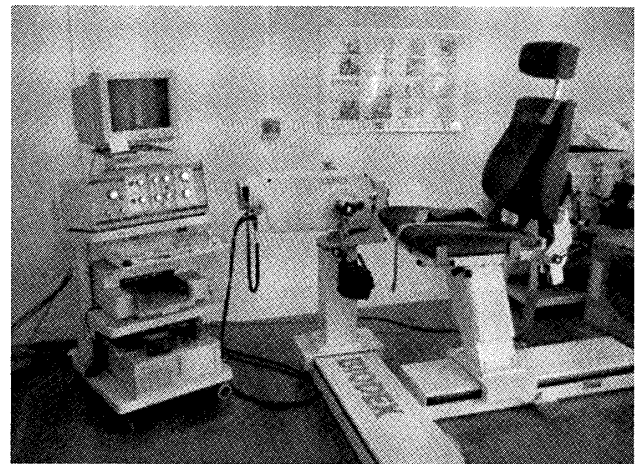


図2 等速性筋力測定装置の一例（BIODEX社製BIODEX）

コンピュータによる制御を行うことで多種類の運動モードが設定でき、求心性筋収縮だけでなく遠心性筋収縮の測定が可能であり、さらに等速性運動だけではなく、等尺性運動や等張性運動の測定も可能となっている機種も近年用いられている。

しかし、この測定を行う機器は高価であり、大学や研究機関、医療機関などの特殊な場所でのみ測定ができないという欠点もある。

我々が所属する埼玉リハでも等速性筋力測定装置を用いた筋力評価を行っている（図3，4）。塚越らは脳血管障害片麻痺者について施設入所者への下肢筋力測定を行い、評価方法について検討し、訓練の中で下肢筋力トレーニングの評価とし

筋力評価について



図3 片麻痺者の筋力測定の様子



図4 車いすテニスプレイヤーの筋力測定の様子

て用いている^{9) 10) 11)}。

著者らも脊髄損傷車いすテニスプレイヤーの強化プロジェクトの中で上肢（主に肩関節、肘関節）の測定を行っている^{12) 13) 14) 15)}。

イ) 測定方法

等速性筋力の測定では、測定条件を一定にするために、被検者に正確な姿勢・肢位を保持させることが重要となる。

この装置において最も多く測定されている膝関節の伸展・屈曲を例に挙げると、被検者を機器に付属している座席に座らせ、体幹および大腿部をストラップで固定する。測定する関節の運動軸（この場合膝関節の運動軸）を機器のダイナモンの

回転軸を一致させ、機器のレバーアームと呼ばれるデバイス（またはアタッチメント）を下腿の長軸に合わせストラップなどで固定する。

このような準備の後、デバイスを含めた測定肢の重力補正（重力の影響を除くこと）を行い測定開始となる。

測定の際設定される角速度や動作の反復回数は、目的に応じて決められる。

ウ) 評価に用いられるパラメーター

等速性筋力の測定の際、よく用いられるパラメーターとしては、ピークトルク、仕事量、筋パワー、特定角度でのトルク、疲労指数などがある。

(1) ピークトルク

ピークトルクはパラメーターの中で最もよく用いられる、等速度運動の中で発揮された最も高いトルク値のことである。

動作を反復した中で、最も高い値を採用する。単位はニュートンメートル（Nm）で表されることが多いが、一部でフィートポンド（ft-lb）を使用する場合もある。

リハビリテーションの評価では各回の動作におけるピークトルクの平均トルク（mean torque）を用いることもある。

また、他者と比較する場合にはピークトルクを体重で除したもの（体重あたりのピークトルク）を用いる。

(2) 仕事量

等速性筋力測定における仕事量とは、測定の際発揮したトルクをグラフに表した場合のトルク曲線と基線で囲まれた部分の面積で表される。

このうち測定で行った運動の合計を総仕事量、各回のうちで最も高い値の仕事量をピーク仕事量と呼ばれる。単位はジュール（J）で表される。

(3) 筋パワー

測定で算出した仕事量を、行った運動時間で割った値が筋パワーと呼ばれる。

単位はワット（ $W = J/s$ ）で表される。

表3 黄川によるWBIの評価基準

39点未満	歩行時に脚にしっかり荷重できず、杖や松葉杖の支えを必要とする
40点	閾値：平地歩行の閾値
40～59点	平地を歩くのに不安はないが、平地でない条件（階段、路面段差、不整地）では移動に不安がある。
60点	閾値：日常生活動作の閾値
60～79点	日常生活では支障を感じない。ただし、通勤、通学、就労、学業、または家庭外での活動で易疲労感がある。
80点	閾値：レクリエーションスポーツ活動の閾値
80～99点	日常生活に問題はなく、日常生活を越えた社会活動に参加できる。 行動結果として疲労を感じるが、翌日の活動には支障がない。
100点	閾値：地球の重力を克服して生活するための基礎的体力
100～119点	日常のあらゆる活動に積極的に参加することができる。しかもそれらの行動に見合う疲労感があり、活動に伴う喜怒哀楽を甘受する余裕がある。
120点	閾値：日常生活行動体力が十二分にある運動能力閾値
120～129点	日常に起こりうるすべての行動に対して疲労を感じず、体力的にさらに余裕がある。以前は無理と感じていた条件の行動をしても風邪を引かなくなった。
130点以上	閾値：競技スポーツでの障害に対する安全閾値
130点以上	130点以上 スポーツを始める前に特にウォームアップを必要としない。スポーツの後に筋肉疲労が残らない。朝の目覚めでまたスポーツをする喜びが生じる。

(4) 特定角度でのトルク

運動中に最大トルクを発揮する角度以外に、筋力を発揮している筋の働きを確認するために特定の角度のトルクを算出し、評価に用いることがある。

例えば、膝手術後の膝伸展最終域近辺における内側広筋斜線維（VMO）の働きの確認などの場合である。

(5) 疲労指数

筋力発揮における持久力評価にはいろいろな方法があるが、あまり標準化されていない。

20～50回最大筋収縮を反復させ、最初の3～5回と最後の3～5回の低下率を算出する方法などがよく行われているようである。

機器を用いた筋力測定においては、適切なプロトコルに沿って測定が行われれば、信頼性の高い結果が得られ、適正な評価を行うことが可能である。

特に頻繁に行われている膝関節の測定においては、黄川ら^{7) 8)}が報告している大腿四頭筋の筋力

表4 等尺性最大筋力を基準とした筋出力比(山本ら, 1990)

CybexII角速度	筋出力比
0° /秒	1.00
30° /秒	0.84±0.09
60° /秒	0.80±0.08
120° /秒	0.64±0.07
180° /秒	0.53±0.08
240° /秒	0.46±0.08
300° /秒	0.34±0.08

を体重支持指数で表したWBI (Weight Bear Index) による評価法がよく用いられている (表3)。

この方法は活動時の体重支持における大腿四頭筋の重要性に着目した方法で、下肢の筋力評価法として信頼度も高い。

この評価法では正常歩行を行うには膝関節伸展力が体重の40%以上必要とされている。またジョギング程度の運動では体重の60%、ジャンプやダッシュ、ターンなどを含む激しい運動では体重の90%以上のWBIが必要とされている。

WBIの算出方法については専用の機器を用いると簡単に測定できるが、等速性筋力から等尺性筋力への推定換算方法は山本ら^{16) 17)}が表4のよ

筋力評価について

$$WBI =$$

$$\text{推定等尺性最大筋力/重力加速度 (9.8) / 体重 (kg) / 測定デバイスのアーム長 (m)}$$

図5 等速性筋力からWBIの推定式

うに報告している。その値を用い、その被検者の体重、測定に用いたデバイスのアーム長、重力加速度から計算してWBI値を推定している（図5）。

また岩橋ら²⁰⁾は脳血管障害片麻痺患者に対し、移動能力とWBIの検討を行い、車椅子使用群と自立歩行群に有意差が認められ、移動能力の指標となりうるとしている。

Ⅱ．現場で簡単に行える機器を用いない筋力の評価法（下肢の場合）

前項で述べたWBI（体重支持指数）による下肢筋力評価において、WBIを算出するには専用の測定機器が必要となるため、経済的な問題や測定器具の使用場所などいろいろな制約がでてくる。また多集団の測定を行う場合は測定にかかる時間的な問題も発生する。

これらの問題に対して、山本らは数種類の高さの異なる台（図6）を用いた立ち上がりテストを考案している^{6) 18)}。

この方法は台に座った状態から立ち上がることができるか否かをみる簡便なテストである。パフォーマンスのグレード分け（段階評価）は「台の高さ」と「両脚か片脚か」の条件の組み合わせでランク付けする。

「台の高さ」には40cm、30cm、20cm、10cmという4種類の高さがあり、それらの台に腰掛けした姿勢から、両脚での立ち上がり（both leg standing：BLS）または片脚立ち上がり（single leg standing：SLS）を行い、判定を行う。

測定を行う際には各台に腰掛け、足の踵部分を台の端に接触させ、下腿が床面と70°程度になるように座面位置を調整し、両手を胸の前で組んで固定し、体幹はあらかじめ軽度前屈位に保持する。これが開始姿勢となる（図7）。

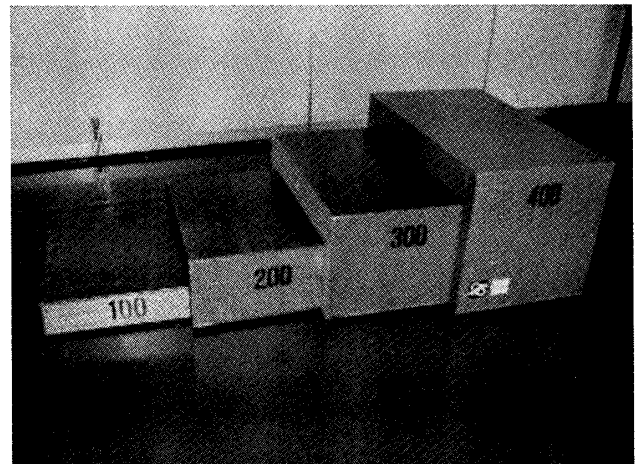


図6 立ち上がり練習用腰掛け

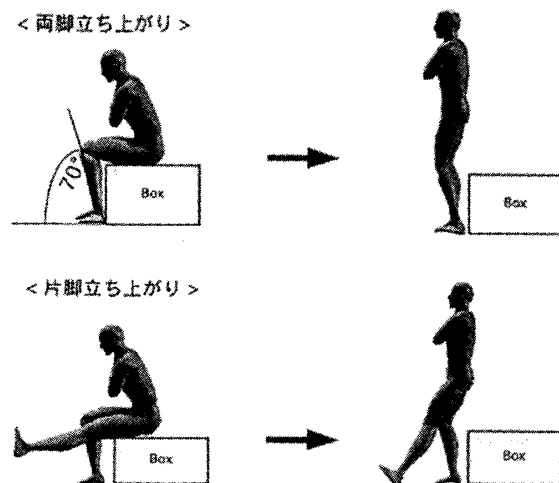


図7 立ち上がりテストにおける開始肢位（左）と終了肢位（右）（山本、村永ら，2001）

立ち上がり動作を行う際には、可能な限り反動を使わないようにして、立脚側膝が内外側へ偏位しないように指示する。また片脚で行う場合は非測定脚の膝を伸展させ、床に接触しないように指示する。

各高さの台での試行は2回までとし、立ち上が

磯田

表5 立ち上がりテスト成績と体重支持指数(WBI)の関係(山本ら, 2002)

台の高さ (cm)	片脚立ち上がり (SLS)	両脚立ち上がり (BLS)
40	0.60	0.30
30	0.70	0.35
20	0.90	0.45
10	1.00	0.50

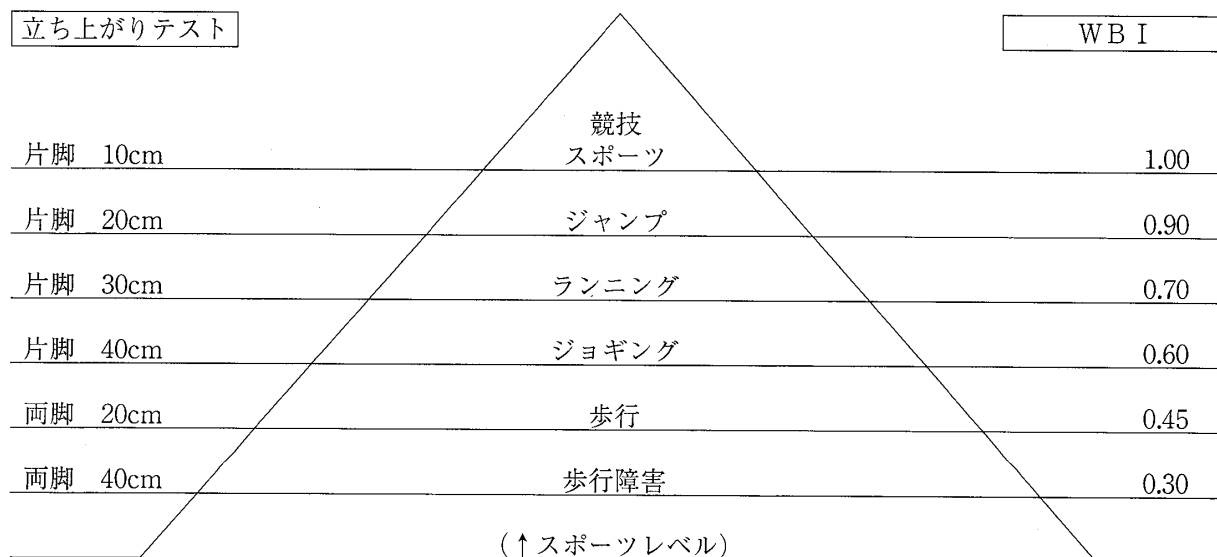


図8 立ち上がり能力による下肢筋力評価からみたりハプログラムのためのガイドライン(山本ら, 2002)

りの終了肢位にて、バランスを崩さず3秒程度保持できた場合を「可能」と判定する。

最初に40cmの台での両脚立ち上がりを行わせ、次に左右の片脚立ち上がりを実施し、片脚立ち上がりの動作不可能な場合には、両脚立ち上がりの動作可能な高さまで下げていく。

各高さの台の間は約1分間の休息を取るようにする。

このテストの結果とWBIとの関係を表したものが表5と図8である。

この立ち上がりテストにおける利点としては、1) 安価である。2) 台を持ち運ぶだけで利便性が高い。3) 測定結果について数字での説明ではなく、自分がその行動ができたかどうかで納得がしやすい。4) 最大筋力測定に伴う血圧上昇のリスクが少ない。強いていえば立ち上がり時の転倒への注意が必要な程度。などがあげられる。

一方、問題点としては、1) 被検者の身長(特に下腿長)の違いによる影響。2) 台が低くなる

につれて下肢の関節角度が大きくなるため、筋力の発揮が関節疾患など関節の状態に左右される可能性がある。などがあげられる。

また、このテストは健常者を対象として作成されたテストであるため、脳血管障害片麻痺者に用いる場合、患側下肢の利用可能度が人によって異なることを考慮すると、健側脚片脚のみで、または患側を補助脚として両脚分の活動を行わなければならないため、健側でのテスト結果を両脚での立ち上がりテスト結果の表を用いて評価した方が、実際の能力値に近いと思われる。

おわりに

筋力評価という項目について、お粗末ながら私の知る限りの情報を記載させていただいた。安全かつ適正な運動処方を行い、トレーニングを行う人々のモチベーションを高めるためにも筋力評価は必要であると考え。今後も様々な情報を集めて、現場の指導に活かしていきたい。

筋力評価について

参考文献

- 1) 坂本雅昭 内山靖：上肢・体幹筋力. PTジャーナル, 32(7)：525-532. 1998
- 2) 吉村茂和 相馬正之：下肢筋力. PTジャーナル, 32(8)：607-614. 1998
- 3) 竹中 晋 西川正史 椿原彰夫：機器による筋力測定. 総合リハ, 30(11)：1045-1051. 2002
- 4) Bohannon RW：Make tests and break tests of elbow muscle strength. Phys Ther, 68：193-194, 1988
- 5) Stratford PW：A comparison of make and break tests using a hand-held dynamometer and the Kin-Com. J Orthop Sports Phys Ther, 19：28-32, 1994
- 6) 山本利春 村永信吾：下肢筋力が簡便に推定可能な立ち上がり能力の評価. Sportsmedicine, 41：38-40. 2002
- 7) 黄川昭雄 山本利春：体重支持力と下肢のスポーツ障害. Jpn. J. Sports Sci, 5：837-841. 1986
- 8) 黄川昭雄 山本利春 佐々木敦之 吉永規夫 徐涛：機能的筋力測定・評価法ー体重支持指数(WBI)の有効性と評価の実際. 日整外スポーツ医学会誌, 10：463-468. 1991
- 9) 塚越和巳 大久保春美 碓田智也：脳卒中片麻痺者への等速性下肢筋力測定の試み. 障害者体力科学紀要, 1(4)：58-62, 2002
- 10) 塚越和巳 碓田智也：施設入所時の下肢筋力トレーニングによって筋力の向上がみられた脳卒中片麻痺者一例について. 障害者体力科学紀要, 2(3)：166-170, 2003
- 11) 塚越和巳 常見恭子 碓田智也 杉山真理：施設入所中の脳卒中片麻痺者の非麻痺側下肢筋力の変化. 障害者体力科学紀要, 2(1)：19-21, 2003
- 12) 碓田智也 塚越和巳 常見恭子 河合俊宏 杉山真理 鈴木康子 田中伸行 植木章三 曾根裕二 吉川博史 本間正広：車椅子テニス選手の上肢帯筋力測定の一例. 障害者体力科学紀要, 1(5)：122-124, 2002
- 13) 碓田智也 塚越和巳 常見恭子 河合俊宏 杉山真理 鈴木康子 田中伸行 植木章三 曾根裕二 吉川博史 本間正広：車椅子乗車姿勢での等速性筋力測定の試み. 障害者体力科学紀要, 2(1)：77-80, 2002
- 14) 碓田智也 塚越和巳 常見恭子 河合俊宏 杉山真理 鈴木康子 田中伸行 植木章三 曾根裕二 吉川博史 本間正広：車椅子テニス選手の上肢帯等速性筋力の変化. 障害者体力科学紀要, 2(3)：204-207. 2003
- 15) 碓田智也 塚越和巳 常見恭子 河合俊宏 杉山真理 鈴木康子 田中伸行 植木章三 曾根裕二 吉川博史 本間正広：車椅子テニス選手の肩関節等速性筋力の一般健常者との比較. 障害者体力科学紀要, 2(2)：139-142, 2003
- 16) 山本利春 黄川昭雄：Isokinetic machine の角速度条件負荷強度の関係ーアスレティック・リハビリテーションへの応用ー. 千葉体育学研究, 13：1-6, 1990
- 17) 山本利春：筋力評価とスポーツ復帰ーWB Iを中心としてー. 福林徹責任編集, スポーツ外傷・障害とリハビリテーション. 文光堂, 東京, 1994
- 18) 村永信吾：立ち上がり動作を用いた下肢筋力評価とその臨床応用. 昭和医学会誌, 61(3)：362-367, 2001
- 19) 黄川昭雄：QOLと身体状況のギャップを埋める. Sportsmedicine Quarterly, 56-64, 1999
- 20) 岩橋徳二 片伯部裕次郎 百田耕 音成龍司 矢野楨二：脳血管障害後の片麻痺患者の移動能力と体重支持指数(Weight Bearing Index)の検討. 総合リハ, 21(2)：166-167, 1993