

男子中学生における発育とアキレス腱の形態的・力学的特性との関係

スポーツ科学研究領域

5008A059-0 茂木 康嘉

【緒言】思春期スパートでは身長や体重だけでなく筋厚や筋力などが急激に増加することが報告されている。動物を対象とした実験結果では、発育に伴い腱の力学的な特性が変化することがわかっている。また、その変化は、身体サイズの発育曲線に沿うような様相を示す。これらを踏まえると、ヒト生体においても思春期スパートにおける発育によって腱の力学的な特性は、急激に変化することが予想される。しかしながら、これらのことを検討したものはない。そこで、本研究では以下の2点を目的とした。

①男子中学生のアキレス腱の形態的・力学的特性について検討すること。

②発育段階とアキレス腱の形態的・力学的特性について検討すること。

<①男子中学生のアキレス腱の形態的・力学的特性>

【目的】男子中学生のアキレス腱の形態的・力学的特性に関して検討すること

【方法】41名の健常な男子中学生が実験に参加した。主な測定項目は、身長、体重、アキレス腱長、アキレス腱断面積であった。本研究では、アキレス腱長を腓腹筋内側頭遠位筋腱移行部から踵骨の付着部までと定義した。また、踵骨からアキレス腱長の20%近位部をアキレス腱断面積として測定した。被験者には、5秒かけて最大努力に達するような等尺性の足底屈トルク発揮を行わせた。トルク発揮時の腓腹筋内側頭遠位筋腱移行部の移動を超音波診断装置を用いて撮像し、それを腱伸長とした。腱張力は足底

研究指導教員： 矢内 利政 教授

屈トルクをアキレス腱モーメントアームで除す事により算出した。腱伸長—腱張力関係をもとにアキレス腱スティフネス、ヤング率、Toe-regionにおける腱伸長の最大値(以下： X_{Toe})をそれぞれ算出した。

【結果と考察】本研究に参加した男子中学生におけるアキレス腱長は、 17.6 ± 2.0 cm、アキレス腱断面積は、 57.6 ± 9.1 mm²、アキレス腱スティフネスは、 354.0 ± 140.6 N/mm、ヤング率は、 1022.7 ± 483.9 MPa、 X_{Toe} は 11.4 ± 3.3 mmであった。身長が高い者ほど長いアキレス腱を有することが示された。一方、アキレス腱断面積は、先行研究の成人の値(Muraokaら 2004)とほぼ同等の値であり、身長や体重との関連は示されなかった。 X_{Toe} も身長や体重との関連は示されなかった。体重が重いものほどスティフネスやヤング率は大きく、硬い腱を有することが示された。これらより、中学生のアキレス腱の形態的・力学的特性には身長や体重などが関係していると考察した。

<②発育段階とアキレス腱の形態的・力学的特性>

【目的】発育段階とアキレス腱の形態的・力学的特性との関連を明らかにすること

【方法】健常な男子中学生20名が実験に参加した。1年間の身長の発育量をもとに思春期スパートに入った群(Spurt群)と思春期スパートが終了した群(Post群)に分けた。主な測定項目は、①と同様であった。アキレス腱長は、下腿長で正規化し、アキレス腱長比を算出した。 X_{Toe} はアキレス腱長で除す事によりストレインに変換した(Strain

X_{Toe}). 受動トルクは、被験者の足関節を底屈 20 度から 0 度まで受動的に動かし測定されたそれぞれの関節角度でのトルクの差を取ることによって算出した。

【結果と考察】アキレス腱のスティフネスは、Post 群が 400.8 ± 107.3 N/mm, Spurt 群が 305.5 ± 112.7 N/mm で、両群間に有意差は認められなかった。ヤング率は、Post 群が 1227.1 ± 143.7 MPa, Spurt 群が 722 ± 210.9 MPa で、Post 群が有意に高値を示した ($p < 0.05$)。アキレス腱長比は、Post 群が 44.2 ± 4.9 %, Spurt 群が 51.3 ± 4.4 %で、Spurt 群が有意に高値を示した。アキレス腱断面積は、Post 群が 65.6 ± 5.3 mm², Spurt 群が 53.9 ± 9.7 mm²で、両群間に有意差は認められなかった。StrainX_{Toe}は、Post 群が 6.2 ± 3.2 %, Spurt 群が 6.5 ± 1.5 %で両群間に有意差は認められなかった。骨の発育に腱の発育が追い付かず、腱が受動的に引き伸ばされているとしたら、腱は安静時においても伸長されていることになる。したがって、StrainX_{Toe}や受動トルクは Spurt 群の方が高くなるはずである。しかしながら、本研究の結果ではともに有意な差は示されなかった。よって、Spurt 群の方がアキレス腱比が大きかったことは、腱が発育していることを示す結果であると考えられる。スティフネスやヤング率が、思春期スパートが終了するとほぼ成人の値に近くなることから、思春期スパートにおいては身長や体重だけでなく腱の力学的特性においても急激な発育が生じていることが示された。

<総括論議>

本研究では、中学生のアキレス腱の形態的・力学的特性を検討した。さらに、被験者の発育段階を 1 年間の身長の発育量をも

とに 2 つの群に分けて、両者を比較・検討した。その結果、以下の知見が得られた。

①身長が高いものほどアキレス腱長は長い。身長が高いものほどヤング率は大きい。体重が大きいとスティフネスとヤング率は大きくなる(2 章)。

②発育段階によって、ヤング率とアキレス腱長比が異なる(3 章)。

身長とアキレス腱長に有意な正の相関関係が示され、アキレス腱長比は Post 群が有意に小さかった。このことから身長の発育と共にアキレス腱と筋長もその長軸方向に発育するが、筋長の発育量の方が腱長の発育を上回るため、Post 群では、アキレス腱長比が小さくなったと考えられた。

体重を制御変数として筋力とヤング率・スティフネスとの偏相関係数を求めるといずれも有意ではなかった(それぞれ $p = 0.90$ $r < 0.01$, $p = 0.37$ $r < 0.05$)。したがって、体重の発育が腱の力学的特性に影響を及ぼしていると考えられた。

<結論>

思春期スパートでは、腱の力学的特性も急激に変化することが明らかとなった。

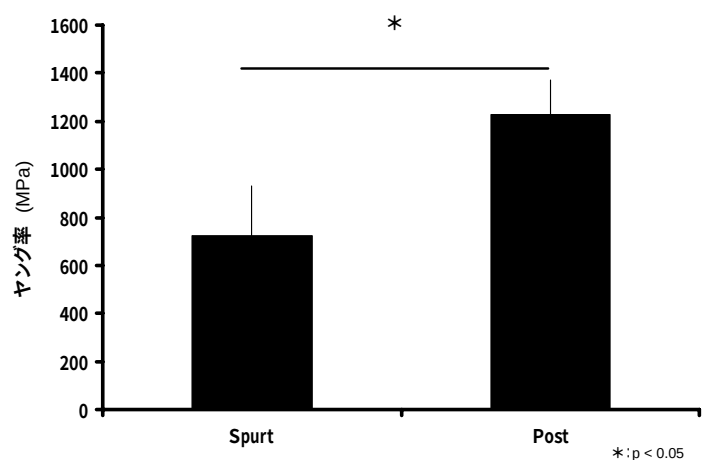


図 1 思春期スパート群(Spurt群)および思春期スパート終了群(post群)におけるアキレス腱のヤング率の比較