

体操競技における伸腕屈身倒立のバイオメカニクスの研究

研究代表者 村田宗紀（東洋大学、元スポーツ生命科学系）

メンバー 菫澤悠（鹿屋体育大学体育学部）

目的

伸腕屈伸力倒立（しんぴ）は両手足を接地した姿勢から予備動作を行わずに倒立に至る技である。しんぴに関する応用技が約 80 技ある事や、男子において 6 種目中 5 種目で応用技が実施されることから、しんぴは体操競技において基本的な技であると言える。そして、しんぴにおいて選手間で肩関節の位置や肩関節トルクの大きさに差異がみられたことや¹⁾、未熟練者は熟練者よりも肩関節が前方（倒立時背側）に位置していることが報告されているものの²⁾、その詳細は不明である。そこで、本研究では熟練者と未熟練者のしんぴにおける、姿勢制御方略の差異を明らかにすることを目的とした。

方法

体操競技を専門とする男子選手 10 名（身長：1.62 ± 0.42m、体重：56.9 ± 4.3kg、年齢：20.5 ± 1.1 歳）にしんぴを行わせ、光学式 3 次元動作分析装置（Mac3D、Motion Analysis、500Hz）とフォースプレート（TF-90110、テック技販 1000Hz）を用い、地面反力および身体標点の 3 次元座標値を測定した。得られたデータから身体を 15 セグメントの剛体リンクモデルとし、身体各部および各関節の Kinematics と Kinetics を算出した。また、身体重心位置は身体各部の位置 m_i と質量 r_i によって決まるため、身体各部の位置が任意点 r_o を基準にした身体重心位置に与える影響 C_i を以下の式で求めた。

$$C_i = \frac{m_i(r_i - r_o)}{\sum_i m_i}$$

結果

熟練者、未熟練者ともに腕、体幹は常に身体重心を前方に位置させるように貢献しており、脚は常に身体重心を後方に位置するように寄与していた。しかし、未熟練者は熟練者に比べて体幹がより身体重心を前方へ位置させるように寄与しており、未熟練者は熟練者よりも体幹上部が、熟練者は未熟練者よりも体幹下部が身体重心をより前方へ位置するように寄与していた。身体重心まわりの慣性モーメントに着目すると、常に熟練者よりも未熟練者の方が大きく、特に脚角度が 90° 以下の局面（初期姿勢から脚が水平に至るまで）では熟練者と未熟練者の差が大きかった。肩関節トルクに着目すると、両群とも

に常に肩関節は屈曲トルクを發揮しているが、常に熟練者よりも未熟練者は肩関節屈曲トルクが大きかった。また、未熟練者は熟練者に比べて、試技全体を通して肩関節から脚と体幹の合成重心までの水平距離が大きかった。肩関節から脚と体幹の合成重心までの水平距離の群間差は特に試技開始直後に大きく、動作後半ほど群間差は漸減していた。

考察

転倒をしないようにしんぴを遂行するためには、基底面上に身体重心を保つことで姿勢を制御する必要がある。両群とも主に体幹と脚の位置を調整することで身体重心を COP 上に位置させ、バランス保持を行っていた。しかし、未熟練者は脚の重心と肩関節の水平距離が大きく、熟練者に比べて大きな肩関節屈曲トルクを發揮する必要があった。しかし、系全体の慣性モーメントは未熟練者の方が大きく、地面反力のモーメントが身体に作用したとき、系全体の角速度（姿勢変化）に与える影響が小さかったと推察される。つまり、しんぴにおいて両群の姿勢制御の差異は優先する課題に応じて異なっており、未熟練者肩関節が大きな屈曲トルク發揮を大きくする必要のある反面、姿勢制御が容易である姿勢を選択しており、熟練者は姿勢制御が難しいが、小さな肩関節屈曲トルクでしんぴを遂行できる姿勢を選択していた可能性がある。

まとめ

しんぴでは熟練度に応じて優先課題がことなり、未熟練者は肩関節の屈曲トルク發揮を大きくすることで姿勢制御を容易にすることを、熟練者は姿勢制御が難しいが、技の遂行に必要な肩関節の屈曲トルクを小さくすることを優先していた可能性がある。

参考文献

- 1) Prassas, SG. (1988). Biomechanical model of the press handstand in gymnastics. *Journal of Applied Biomechanics*, 4(4), 326-341.
- 2) 水鳥寿思 (2021) 体操競技における伸腕屈身力倒立の安定性に関するバイオメカニクス：キネマティックおよびキネティック分析による巧みさへのアプローチ. 日本体育大学大学院体育科学研究科博士論文.