

右下腿膝関節下切断 A 君の競技能力向上に関する実践 競技力向上のための基礎資料

後藤 邦夫*・村木 征人*・宮下 憲*・阿江 通良*・大森 肇*・大山 圭悟*
木塚 朝博*・久野 譜也*・三木ひろみ*・向井 直樹*

Basic Research material for Improvement of Sports Performance of Handicapped Athlete

GOTO Kunio*, MURAKI Yukito*, MIYASHITA Ken*, AE Michiyoshi*
OHMORI Hajime*, OHYAMA Keigo*, KIZUKA Tomohiro*
KUNO Shinya*, MIKI Hiromi*, MUKAI Naoki*

はじめに

障害のある人のスポーツといえば、多くの人はパラリンピックを想起するであろう。パラリンピックは1960年ローマ大会を第1回として現在までに夏季11回、冬季8回行われている。わが国では夏季・冬季各1回それぞれ東京（1964年：第2回）と長野（1998年：第7回）を会場として開催されており、長野パラリンピックが記憶に新しい。わが国で開催されたパラリンピックが日本の障害のある人のスポーツに与えた影響は多大なものがあり、障害のある人のスポーツはパラリンピックを契機に、そしてパラリンピックとともに発達したといっても過言ではない。

パラリンピックの原点は、イギリスロンドン郊外アイルズベリーにあるストーク・マンデビル病院の競技会にある。整形外科医であったL.Guttman（以下グットマンと記す）は、1944年同病院に医局長として赴任すると、総合的な治療体系として斬新な整形外科治療とスポーツを導入した。グットマンが1948年に開催した患者による病院内スポーツ大会（ストーク・マンデビルフェスティバル）は、1952年には海外から選手が参加し、国際的な大会へ発展していった。グットマンは、マヒ障害の人たちのトレーニングに対する励みとなるように、また、彼等に対する周囲の理解促進を一層図るために、オリンピックイヤー

にオリンピック施設で大会開催を計画し、1960年ローマオリンピック後に23カ国400人の選手が集い実現した。後にこのローマ大会を第1回パラリンピックとしている。

1980年後半から、ノーマライゼーション思想の普及とともに、リハビリテーションの成果発表の場であった障害者スポーツが、障害の無い人と同様に競技力発表の場として位置付けられるようになった。その結果、パラリンピックの参加標準記録は大会開催ごとに上がり、優勝記録も伸長し続け、パラリンピックは世界のトップアスリートの集うスポーツの祭典へと変貌を遂げた。

本学体育専門学群3年次生A君は、大学入学直前の交通事故により、右下腿膝関節下切断の傷を負った。受傷後リハビリテーションの過程でスポーツを経験したA君は、リハビリテーションに真剣に取り組み、その結果、通常の受傷者よりも速いスピードで義足による移動能力を獲得した。スポーツに対しても競技者として本格的に取り組み、受傷1年半後の九州パラリンピックに出場し、それまでの走り高踏び日本記録165cmを越える174cmを跳んで日本新記録で優勝した。同年のシドニーパラリンピック選考会をかねたジャパンパラリンピックで181cmを跳び、173cmのシドニーパラリンピック参加A標準記録をクリアするとともに日本記録を更新し、パラリンピックの出場

* 筑波大学体育科学系 Institute of Health and Sports Sciences, University of Tsukuba

権を得た。パラリンピックに出場したA君は、初めての大舞台で期待された結果を残すことができず、捲土重来を期し2004年のアテネパラリンピックを目指している。

本実践は、A君が目標としている2004年アテネパラリンピック走り高跳びで2mをクリアーすることを目指したトレーニングの基礎資料となる実践の報告である。

1. A君のプロフィール

1999年2月交通事故により受傷右下腿膝関節下切断

2000年4月九州パラリンピック 174cm 優勝

2000年5月ジャパンパラリンピック 181cm 優勝

2000年6月シーズンベスト 185cm

2000年10月シドニーパラリンピック 178cm、6位入賞

2001年 膝再手術のため3月～8月までウエイトトレーニングのみ

2001年10月 183cm シーズンベスト

2002年4月筑波大学競技会 190cm

2002年5月米国大会 190cm

2. 世界の障害のあるジャンパーの動向

シドニーパラリンピック走り高跳び優勝記録は193cmであった。下腿切断者では米国のマーロンが190cmで2位に入っている。その前のアトランタでは中国のホウ・ビン選手が大腿切断ながら192cmで優勝している。パラリンピックや世界選手権では、参加標準記録が設けられており、3カ国5人以上の選手の参加がないとその競技は中止となるか、その他の障害別に分けられたグループと合体する。(中止か合体かは選手が選択することができる。ほとんどの場合、合体が選択される。シドニーでも上肢切断グループと下肢切断グループが一緒になってメダルを争った。) 今後、大きな大会でのA君の下腿切断グループは、出場選手が少ないので合体して競技が行われることが多いであろう。2002年、米国のジェフは209cmを跳び、世界の頂点に立った。A君の目指す2mは、以上のような背景から出てきたメダル獲得のための目標数値である。

3. A君のトレーニングの現状

A君は現在陸上競技部の一員として主として跳

躍のコーチである村木先生の指導を受けているが、A君がパラリンピックという晴れの舞台で狙った最高のパフォーマンスを発揮するためには様々な準備が必用と思われる。走り高跳びの技術の向上、身体資源強化のための体力トレーニング効果確認、心理的なアドバイス他であるが、幸い、体育科学系の諸先生がA君の求めに応じた協力を下さっている。A君の記録は、今まで順調に伸びてきてはいる。本人は、これから遭遇するとと思われるプラトーンにぶつかった時に、先生方より多岐に渡るアドバイスをいただいで克服したいと考えている。

A君は現在、走り高跳びとともに、短距離疾走能力の向上を図っている。それは、短距離走の疾走能力の向上が走り高跳びの助走に良い影響を与えると考えられることや、短距離走は、走能力を必用とする多くの運動の基礎的な力と思われるからである。A君は、競技から離れた後はスポーツ指導者の道を考えており、その時のためにも疾走能力を高めておくことは意義があると思っている。更に陸上競技で時々見受けられる、大会で多種目出場も視野に入れている。今後走・跳能力を伸ばすためのトレーニングをされると思われるので、継続的に様々なデータを集積してトレーニングに役立てたいと考えているが、今報告では、A君のトレーニング評価の指標になると思われる形態と筋力測定結果と短距離走の特徴について述べる。

4. A君の身体的特徴

A君の形態的特徴を把握するために、身体計測と跳運動や走運動と特に関係の深い大腿部の筋量

表1. A選手の身体的特徴 (cm)

項目	数 値	
身長	177.8	
体重	63.5	
胸 囲	88.4	
腹 囲	70.9	
臀 囲	92.1	
	右	左
大腿最大囲	52.0	56.9
下腿最小囲		39.5

の測定をした。以下が結果である。

①身体計測値

②大腿部筋横断面積の測定

トレーニング効果の評価の一つとすべく、大腿部の筋横断面積の測定をした。本学系に設置されている磁気共鳴映像装置 (MRI: AIRIS mate. HITACHI社製) を用いて、大転子から大腿部外側顆間結節までをスライス厚 10mm、スライス間隔 12mm で遠位方向に横断像を連続的に 0.2T で撮影した。得られた左右大腿部の縦断像を、大転子から大腿部外側顆間結節間の遠位 70%・50%・30% に相当する部位の横断像の大腿四頭筋部分をトレースし、筋繊維横断面積を算出した。なお、MRI の

りはめ込む構造となっている。義足の重量は約 1.5kg と軽く、また歩行時に用いる筋も健足とは異なり、そのことが筋横断面積の左右差となっている可能性がある。特に伸筋群の左右差が大きいが、宮丸によれば疾走速度に直接的に影響を及ぼす大腿部の筋群は伸筋群で無く屈筋群の筋量であり、大腿上部の筋量の発達状態によると指摘しており、今回の測定結果と異なっているが、今後継続的に測定することによって解決のための示唆が与えられる可能性がある。また、大腿中間部脂肪面積の左右差もトレーニング効果評価の指標となりえよう。

表 2. 大腿部 MRI 撮影の結果

部 位	右 (cm ²)	左 (cm ²)	右/左 (%)
部位 70%			
膝伸筋群	40.2	68.6	58.6
膝屈筋群	17.3	19.0	91.1
内転筋群	62.9	64.3	97.8
脂 肪	69.3	71.2	97.3
総筋量	133.9	165.2	81.1
部位 50%			
膝伸筋群	50.3	85.5	58.8
膝屈筋群	34.5	38.2	90.3
内転筋群	38.0	40.4	94.1
脂 肪	54.7	39.9	140.0
総筋量	122.8	164.2	74.8
部位 30%			
膝伸筋群	29.6	67.2	44.0
膝屈筋群	26.9	42.2	63.7
内転筋群	5.5	6.0	91.7
脂 肪	40.6	41.6	97.6
総筋量	62.3	86.2	72.3

測定は仰臥位で行い、膝関節は完全伸展させた状態であった。

全ての部位で健足の筋横断面積が義足側の筋横断面積を上回った。義足は本体とソケットと呼ばれる接合部からなり、ソケットは切断部をそっく

5. 下肢の等速性筋力の測定

健足と義足各々の筋力の増減や両足の筋力の比率の差の増減によってトレーニングの効果を知らることが可能となる。そこで走・跳に関係の深い下肢等速性筋力を測定した。下肢等速性筋力の測定は、生命工学工業技術研究所に出向き、等速性筋力測定器 (Cybex770 - NORM, LUMEX社製) を用いて 60度/秒 (低速)、180度/秒 (中速)、および 300度/秒 (高速) の 3種類の角速度で股関節の伸展と屈曲筋力を測定した。各角速度とも 3~5 回の試行を最大努力で実施し、発揮されたピークトルク (Nm) を被験者の最大筋力として採用した。それぞれの試行前には、A君に十分なウォーミングアップおよび試技を行わせた。

股関節の伸展と屈曲筋力は A 選手が仰臥位となり、上から動かないよう身体を抑えて測定した。股関節の運動範囲は、股関節伸展位を 0度として、0度から屈曲方向に 120度までの範囲で測定した。なお、測定は暫時休憩をとりながら行った。股関節等速性筋力は屈曲・伸展、また、高速 (300度/秒)、中速 (180度/秒)、低速 (60度/秒) とともに高速の伸展を除き全て健足側が勝っていた。伸展の高速のみ左右差がなかった。また、低速が大きく、高速が小さいと言う一般的な傾向と一致した。

6. A君の短距離走の特徴

A君の短距離走の特徴を見るためにピッチとストライド、疾走速度の測定をおこなった。A君は運動時には運動用の義足を用いる。運動用の義足は踵が無く、特別仕様になっている。測定は、A君が用いている二種類の義足 (チーター・スプリ

表3. 等速性筋力測定結果

股関節	右 (Nm)	左 (Nm)	右/左 (%)
屈曲 60度/秒	134	158	84.8
	122	149	81.9
	103	117	88.0
伸展 60度/秒	274	330	83.0
	254	333	76.3
	231	231	100.0

ントフレックス) を使用して行った。測定方法は、スタート後30m疾走後の10m区間をハイスピードカメラHSV-500C3 (Nac社製) で撮影した。撮影スピードは毎秒250コマ、露出時間は1/1000秒であった。実座標に換算するため、レーン内側および外側ライン上に1m間隔でスケールマークを置いた。得られた支持期-非支持期の1サイクルをVTR画像より実座標に換算した。なお支持期を足底の一部が地面についた接地時、重心のX座標が支持期拇指球のX座標と一致する支持期中間点、足底全体が地面から離れた離地時の3局面に、また非支持期を離地時から接地時までの局面に分けた。ストライドは支持期と非支持期の重心の水平移動距離とした。ピッチは支持期、非支持期に要した時間を1秒で除し求めた。疾走速度は

ピッチとストライドの積より求めた。結果を文末表-4に示した。

疾走速度は、義足側、健足側ともチーター使用時がスプリントフレックス使用時よりも高い値を示した。最も高い値を示したのは、チーター使用時の義足側で8.704m/sであった。

疾走速度は17歳平均値8.00±0.47に近い値を示している。ストライドについてはチーター使用時・スプリントフレックス使用時とも義足側が健足側よりも大きな値を示した。支持期では、チーター使用時の義足側は前半での重心の移動距離が後半よりも大きく、スプリントフレックス使用時の義足側は前半・後半とも重心の移動距離に大きな差は認められなかった。また、健足側については、チーター使用時・スプリントフレックス使用時のいずれの場合においても支持期後半での重心の移動距離が、前半での移動距離よりも大きかった。非支持期では、チーター使用時・スプリントフレックス使用時とも義足側が大きかった。このことからストライドの差は非支持期のストライドの差によって生じ、A選手の義足側で大きく獲得されていたことを示している。

ピッチは、ストライドの結果とは反対に、チーター使用時・スプリントフレックス使用時とも健足側が義足側より高い値を示した。支持期に要した時間は、チーター・スプリントフレックス共に0.112秒で義足側・健足側とも同じであった。し

表4. 疾走速度・ストライド・ピッチ

	C型義足側	C型時健足側	S型義足側	S型時健足側
疾走速度 (m/S)	8.704	8.379	8.11	8.203
ストライド (m)	2.089	1.877	2.141	1.772
支持期 (m)	0.997	0.99	0.902	0.897
支持期前半 (m)	0.521	0.467	0.447	0.372
支持期後半 (m)	0.476	0.523	0.445	0.525
非支持期	1.092	0.887	1.238	0.875
ピッチ (Hz)	4.032	4.464	3.788	4.629
支持時間 (s)	0.12	0.12	0.112	0.112
支持前半 (s)	0.064	0.056	0.048	0.04
支持後半 (s)	0.056	0.064	0.064	0.072
非支持時間 (s)	0.12	0.104	0.152	0.104

※ C型義足側はチータ型義足使用 S型義足側はスプリントフレックス義足使用

かし、非支持時間は、チーター使用時・スプリントフレックス使用時のいずれの場合も義足側が大きい値を示した。これらの結果から、義足はストライドを高めピッチを低下させていたと言える。今後の課題として、疾走速度を増すためには、ピッチの向上があげられるが、ピッチは加齢と共に変化せず、幼児とトップランナーとの差があまり無いという報告もある。しかし、義足と言う特別な条件を加味すると、使いこなすことによっては可能かもしれない。また、トレーニングによって、健足側のストライドを増すことも疾走能力の向上につながると思われる。

⑤今後の実践

今回は、走り高跳びトレーニング評価のための基礎資料収集結果と、走り高跳びの助走能力を増すための疾走フォームについて報告した。本資料については、今後同様な資料を集積し評価をするためのものであるため、主に結果のみについて示した。

今後は4ヶ月おきに高速度カメラで試技を撮影し、技術向上の資料とすることを考えている。走り高跳びは助走、踏み切り、パークリアランスなど技術の要素が高い競技であり、本格的に競技者としてジャンプに関ってから日の浅いA君は、まだまだ身につけなければならない技術が沢山ある。その点を本人も自覚しており、「今まではジャンプ力だけで跳んでいた。これからは技術を身につけていかないと、とても2mには届かない」と語っており、現在ハイジャンパーとしての基礎技術ドリルに取り組んでいる。また、今まではスプリント義足に履き替えてジャンプをしていたが、昨夏世界選手権で戦ったアメリカのチャンピオンは、歩行用の義足を用いて跳んでおり、それ

に刺激を受けて、義足を変えないで跳ぶ計画でいる。スプリント義足はかかとが無くバネの働きを期待できる。しかし接地面積が小さい。走り高跳びのジャンプには踵がある歩行用の義足が接地面積が大きい分地面反力も大きくなり、跳躍力が高まることも考えられる。また、「今まで試合時に、日常履いている歩行用義足からスプリント義足に履き替えていたが、どうしても違和感を受ける、身体になじむまで時間がかかった。歩行用の義足をそのまま使用すれば、違和感を生じること無く試合に挑むことができる。」とその効用を語っている。しかしスプリント義足に比べ歩行用義足は重く、自由に扱いこなすためには基礎体力、特に右大腿部や臀部の筋力を鍛えなければならない。歩行用義足とスプリント義足を履き、地面反力を測定することによって何らかの示唆が得られると思われるが、もし、歩行用義足を用いるのであれば当面の課題としてそのためのトレーニングが必用であろう。

参考文献

1. (財) 日本障害者スポーツ協会, 障害者スポーツの歴史と現状, pp16 ~ 17. 2002.
2. 藤原進一郎編著, 障害者とスポーツ, 大阪身体障害者スポーツ振興会, p24. 1999.
3. 宮丸凱史編著, 疾走能力の発達, 杏林書院, pp186 ~ 189. 2001.
4. 宮丸凱史走, 走能力の発達と走の指導, 体育科教育 24, 12月号, pp56 ~ 61. 1976.
5. トム・エッカー著, 沢村博監訳, 基礎からの陸上競技バイオメカにクス, pp33 ~ 34. 2001.
6. 本田英貴, 下肢切断スプリンターの疾走動作に関するバイオメカにクスの研究, 筑波大学卒平成 14 年度特殊体育学研究室業論文.