

## II. 文献研究

### 1. 骨盤に関する機能解剖学的研究

動物学の観点からヒトの最大の特徴とは直立二足歩行である（八杉ら，1996）。直立二足歩行は，ヒトのみが長い進化の過程を経て獲得した高次な運動機能であり，これによって上肢が歩行運動の拘束から開放され，手を使って巧緻な随意運動を行うことが可能になった。また直立姿勢は，脳とくに大脳が容積を増し，形を変え，さらに機能を著しく高めていく現象，つまり大脳化（八杉ら，1996）を促進した。そしてヒトの文化的な発達はこの大脳化によって導かれた。したがって，ヒトの現代における文化的な成達は，大脳化を導いた直立二足歩行を獲得したことによるものであると言っても過言ではない。

直立二足歩行に適した進化を遂げた代表的な部位には，下肢のほかに骨盤および脊柱が挙げられる。ヒトの骨盤はチンパンジーやゴリラと比較して高さ（厚み）がなく，脊柱の一部である仙骨と股関節を形成する寛骨臼との間の距離が短く，腸骨は寛骨臼の側方に張り出している。これらの特徴から，ヒトは体の前後方向のバランスが取り易く，腸骨に付着する殿筋群の作用が強くなり，その結果，歩行時に左右方向のバランスが取り易くなったことが考えられる。葉山ら(1992)は，ヒトが直立二足歩行を獲得する過程で発生したと考えられる筋骨格系への負荷と運動負荷による骨格系の反応を明らかにする目的で，ニホンザルの猿まわしの訓練への運動適応研究を行った。その結果，直立二足起立姿勢の訓練を行わせたニホンザルの脊柱に，ヒトに特有である脊柱の S 字湾曲が観察されたことを報告している。このことは，ヒトは骨盤および脊柱の進化によって効率的に直立二足歩行を行

うことが可能になったことを示すものである。

下肢の一部に位置づけられる骨盤は、股関節周りの筋群の起始部（大殿筋では腸翼外面および仙結節靭帯、大腿直筋では下前腸骨棘および寛骨臼より上部の腸骨、大腿二頭筋では坐骨結節）であると同時に、腹直筋および脊柱起立筋の停止部でもある。これまで、骨盤の傾斜角度の算出には、主に2種類の定義が用いられてきた。それは、ローゼル・ネラトン線と呼ばれる上前腸骨棘と坐骨結節とを結ぶ線分と水平線または鉛直線とがなす角度、および上前腸骨棘と上後腸骨棘とを結ぶ線分と水平線または鉛直線とがなす角度である。

ローゼル・ネラトン線については、通常この線上に大転子が位置することから、この3点が一直線上に位置しなければ骨折を疑うなど、整形外科的な診断に用いられている。また、後者についても、股関節の可動域と骨盤の前傾角度との関係を検討した研究等において用いられている。(Walker et al., 1987, Heino et al., 1990)。なお、本研究においては、Heino et al. (1990) および Walker et al. (1987) の方法を参考に、骨盤を上前腸骨棘と上後腸骨棘とを結ぶ線分と定義することとした。

## 2. 下肢筋群の筋-腱複合体長の推定

現在までに行われている下肢中心の運動に関するバイオメカニクスの研究では、脊柱と骨盤とを合わせたセグメントを剛体であると仮定し、胸骨上縁と大転子とを結んだ線分を体幹として定義している。体幹を剛体として仮定する理由は、以下に挙げる先行研究によって、体幹の前傾と骨盤の前傾とは互いに連動しあう関係にあることが、報告されてきたためであろう。Oddsson and Thorstensson (1986) は、立位における自発的な体幹屈曲動

作における下肢三関節の角度，脊柱の角度および骨盤傾斜角度を測定した．その結果，体幹の屈曲によって骨盤が前傾したことを報告している．また，Yasukouchi and Isayama (1995) は，立位および股関節角度 120, 90, 60deg（角度が大きいほど股関節が伸展している）での座位姿勢における腰椎の前湾および骨盤の傾斜について検討した．その結果，股関節の伸展に伴い，腰椎の前湾は減少し骨盤は後傾したことを報告している．このように，静的な状態においては，体幹の前傾と骨盤の前傾とは互いに連動しあう関係にあることが認められている．このような報告を基に，バイオメカニクス的研究においては，体幹の動きが骨盤の動きを反映しているものと仮定しているのであろう．しかし，解剖学的にみると，脊柱は 32 から 34 個の椎骨によって構成されていること，および脊柱と骨盤は仙腰関節をつくって連結していることから剛体ではない．そのために，脊柱と骨盤との間には自由度がみられる可能性は大いに考えられる．したがって，体幹の前傾と骨盤の前傾とは互いに連動しあう関係にあることは考えられるものの，両者の角度変位が同じであるとは考えにくい．また，前述の研究（Oddsson and Thorstensson, 1986; Yasukouchi and Isayama, 1995）では，運動における体幹前傾角度変位と骨盤前傾角度変位との差異については検討していない（問題点 1）．もし，運動において，体幹の前傾と骨盤の前傾との角度変位が同じではないのであれば，体幹の動きとは別に骨盤の動きについても検討する必要があるだろう．

これまでに，筋と腱とを一つの系とみなした MTC の長さ変化を推定するために推定式が作成されてきた（Frigo and Pedotti, 1978; Greive et al., 1978; Nemeth and Ohlsen, 1985; Hawkins and Hull, 1990; Visser et al., 1990）．これらの式は，屍体から関節角度と MTC の長さを実測し，両者を近似することによって得られており，画像分析によって得られた関節角度から簡便

に MTC 長を推定することができるために多くの研究で用いられている。特に、身体運動における筋への負荷の特性や二関節筋の機能特性を検討した研究では、下肢筋群の MTC 長の推定式による推定値が用いられることが多い。馬場ら (2000) は、5 名の大学男子陸上競技者を用いて、スタートから中間疾走に至るまでの下肢筋群の MTC における収縮速度の変化を検討した。その結果、大腿二頭筋は、スタート後のどの歩数においても、伸張と短縮を繰り返す SSC 運動と呼ばれる運動様式 (Komi and Buskirk, 1972) で活動をしており、伸張性収縮から短縮性収縮への筋活動への切り替え時点はスウィング期後半の中間時点であったことを報告している。加えて、この報告は、疾走動作において、大腿二頭筋が脚を後方へスウィングするための股関節伸展トルクを発揮していることを示唆している。また、Simonsen et al. (1985) は、下肢関節の MTC 長を基に、ランニングにおける単関節筋と二関節筋との筋活動の差を検討した。その結果、ランニングにおいて単関節筋と二関節筋ではそれぞれの MTC 長の変化が異なることから、その機能的な役割が異なることを報告している。

MTC 長の推定のために用いる関節角度は、その定義が下肢筋群の起始と停止との距離を正確に反映するものでなければならない。そのために、推定式の作成を試みた研究 (Frigo and Pedotti, 1978; Greive et al., 1978; Nemeth and Ohlsen, 1985; Hawkins and Hull, 1990; Visser et al., 1990) では、股関節角度に骨盤傾斜角度を含めて考慮するために、股関節を上前腸骨棘と上後腸骨棘との中点と大転子と結ぶ線分と大腿部とがなす角度と定義している。しかし、推定式を基に下肢筋群の MTC 長を算出し、その値を検討している研究 (Simonsen et al., 1985; 馬場ら, 2000) では、股関節を胸骨上縁と大転子とを結ぶ線分と大腿部とがなす角度として

誤って定義している例がみられる。Franklin et al. (1995), Yasukouchi and Isayama (1995) および Levine and Whittle (1996) の報告のように、身体運動において体幹の前傾と骨盤の前傾が連動するものであったとしても、それぞれの角度変位が同じでなければ、股関節の定義の相違によって、股関節周りの筋群の MTC 長を見誤る可能性が考えられ、身体運動のメカニズムに対して誤解を招く恐れがあると考えられる (問題点 2)。

### 3. 運動での姿勢に関する研究

ヒトの身体運動における骨盤の動きに関しては、歩行およびトレッドミル上での疾走における男女差および年齢差を中心に検討されている。骨盤の形状には、骨盤腔、骨盤上口、閉鎖孔、大坐骨切痕、恥骨下角および仙骨において性差があることが認められている (カレ, 1980)。また、歩行中における骨盤の動きについても性差および年齢差が存在することが認められている。Crosbie et al. (1990) は、年齢 20~82 歳の男女計 108 名を対象に、通常速度での歩行と速歩を行わせ、骨盤の動きを分析した。その結果、骨盤の動きは歩行速度の影響を受けること、およびジュニアはシニアと比較して骨盤が有意に前傾していることを報告している。また、Kerrigan et al. (1998) は、2~40 歳の男女計 99 名を対象に歩行を行わせた。その結果、女性は男性と比較して骨盤前傾角度が有意に高値を示した (骨盤が前傾していた) ことを報告している。さらに、Schache et al. (2003) は、平均で 34 歳の男女計 44 名を対象にトレッドミルでランニングを行わせ、その結果、女性は男性と比較して走行時の最大骨盤角度が有意に高値を示した (骨盤が前傾していた) ことを報告している。Schache et al. (2000) はまた、男女計 14 名の陸上競技者を対象にトレッドミルでラン

ニングを行かせた結果、性および年齢に関係なく、走行中の骨盤前傾角度が大きい者は大腿部の後方への可動域が大きい傾向が認められたことを報告している。このように、いくつかの先行研究では、ヒトの身体運動を理解するうえで骨盤の動きに着目することの必要性を認め、歩行やトレッドミル上での疾走においては、骨盤の動きの男女差および年齢差などについて検討されてきた。

また、以下の報告からも、骨盤の前傾角度がヒトの身体運動におけるパフォーマンスに何らかの影響を及ぼしていることが推測される。Sullivan et al. (1992) は、ハムストリングのストレッチング手法間の効果について検討した結果、骨盤を前傾させて行かせたストレッチングが後傾させて行かせたストレッチングと比較して、ハムストリングの柔軟性を高めるために有効であったことを報告している。この報告は、骨盤を前傾させることによってハムストリングスの筋張力が高まる可能性のあることを示唆するものである。また、日本人を含むアジア人は、先天的に骨盤が後傾していることが認められており (Bloomfield, 1998)、その日本人選手がスプリント種目において、総じてレースの後半でスピードが減少するのは、股関節伸展筋群の筋力不足が原因であるとの指摘もされている (深代ら, 1991)。

したがって、これらのことを考慮すると、運動における構えや姿勢、特に骨盤の前傾と下肢筋群の筋張力との間に何らかの関係が認められる可能性が考えられる。しかし、現在までに、運動開始時の構えまたは運動中の姿勢と股関節伸展筋群の筋出力との関係について、骨盤の前傾が大きい者は股関節伸展筋群の筋出力に優れるのか否かについても検討されておらず (問題点 3)、また骨盤を意図的に前傾させることで股関節伸展筋群の筋出力は向上するか否かについても検討されていない (問題点 4)。さらに、意図的に姿勢を変化させる

方法について、言語による指示と試技条件の変化が考えられるが、これらの効果についても検討されていない（問題点 5）。

試技条件の変化による姿勢の変化、およびそれに伴う生理学的な変化については、自転車ペダリング運動において多く検討されている。これは、自転車ペダリングが、シートの高さおよび前後の位置を変化させることによって、姿勢や関節の可動域を容易に変化させることができるためであろう。Nordeen-Snyder（1977）は、競技用の自転車を用いて、定常運動（799kgm/min を 8～9 分、回転数は 60rpm）におけるシート高の影響を検討した結果、シート高と酸素摂取量との関係は二次曲線で近似することができ、下肢長高（大転子高）の 100%に相当するシート高のときに最も経済性の高いペダリング運動が可能であったことを報告している。Gonzalez et al.（1989）は、200W での定常負荷運動における最も効率的なシート高は、下肢長（大転子高）の 97%であったことを報告している。このように、その多くが持続的なペダリング運動を対象にしたものであるが、短時間でのペダリング運動を対象にしたものも行われている。Hamley and Thomas（1979）は、ある一定の作業量（500kgm）を遂行するのに要した時間とシート高との関係を検討した。その結果、シート高の変化と要した時間との関係は二次曲線で近似することができ、下肢長（恥骨結合高）の 109%の高さにおいて、遂行時間が最も短かったことを報告している。なお、このシート高は大転子高では、約 102%である。また、Yoshihuku and Herzog（1990）は、自転車ペダリング運動において下肢の筋群が最も大きなパワーを発揮するための、Bicycle-Rider システム（クランク長、骨盤傾斜角度、シート高、回転比）の最適値を得ることを目的にシミュレーションを行った。その結果、1 サイクルのペダリングにおいて最も大きなパワーを発揮するために

は、上体はわずかに前傾し、クランク長が標準的な長さである 170mm で回転数が 155rpm の設定が適していることを報告している。

このように、自転車ペダリング運動におけるシート高の相違によってペダリングの効率が変化する理由として、Nordeen-snyder et al. (1977) および Hamley and Thomas (1979) は、シート高を低く設定したペダリングは、高く設定したペダリングと比較して、筋活動量が増加することから、酸素摂取量が増大し、ペダリングの効率が低下するためであると説明している。また、シート高の変化によって下肢筋群の筋活動が変化する理由について、Feria et al. (1978) は、シート高の変化により関節可動域が変化し、下肢筋群の長さ-張力関係が変化するためであると説明している。

#### 4. 運動パフォーマンスと股関節周りの筋群の筋出力との関係

下肢には大きく分けて 3 つの関節が存在し、それぞれの関節の構造的な位置や関与する筋群の違いなどから、身体運動における下肢三関節それぞれの役割には違いがみられる可能性が考えられる。図子ら (1998) は、筋力測定装置を用いて膝および股関節の屈曲および伸展筋力と足関節の背屈および底屈筋力を測定し、下肢各関節における MTC のトルク発揮特性を検討した。その結果、足、膝および股関節のトルク発揮特性は、各関節の構造的・機能的な特徴を反映するために、かなり異なることを明らかにしている。具体的には、股関節は、足関節および膝関節と比較して、下肢の近位に位置し、またがっている筋が非常に大きいものの、筋に対する腱の割合が小さいために、非常に大きなトルクおよびパワーの出力源としての役割を果たしている可能性を報告している。また、足関節は下肢の遠位



に位置し、筋に対する腱の割合が非常に大きいため、発揮するトルクとしては他の関節と比較して小さいものの、身体のはね要素としての役割を果たしている可能性を報告している。さらに、膝関節は両者の中間的な役割を果たしている可能性を報告している。この知見は、Stefanyshyn and Nigg (1998) が、助走付き片脚での CMJ および走幅跳において、股関節は伸張性の筋収縮による機械的エネルギーの吸収が少なく、主に短縮性の筋収縮による機械的エネルギーを発揮する関節であること、足関節は伸張性の筋収縮による機械的エネルギーの吸収、短縮性の筋収縮による機械的エネルギーの発揮ともに非常に大きかったことを示していることから支持される。

上述のように、下肢三関節はヒトの身体運動において、それぞれ異なる役割を果たしていることが認められている。しかし、それと同時にそれぞれの関節が互いに影響を及ぼしあっている可能性も考えられる。これは、運動連鎖 (Putnam, 1991; 1993) や関節間におけるエネルギーの流れ (Gregoire et al., 1984; Bobbert and Ingen Schenau, 1988; Ingen Schenau, 1989; Jacobs and Ingen Schenau, 1992; Jacobs et al., 1993; 1996; Raasch et al., 1997) とよばれる現象によるものであると考えられる。

運動連鎖とは、四肢の近位によって生み出された力やエネルギーがタイミングよく順次加算されて、あるいは伝達されて遠位へと伝わり、遠位の速度が大きくなることである (Putnam, 1991; 1993)。いくつかのスポーツ種目では、四肢の遠位に位置する部位において大きな速度が要求されることがある。具体的には、投球やテニスのサーブでは手部、サッカーのキックや走動作では足部における速度がこれにあたる。このような運動では、四肢の近位をまず動かして力を発揮し、それを上肢や下肢で目的に応じて利用することが合理

的である。これを、身体の部分を連続した鎖あるいはリンクに例えて運動連鎖と呼んでいる。

関節間におけるエネルギーの流れとは、身体の部分間で行われるエネルギーのやり取りである。大殿筋のように股関節にのみにまたがる筋と大腿二頭筋のように股関節と膝関節にまたがる筋は、その筋がまたがる関節の数によって単関節筋と多関節筋に分類され、この両者には機能的な差異が存在する。単関節筋は主に正の仕事の産生に関与しているのに対して、二関節筋は関節間のトルクや仕事を分配していることが示されている (Bobbert et al., 1988; Ingen Schenau, 1989; Jacobs and Ingen Schenau, 1992)。Gregoire et al. (1984) は、足関節の底屈と膝および股関節の伸展の連続的な動作を伴う運動において、大殿筋から大腿直筋および腓腹筋を經由して足関節へのエネルギーの伝達が起きているとの仮説を立て、CMJを用いてこの仮説の実証を試みた。その結果、この種の運動においても単関節および二関節筋によるバイオメカニクス的および生理学的な協調が認められたことを報告している。

また、Bobbert and Ingen Schenau (1988) は、CMJにおける下肢筋群の筋活動、動作パターンおよび跳躍高の相互関係を検討し、跳躍高を得るために必要なエネルギーは、単関節筋である大殿筋によって発揮されたエネルギーと、二関節筋である大腿直筋および腓腹筋を經由して伝達されたエネルギーとの両者によって満たされている可能性を示している。さらに、Jacobs and Ingen Schenau (1992) は、ランニングにおいても、CMJと同様に単関節筋によるパワー発揮と二関節筋によるパワーの分配の両者によって運動が行われている可能性を示している。Bobbert et al. (1996) も、スプリント走および片足CMJのプッシュ・オフ局面において、二関節筋によって機械的パワーが伝達されていることを認めただうえで、股

関節伸展に関わる総仕事のうちハムストリングによる伝達がスプリントにおいては7%、片足CMJにおいては11%であったことを報告している。さらに、Raasch et al. (1997) は、共に股関節周りの筋である大腿二頭筋と大腿直筋は、1ペダリングサイクル中の異なる角度域で活動していることから、両者は異なる角度域でエネルギーの伝達をしている可能性を示している。これらの先行研究は、下肢の近位に位置する関節からパワーが伝達させることによって、関与する筋群が小さい遠位の関節においても大きなパワー発揮が可能になることを示唆している。

このことから、下肢の近位にあたる股関節周りの筋群の筋出力が改善されることは、例えそれがごく僅かであったとしても、運動連鎖または二関節筋によるエネルギーの流れによって、遠位つまり足関節周りの筋群の筋出力を劇的に改善させる可能性を秘めていることが考えられる。したがって、スポーツパフォーマンスの改善および向上を目指すうえで、機械的エネルギーの出力源である股関節の筋出力改善または向上を目指す必要のあることが考えられる。

#### (1) スプリント走に関する研究

スポーツパフォーマンスと股関節の機能との関係については、主にスプリント走において、パフォーマンスと等速性の股関節筋力およびバイオメカニクス的変数との関係が検討されてきた。

Farrar and Thorland (1987) は、疾走速度と下肢関節の等速性筋力との関係を検討し、疾走速度と股関節の等速性筋力との間には有意な相関関係は認められなかったが、疾走速度

の高いグループは低いグループと比較して、等速性の股関節伸展筋力 (60deg/s) が有意に高い値を示したことを報告している。また、Alexander (1989) は、等速性の股関節伸展および屈曲筋力を高速度と低速度で測定し、これらの筋力と疾走速度との間には有意な相関関係が認められなかったが、重回帰分析から 100m 走のタイムを推定する上で、男子では 230deg/s での膝関節伸展筋力および 180deg/s での股関節屈曲筋力が重要であると報告している。さらに、Dowson et al. (1998) は、異なるスポーツ種目を専門とする異質集団において、30~35m 区間でのタイムと股関節屈曲および伸展筋力との間に有意な負の相関関係が認められたことを報告している。Guskiewicz et al. (1993) は、フットボールおよび野球選手を対象に、立位での等速性の股関節屈曲および伸展筋力 (60deg/s および 240deg/s) を測定し、これらの筋力と 40 ヤードのタイムとの間に有意な負の相関関係が認められたことを報告している。尾縣ら (1998) は、400m 走中における疾走速度の逡減に股関節屈曲および伸展筋力の持久性が影響している可能性を示している。

スプリントパフォーマンスとバイオメカニクス的変数との関係について、伊藤ら (1998) は、100m における疾走動作と速度との関係を検討した結果、男子スプリンターにおいては、股関節の最大伸展速度と疾走速度との間に有意な正の相関関係が認められたことを報告している。さらに、阿江ら (1986) は、疾走における下肢筋群の貢献度を検討し、股関節周りの筋群の主な役割は正のパワーを発揮すること、つまり大腿部を伸展位へ移行させることであると報告している。

これらの先行研究をまとめると、スプリントパフォーマンスと等速性の股関節筋力との関係からは、股関節の伸展および屈曲筋力ともにスプリントパフォーマンスに大きな影響

を及ぼすことが示され、スプリントパフォーマンスとバイオメカニクスの変数との関係からは、股関節の伸展速度のみがスプリントパフォーマンスに大きな影響を及ぼすことが示された。これは、スプリント運動において股関節はパワーの出力源であり、脚全体の後方スウィング速度を高めるために重要な役割を果たしていることから、股関節伸展筋群である大腿部後面の筋群（大殿筋および大腿二頭筋等）を積極的にトレーニングすべきであることを示すものでもある（伊藤ら, 1992; 1998）。

## （2）ジャンプ運動に関する研究

「走、跳、投」といわれるヒトの代表的な身体運動のうち「跳」に関する研究の多くは、バイオメカニクスの変数について各関節間で比較したものや、いくつかのジャンプ運動間で比較したものであり、ジャンプ運動のパフォーマンスと股関節伸展筋群の筋出力との関係はほとんど検討されていない。

Bobbert et al. (1986) は、バレーボール選手に反動を用いた CMJ と台高 40cm からのドロップジャンプ（以下、DJ40）を行わせた。その結果、被験者によって跳躍動作が大きく異なり、DJ40 における踏切中点での膝関節角度が CMJ に類似する群と類似しない群に類型化することができたことを報告している。また、DJ の跳躍動作が CMJ と類似しない群では、CMJ に比較して接地時間が短く、膝および足関節の平均パワーおよび腓腹筋の筋活動が大きいことを報告している。また、Bobbert et al. (1987a) は、DJ における跳躍動作の違いを検討するために、CMJ、DJ20 を着地後できるだけ素早く跳び上がるように指示した DJ、および着地後沈み込み跳び上がるように指示した DJ の 3 種類のジャンプを行わせた。その結

果、いずれの DJ も CMJ と比較して膝および足関節のパワーが大きいこと、着地後できるだけ素早く跳び上がるように指示した DJ は、着地後沈み込み跳び上がるように指示した DJ と比較して膝および足関節のパワーが大きいことを明らかにした。このことから、着地後できるだけ素早く跳び上がるように指示した DJ は、膝関節伸展筋群および足関節底屈筋群の機械的出力改善に有効であると示唆している。さらに、Bobbert et al. (1987b) は、台高の違いが DJ におけるバイオメカニクスの変数に及ぼす影響を検討するために、DJ20, DJ40 および DJ60 を行わせた。その結果、跳躍高は台高の違いに影響されないこと、各関節の機械的出力は、DJ20 および DJ40 では違いが認められないが、DJ60 では短縮局面での足関節トルクおよびパワーが低下することを報告している。さらに、地面反力が台高の上昇に伴い大きくなり、DJ60 では、踵が接地する瞬間に鋭い地面反力のピークが出現することも報告している。これらのことから、DJ60 のトレーニング種目としての利点は示されず、筋腱組織へのダメージを予防するという観点からも、トレーニングとして DJ を取り入れる際には、台高 20cm~40cm が妥当である可能性を示唆している。さらに、冨子と高松 (1995b) は、DJ の跳躍高を接地時間で除した値である DJ-index と股関節の負の仕事との間に有意な負の相関関係が認められたことから、DJ のように非常に短い時間に大きな力発揮が要求される運動においては、慣性モーメントの大きい股関節は動員すべきではないと報告している。この報告は、Bobbert et al. (1987a) が、着地後できるだけ素早く跳び上がる DJ では、足関節の貢献度が他の関節と比較して大きいことが特徴であり、足関節で発揮されるパワーが 2500W にもなることを明らかにしていることから支持される。しかし、Bobbert et al. (1987a) は、このような足関節における大きなパワー発揮を可能にする要因についても検

討し、その結果、筋そのものの出力によるものが 30%、腱の弾性によるものが 45%、そして二関節筋などの働きによる下肢の近位の関節からの伝達が 25%であったことを報告している。また、Bobbert et al. (1987b) は、DJ40 の接地期前半（伸張局面）において、各関節の発揮したピークトルクは、足関節が約 400Nm、膝関節が約 500Nm および股関節が約 350Nm であったことを報告している。これらのことは、DJ において股関節は他の関節と比較して仕事量およびパワー発揮としての貢献は小さいものの、発揮するトルクは他の関節と同様に大きいこと、および股関節のトルクは二関節筋などの働きによって足関節に伝達される可能性のあることを示している。したがって、ジャンプ運動、特に股関節の貢献が少ないとされてきた DJ においても、股関節の筋出力はジャンプパフォーマンスに大きな影響を及ぼす可能性が考えられる。

以上の文献研究から、股関節は、その相対的な仕事量からみた貢献度が小さいとされている運動においても、間接的に運動パフォーマンスに影響を及ぼしている可能性のあること、および股関節伸展筋群の筋出力を効果的に引き出す方法の一つとして運動開始時の構え、特に骨盤の前傾が挙げられる可能性のあることが推測される。しかし、運動開始時の構え、特に骨盤の前傾が股関節伸展筋群の筋出力および運動パフォーマンスに及ぼす影響については現在までに検討されていない。