

〔研究ノート〕

車いすテニスでの効果的な加速動作

— 直線ダッシュ動作から —

Effective Accelerating Motion for Wheelchair Tennis

安藤佳代子¹ 桜井伸二² 島典広¹

Kayoko ANDO¹ Shinji SAKURAI² Norihiro SHIMA¹

¹東海学園大学 人間健康学部 人間健康学科 ²中京大学スポーツ科学部

¹Department of Human Wellness, School of Human Wellness, Tokai Gakuen University

²School of Health and Sport Sciences, Chukyo University

キーワード：車いすテニス，直線ダッシュ，加速

Key words : wheelchair tennis, dash, acceleration

要約

車いすテニスにおいてのダッシュ動作は、ドロップボールやサイドに鋭角に打たれたボールに追いついて返球する場面にて必要となる。その際に、初めの1, 2 駆動の効率的な加速がボールに追いつけるか否かの重要な動作となる。本研究は、車いすテニス競技でのダッシュ動作に着目し、停止時から連続3プッシュ（車いすを手で漕ぐ動作）による速度変化から効果的な加速動作を検証した。被験者は車いすテニス競技の日本人トップ選手3名、競技用車椅子にて11.88m（ベースラインからネットまで）の距離のタイム測定を行った。測定にはインドアのテニスコート（ハードコート）を使用した。撮影は、被験者の左側面から3プッシュまでの動作を撮り、画像より車軸速度を算出した。3プッシュの速度変化、到達距離、ピーク速度、リカバリー時間を算出し、その速度波形から効果的な車いすの加速動作について考察を行った。停止している車いすを駆動させスピードを加速させるには、ひと漕ぎ目のプッシュ局面で車いすのハンドリムに長く力を加え、できるだけ速度を上げることが重要となった。また、減速を少なくするためにリカバリー局面の時間を短く、2漕ぎ目以降のプッシュ局面時間を1漕ぎ目より短くすることが効果的な加速動作となることが解った。

Abstract

The purpose of this study is to verify the effective accelerating motion for wheelchair tennis games by consecutive 3 pushes as a start dash. The subjects were three Japanese

male top wheelchair tennis players with each wheelchair for tennis games. The time it took to make an 11.88m dash was measured on an indoor tennis court (hard court). A Video Tape Recording was made from the left side of the subjects. The velocity was calculated for 3 consecutive pushes on the VTR.

The effective acceleration was considered based on the wheel velocity, the reach of 3 pushes, the peak velocity, the recovery time and the velocity waveform. As a result, it was shown that it is important to take time for wheel pushes with the weight on the first push for acceleration. Furthermore, it is important to shorten the time of the recovery phase, to quicken the push phase after the second and third push.

1. 緒言

車いすテニス競技は、パラリンピックや世界各地で国際大会が開催されている競技であり、障害者スポーツの中でも幅広く普及されている種目の一つである。クラス分けは、男子、女子、クアード、ジュニアの4つに分かれている。クアードクラスは四肢麻痺や重度障害が含まれ男女の区別はなく、ジュニアは18歳未満で男女わかれている (ITF, 2011)。つまり、クアードとジュニアクラス以外は、男女の区別だけで細かな障害別のクラスに分かれてはいない。ルールについては、一般のテニスと同じコートを使用して、2バウンドまでは返球可能である以外ではほとんど変わりがない。このように、健常者と同じ会場で、ルール制定により工夫された様々なスポーツが障害者スポーツとして数多く行われている (日本リハビリテーション医学会, 1996)。

車椅子スポーツにおいて競技力を向上させるためには、効率的な車椅子駆動が必要となる。車椅子マラソンでの車椅子駆動効率については、Chowら(2001)がプッシュ局面をより多くして、ハンドリムを押す範囲を増やすことが効率的な駆動につながると示唆している。車椅子のハンドリムをプッシュする頻度は、プッシュ動作の効率に関係しているが、速度や個々の動作特性により適性頻度が異なると報告されている (Gooseyら, 2000)。

車椅子マラソンの競技用車椅子はハンドリムの半径が小さく、車いすテニス競技用車椅子とは大きく異なる。また、車いすテニスにおいては車いすマラソンのように長時間一定の速度を出し続けるような連続した車椅子駆動はあまり見られない。テニスにおける車椅子駆動としては、特にダッシュ場面での初めの2から3プッシュの瞬発的な動作が、ボールに届くかどうかといった非常に重要な動作となると考えられる。しかし、車いすテニスのダッシュ動作の分析においては、車椅子駆動に着目した研究はなされていない。

そこで本研究は、車いすテニス競技用車椅子でのダッシュ動作における3プッシュの速度変化に着目し、効果的な加速動作を検証することを目的とした。

2. 方法

2-2. 対象

対象は、The International Tennis Federation (ITF) に登録している車いすテニス選手で男子日本ランキングのトップ選手3名とした。身体特性、ランキングおよび今回測定を行ったダッシュタイム、3プッシュでの到達距離を示した(表1)。障害は3選手それぞれ異なるが、今回は障害別ではなく、同じ男子クラスであり、日本のトップ選手という競技レベルの面から3選手のダッシュ比較を行った。被験者には、実施目的や内容を説明し、同意を事前に得て測定を行った。

表1. 被験者の身体特性と記録

対象者	性別	年齢 (歳)	障害名	体重 (kg)	車いす重量 (kg)	ランキング		ダッシュタイム (s)	3プッシュでの 到達距離 (m)
						(国際)	(日本)		
A	男性	26	脊髄腫瘍	58	9.8	1	1	3.24	4.70
B	男性	38	左大腿切断	68	12.8	8	2	3.25	3.88
C	男性	34	脊髄損傷(TH11)	65	11.2	16	3	3.48	3.41

2-2. 方法

測定場所は被験者全員が練習場所として普段利用しているインドアコート(サーフェイス:ハードコート)とした。タイム測定には、ほぼ車軸の高さに設置した光電管センサー(Speed-Trap II Wireless Timing System, Gill Athletics 社)を用いて、ベースラインからネットまでの11.88mの直線ダッシュを行った。撮影には、デジタルビデオカメラ(EX FH-25, CASIO 社)を使用し、左側面7m地点に高さ0.68mで設置し、静止時から3プッシュまでの動画(30fps)を撮影した。分析は2次元ビデオ動画解析システム(Frame-DIAS IV System, DKH 社)にて行い、車いすの車軸をデジタイズポイントとした。座標より車軸速度を算出し、Butterworth型ローパスフィルターを用いて最適遮断周波数(5Hz)で平滑化を行った(Winter, 2005)。各選手が試合で実際に用いる車いすを使用して、試技を2回ずつ行い、速い方のタイムの試技の画像を採用し分析を行った。

3. 結果

11.88mのダッシュタイムはA選手が3.24秒、B選手が3.25秒、C選手が3.48秒であった(表1)。A選手が一番速かったが、B選手と0.01秒の違いであった。到達距離においては、A選手4.70m、B選手3.88m、C選手3.41mとA選手が長い距離まで到達していた。

停止から3プッシュまでの車軸速度曲線とそれぞれのピーク速度から、ランキングが高いA選手が1から3プッシュの全てでピーク速度が2.97m/s、3.85m/s、4.31m/sと他の2選手に比べ高く、続いてB選手、C選手の順であった(図1、図2)。

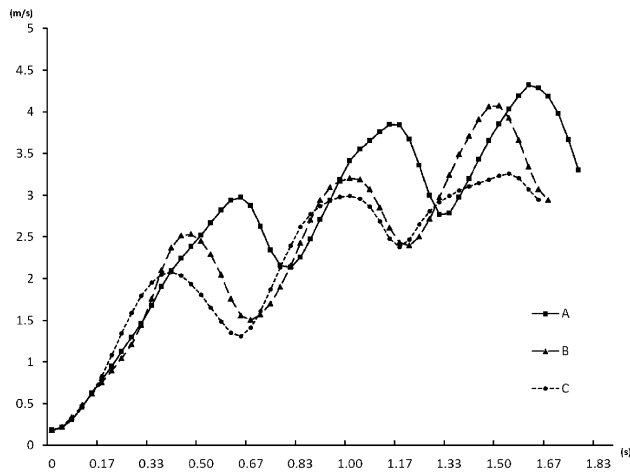


図1：3 プッシュまでの車軸のスピード変化

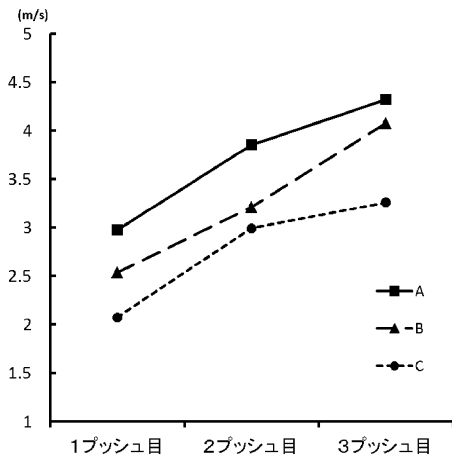


図2：各駆動のピーク速度

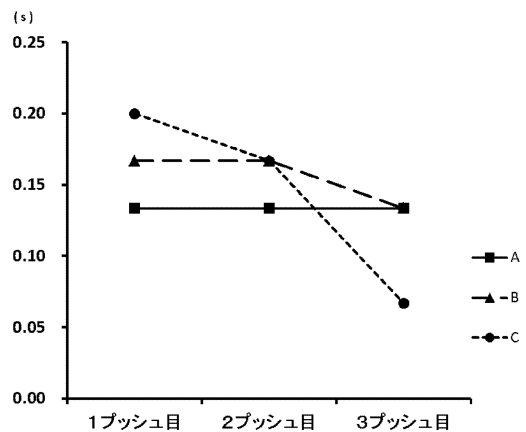


図3：各駆動局面でのリカバリー時間

車いす駆動には、ハンドリムを押すプッシュ動作とリカバリー動作がある。リカバリー動作とは車いすのハンドリムをプッシュし、その後、手を離してプッシュし始める位置まで戻す動作であり、その際にハンドリムには力が加わらないため車いすの減速が起こる。このことから速度波形の減速している部分をリカバリー局面と呼び、加速部分をプッシュ局面と定義した。リカバリー局面にかかった時間は、A選手は3プッシュ共に0.133秒と変化がなかったが、B選手では1, 2プッシュ

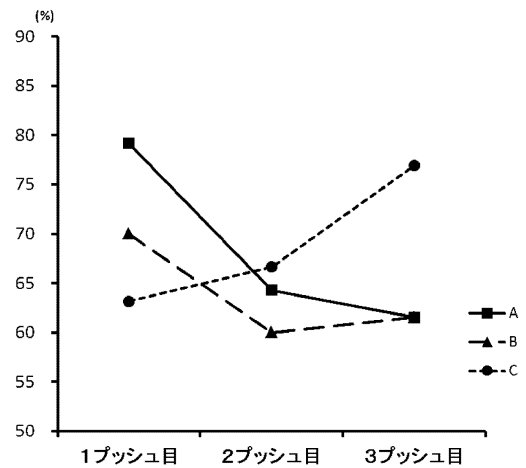


図4：1プッシュにおけるプッシュ局面時間の割合

目が0.167秒で、3プッシュ目にA選手と同じ0.133秒となっていた。C選手は0.20秒、0.167秒、0.067秒と徐々に短くなっていた(図3)。

1プッシュの総時間に占めるプッシュ局面の時間割合は、C選手は1プッシュ目63.2%、2プッシュ目66.7%、3プッシュ目76.9%と順に割合が大きくなっているが、A選手は79.2%、66.7%、61.5%と順に小さくなっていた(図4)。

1プッシュごとのプッシュ局面でのパワーを求めた(式1, 2)。その値を体重と車いす重量を足した重さあたりで平均パワーを示したところ、ランキングが高い順に平均パワーも高い傾向となった(図5)。また、A選手とB選手は徐々にパワーの上昇が認められたが、C選手は3プッシュ目で低下した。

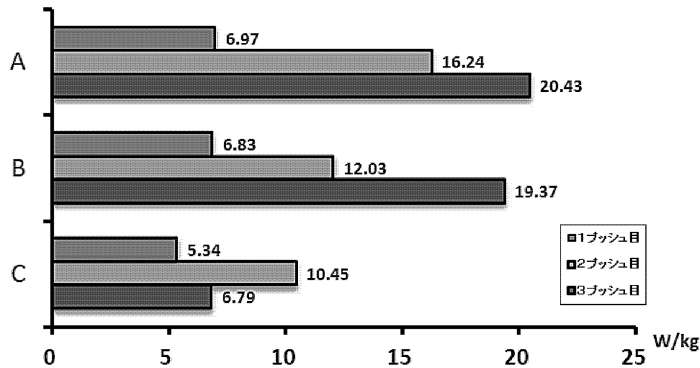


図5: 「体重+車いす重量」あたりの平均パワー

$$[P_i] = \left(\frac{1}{2}mv_{Fi}^2 - \frac{1}{2}mv_{Si}^2 \right) / (t_{Fi} - t_{Si}) \dots (\text{式1})$$

i : プッシュ回数 P_i : i プッシュ目の平均パワー S_i : i プッシュ目のスタート値 F_i : i プッシュ目のピーク値 … (式2)

4. 考察

車いすテニスでのダッシュ場面では、初めの2、3プッシュでの加速と推進力が非常に重要である。11.88mのダッシュタイムがA選手とB選手に違いがなかったが、3プッシュでの到達距離は0.82mもの差がでている。B選手は後半の加速があったと予測されるが、実際の車いすテニス競技の場面では、3プッシュまでの瞬発的な加速がランキングの差となる要因とも考えられる。

ランキングの高いA選手は、到達距離、ピーク速度がB、C選手に比べ高いことが明らかであった(図1)。また、1プッシュ目のプッシュ局面の割合が約80%を占めていることから(図4)、プッシュ局面が長く続いていることが分かる。B、C選手よりピーク速度が速いことから、プッシュ局面をより多くすることが効率的な駆動につながることを示したChowら(2001)の報告と同じ傾向となった。しかし、1プッシュ目はプッシュ局面がB、C選手より割合が大き

いが、2, 3 プッシュ目と小さくなっていることから、速度が上がる程プッシュ局面の割合は小さくなる傾向がみられる。C 選手は3 プッシュ目に 76.9%とプッシュ局面の割合が大きくなっているが、A, B 選手と比べ速度の向上にはつなげていない。つまり、停止時から速度を上げるためには1 プッシュ目のプッシュ局面の割合が大きいことが必要であるが、速度が出ている状態では1 プッシュ目程大きな割合を示す必要がないと考えられた。

リカバリー時間では、A 選手は全ての時間で 0.133 秒と変わらず、B 選手、C 選手の2 プッシュ目までの時間より短い時間であった。ピーク速度に到達するためには、プッシュ局面でより大きく加速を行うことが必要となるが、リカバリー局面での減速をできるだけ少なくすることも影響がある。つまり、短いリカバリー時間で素早くプッシュ局面に移ることが重要である (図3)。

1 プッシュ目の「体重+車いす重量」あたりの平均パワーでは、A 選手 6.97W/kg, B 選手 6.83W/kg と 0.14W/kg の差となり (図5), それがピークスピードでの 0.44m/s の差として表れている。1 から3 プッシュそれぞれの平均パワーでは、A 選手が大きなパワーを出している。その傾向はピーク速度の傾向と同様であった。A, B 選手の平均パワーがプッシュごとに上昇しているが、C 選手は3 プッシュ目が2 プッシュ目よりも少なく出ている。その傾向の違いとして考えられることは、リカバリー時間が短くなっていること、プッシュ局面の割合が大きくなっていることがあげられる。A 選手とB 選手がピークスピード、到達距離がC 選手より上回っていることから、加速された車いすに効果的に力を加える場合、A, B 選手のようにリカバリー時間を短く、プッシュ局面の割合を1 プッシュ目より少なくしていくことが重要である。

なお本研究では車軸のスピード変化を求め、そこからプッシュ局面のパワーを算出した。より正確な精密な実験ならば「選手と車いす」システム全体の重心を求め、そのスピード変化を求めべきであろう。今後は本来の重心位置を求める方法や両者間の差異についての検討の必要があると考えられる。

5. まとめ

停止している車いすを駆動し加速させるには、1 漕ぎ目のプッシュ局面で車いすのハンドリムに力を加える時間を長くし、速度を上げることが重要である。また、減速を少なくするためにはリカバリー局面の時間を短縮し、加速後の2 漕ぎ目以降のプッシュ局面の時間の割合を徐々に小さくし1 漕ぎ目よりも短い時間で車いすに力を加えることが効果的な加速動作となることが解った。

謝辞

本研究の一部は独立行政法人福祉医療機構社会福祉振興助成事業の援助を得て行われた。ご協力頂きました選手の皆様、そして日本車いすテニス協会のスタッフの皆様にお礼申し上げます。

そして測定にご協力頂きました吉田記念テニス研修センターのフィットネスディレクター Horst Guentzel 氏に心から感謝致します。

引用文献

- Chow JW, Millikan TA, Carlton LG, Mores MI, Chae WS, (2001). Biomechanical comparison of two racing wheelchair propulsion techniques. *Med Sci Sports Exerc* 33 : 476-484
- Goosey VL, Campbell IG, Fowler NE, (2000). Effect of push frequency on the economy of wheelchair racers. *Med Sci Sports Exerc* 32 : 174-181
- International Tennis Federation, (2011). Wheelchair Tennis Rules and Regulations 2011 : 24-35
- 日本リハビリテーション医学会監修, (1996). 障害者スポーツ, 医学書院 2-10
- Winter DA, (2005). Biomechanics and motor control of human movement. John Wiley & Sons, NJ. 34-58