

(様式4)

学 位 論 文 の 内 容 の 要 旨

氏 名 河 内 淳 介 印

(学位論文のタイトル)

The impact of the foot contact position and cutting angle during cutting on the risk of anterior cruciate ligament injury

(カッティングにおける足部接地位置とカッティング角度の違いが膝前十字靭帯損傷リスクに与える影響)

【緒言】

ACL 損傷リスクを高める要因として、着地時の最大垂直床反力(pVGRF)の増加と衝撃吸収能の低下(loading rate の増加)が挙げられる。カッティングは直線走に比べ、床反力による膝関節靭帯への負荷が大きいとされ、直線走やジャンプ着地動作とは運動学的特性が大きく異なると考えられる。カッティングでは股関節外転角度(または足部外側接地)を増加させることでカッティング方向への推進力を得るが、股関節外転角度の増加は、複数のビデオ分析において ACL 損傷との関連が報告されている。また足部を外側に接地させた場合、膝関節外反・内旋モーメントが増大すると報告されている。このようにカッティングにおける足部外側接地(股関節外転角度の増加)の有用性については一定の見解が得られておらず、また足部接地位置の違いによる垂直床反力や衝撃吸収能の変化についての報告は見られない。

そこで本研究では、ACL 損傷の好発動作であるカッティングに着目し、足部接地位置とカッティング角度の違いが ACL 損傷リスクに与える影響について、VGRF パラメータと運動学的データの観点から検討することを目的とした。

【対象および方法】

対象はサッカー競技歴を有し、過去に重篤な整形疾患の既往の無い、20代の健常成人男性7名(年齢:24.3±1.7歳、身長:172.0±6.1cm、体重:61.6±5.6kg、サッカー競技歴:9.9±1.6年)とした。課題動作はカッティングとし、2つの足部接地位置と2つのカッティング角度により、計4条件(A30:前方接地で30°カッティング、A60:前方接地で60°カッティング、L30:外側接地で30°カッティング、L60:外側接地で60°カッティング)を設定した。開始肢位は両脚立位とし、両脚ジャンプの後、利き脚で速やかに反対方向へカッティングした。VGRF パラメータは2つの床反力計(MINIAMP MSA-6、AMTI社)を使用し、サンプリング周波数1000Hzで測定した。垂直床反力データより、ICからVGRFの1つ目の波の終了時点までをWeight-acceptance(WA)相と定義した。運動学的データは、三次元動作解析装置(Vicon Nexus1.2、インターリハ株式会社)を使用し、サンプリング周波数250Hzで測定した。Plug-in-gait 下肢モデルに基づき、計15個の反射マーカー(直径9.5mm)を貼付した。

Plug-in-gait Model software of Vicon Nexus (version 1.7.1) を使用し、VGRF パラメータおよび運動学的データを算出した。VGRF パラメータは pVGRF、time to pVGRF、loading rate とした。pVGRF は WA 相における垂直床反力の最大値とし、体重で除して正規化した (%)。また床反力データより、WA 相時間 (WA time) と全立脚時間 (total time) を計測した。運動学的データは、pVGRF における骨盤傾斜角度、下肢関節角度を計測した。

すべての測定項目において 3 試技の平均値を代表値とした。各測定項目について反復測定による一元配置分散分析を行ない、有意性がみられたものについてはフリードマン検定を用いた多重比較を行なった。統計学的処理には SPSSver.25.0 を使用し、有意水準はいずれも 5% とした。

【結果および考察】

着地時の衝撃吸収能を表す loading rate は外側接地において、またカッピング角度が大きいと増加する傾向がみられ、A30 と L60 の間で有意差がみられた。運動学的データでは、膝関節屈曲角度は外側接地において、またカッピング角度が大きいと減少する傾向がみられ、A30、A60 と L60 の間で有意差がみられた。膝関節は着地時の衝撃吸収において主要な役割を担っており、足部外側接地とカッピング角度の増加は膝関節屈曲角度を減少させ、pVGRF が増加傾向となることで loading rate が有意に大きくなったと考えられる。一方、足部を前方に接地した場合、カッピング角度が増加すると骨盤のカッピング方向への側方傾斜が大きくなることから、身体全体をカッピング方向に内傾することで推進力を得ていると考えられる。つまりカッピング角度が大きいカッピングでは、床反力による法線成分を得るため、身体全体を進行方向へ傾斜させる、あるいは足部を外側に接地 (股関節を外転) し下肢を内傾させる、という 2 つの異なる戦略をとる可能性が示唆された。

骨盤前傾角度については A30、L30 と A60、L60 の間で有意差がみられ、足部接地位置に関わらずカッピング角度が大きいと骨盤の前傾角度が小さくなる結果となった。カッピング角度が増加すると大きな減速が必要となり、身体重心を後方へ偏位させる姿勢制御戦略をとったと考えられる。このような姿勢制御は衝撃吸収が非効率的となり、loading rate の増加につながると考えられる。

カッピング時間は、カッピング角度に関わらず、足部を外側に接地すると time to pVGRF と WA time が短縮する傾向にあった。それとは対照的に total time は延長し、A60 と L60 の間で有意差がみられた。膝関節屈曲角度が減少した足部外側接地では time to pVGRF、WA 時間が短縮するが、その後の下肢伸展トルクが不十分となり、total time が延長したと考えられる。以上のことから、カッピングにおいて足部を外側接地する姿勢制御戦略は、カッピング時間の観点においてパフォーマンス向上に寄与しないと考えられる。

【結論】

カッピング角度が大きい場合、足部を外側に接地する姿勢制御戦略は膝関節屈曲と骨盤前傾角度を減少させ、loading rate を増加させることで、ACL 損傷リスクを高めると考えられる。そのような状況下では、身体全体をカッピング方向へ傾けることで、足部前方接地での大きな方向転換が可能となり、ACL 損傷リスクを軽減する可能性があると考えられる。