

平成 24 年度
順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科 修士論文

高校男子サッカー選手における
足趾把持筋力および足関節周囲筋力と
ターン動作時の足底圧分布の関係
- 第 5 中足骨疲労骨折の予防に着目して -

スポーツ科学領域
スポーツ医科学専門分野
藤田芳正
論文指導教員 桜庭景植 教授

合格年月日 平成 25 年 2 月 25 日

論文審査員 主査 菅波盛雄

副査 青木和浩

副査 桜庭景植

目次

第1章 緒言.....	3
第2章 関連文献の考証.....	5
第1節 ロングパイル人工芝の普及と傷害発生の変化.....	5
第2節 足底圧分布測定について.....	7
第3節 足趾把持筋の機能について.....	8
第3章 研究目的.....	10
第4章 研究方法.....	11
第1節 被験者.....	11
第2節 足底圧分布測定での運動プロトコル.....	11
第3節 動作記録.....	11
第4節 足趾把持筋力測定.....	12
第5節 足関節周囲筋力測定.....	12
第6節 足底圧分布測定.....	12
第7節 統計処理.....	13
第5章 結果.....	14
第1節 足趾把持筋力測定および足関節周囲筋力測定.....	14
第2節 足底圧分布測定と足趾把持筋力および足関節周囲筋力との関係.....	14
(1)足底接地から離地までにかかった足底全体の最大荷重値.....	14
(2)足底接地から離地までにかかった A5 最大荷重値.....	14
(3)A5 最大荷重時の足底全体の荷重値.....	14
(4)A5 最大荷重時の各エリアの荷重値.....	14
(5)A5 最大荷重時の各エリア間比較.....	15
第6章 考察.....	16
第1節 グラウンドサーフェイスの相違が足趾把持筋力および足関節周囲筋力に及ぼす影響.....	16
第2節 足趾把持筋力および足関節周囲筋力の相違が人工芝でのターン動作に及ぼす影響.....	16
第7章 結論.....	20
第8章 要約.....	21

引用文献	22
Abstract.....	27
図表一覧	29
資料 1.....	42

第1章 緒言

サッカーは、ダッシュ、ストップ、カットイング、ジャンプ、急激な方向転換などの動作に加え、足でボールを扱うという競技特性を持ったスポーツである。そのため、その競技特性から下肢に傷害が多く発生する^{3) 33) 38) 57)}。関ら³⁹⁾の関東大学サッカーリーグの全公式戦における傷害調査によると、下肢の割合が58.4%で、足部・足関節が最も多いと報告されている。その中でも、足関節内反捻挫は代表的な傷害の一つである^{25) 56)}。しかし、サッカー選手の中には明らかな外傷の既往がないにも関わらず、同部位に何らかの症状を訴えている選手は50%にもものぼっていることが報告されている³⁾。また、近年のロングパイル人工芝の普及に伴い、第5中足骨疲労骨折が増加傾向にあることが問題となっている³⁷⁾。

第5中足骨疲労骨折は、1902年にJonesが自らの経験を基にして、最初に報告したことからJones骨折と呼ばれている。本来この骨折には、急性の外傷が原因のものと疲労性骨障害が原因のものがあり、わが国では後者を表していることが多い。第5中足骨疲労骨折は、第5中足骨の結節部より15-20mm遠位部に繰り返し応力が加わり、横走する骨折線の特徴とする疲労骨折のことをいう⁵⁰⁾。第5中足骨疲労骨折が生じる部位は、血液の供給が乏しいため、遷延治癒や偽関節になりやすく難治性の骨折の一つとされている¹⁹⁾。そのため、競技者にとっては長期離脱を余儀なくされ、個人のパフォーマンスやモチベーションを著しく低下させる可能性の高い傷害である。育成期の技術の習得に影響が及ぶこともあるため、第5中足骨疲労骨折の発生因子を解明し、予防に反映させていくことが重要である。

第5中足骨疲労骨折の発生要因は、下肢アライメント、筋機能、衝撃緩衝能などの「個体因子」、カットイング、ターン、サイドステップなどの「動作因子」、グラウンドサーフェイスやシューズなどの「環境因子」に分類される^{40) 42)}。特に第5中足骨疲労骨折の発生は、外側足底圧の上昇による骨折部への負荷の増加¹²⁾が発生要因の一つとして問題視されている。そのため第5中足骨疲労骨折の発生要因の解明を目的とした調査の多くで足底圧分布測定が用いられている²⁴⁾。福士ら¹¹⁾はターン時の内側脚において、足底外側での荷重値が高くなると報告している。また、人工芝でのターン動作は、天然芝に比べ足底外側での圧力が高くなると報告している。第5中足骨疲労骨折は、ロングパイル人工芝の普及に伴って増加傾向³⁷⁾にある。また足部外側荷重のまま小趾側で方向転換する動作が発生要因とされている⁴²⁾。これらのことから人工芝

でのターン動作が、足底外側への荷重を増加させることがわかる。そしてこのことから、第 5 中足骨疲労骨折発生との関係が推測される。しかし人工芝で活動する選手の全てが、第 5 中足骨疲労骨折を起こすわけではないことは事実である。第 5 中足骨疲労骨折の発生について動作因子や環境因子を検討している報告は散見されるが、それらの報告はその予防についてまでは検討されていない。そこで動作因子や環境因子に加え、個体因子を考慮し検討していく必要があると考える。このような個体因子の一つとして、足趾把持筋力がある。この足趾把持筋力が第 5 中足骨疲労骨折などの足部障害の発生と関係があることが報告されている。藤高らは第 5 中足骨疲労骨折既往者¹⁰⁾、足関節捻挫、足部障害⁶⁾を有する者の足趾把持筋力が弱い傾向にあるとしている。さらには、大学サッカー選手に足趾把持筋力の強化を行うことで足部捻挫の発生件数が減少したと報告している⁷⁾。しかしこれらの調査は、グラウンドサーフェイスや実際の動作までを踏まえて検討していないのが現状である。

近年、増加傾向にあるとされている第 5 中足骨疲労骨折の予防法を検討するうえで、足部や足関節周囲の筋力に着目したさらなる調査が必要と考えた。

第2章 関連文献の考証

本章では、グラウンドサーフェイスの相違が足趾把持筋力に及ぼす影響についての検討および足趾把持筋力とターン動作時の足底圧分布との関係から第5中足骨疲労骨折の予防について検討するにあたって、第1節ではロングパイル人工芝の普及と傷害発生について、第2節では足底圧分布測定について、第3節では足趾把持筋の機能について関連文献の考証を行う。

第1節 ロングパイル人工芝の普及と傷害発生の変化

近年、ロングパイル人工芝は、スポーツフィールド用人工芝のスタンダードといっても過言ではない。

2002年 FIFA ワールドカップ記念事業の「サッカーを中心としたスポーツ環境整備モデル事業」の助成金を受けて整備された各地のサッカー拠点など、近年数多くの天然芝ピッチが全国各地に新設・改修されてきた⁵⁸⁾。しかしながら、土のグラウンドを天然芝に改修していくことを期待するには、天然芝ピッチのコンディション維持やランニングコストの確保の面で容易ではない。こうした課題の解決策として、サッカーの競技特性に対応したロングパイル人工芝が開発された。その人工芝は、25mm以下であった旧人工芝のパイル長から2~3倍の50mm以上に伸ばし、そこに砂やゴムチップ等の充填材を入れて弾性を高め、天然芝に近いプレーイングクオリティを実現した⁴⁴⁾。その結果、従来的人工芝の欠点であった火傷や擦過傷の問題が激減した⁴³⁾。それに加え、優れた耐久性と透水性を備えた構造は、雨天時の使用も問題なく、グラウンド整備が不要なことなど、常に良好なグラウンドコンディションを維持出来るようになった。このように天然芝と比べて専門的な維持管理や養生期間が必要なく、ランニングコストが大幅に削減できること、適度な弾性や優れた耐久性と透水性、高い稼働率⁴⁵⁾⁴⁶⁾から、サッカーをはじめとするスポーツ関係者から注目を浴びるようになった。

この人工芝の誕生を受け、日本サッカー協会では、「Players first!」の視点に立った良質なプレー環境の供給、そして未だ不足状態にある芝ピッチの量的な確保という二つの観点から、天然芝ピッチを補完するという意味で人工芝ピッチの導入を容認し、2003年人工芝ピッチの確保とレベルの維持を目的とした「JFA ロングパイル人工芝公認規程」を制定した⁵⁸⁾。こうした流れを受けて、日本各地に数多くの人工芝ピッチの普及が急速に進んだ。2004年3月に全国で約180施設、2007年3月で約740施設²⁾

だったものが 2010 年 3 月時点では約 1290 施設⁴⁷⁾ と引き続き増加傾向にある。

しかしながら、ロングパイル人工芝における傷害など否定的な側面も多く報告されている。小暮²³⁾ は人工芝では、摩擦力が大きいためプレー中の足部や膝にかかる負担が増大し、スポーツ傷害を起こしやすいと報告している。西村ら³⁰⁾ の土とロングパイル人工芝を使用した大学アメリカンフットボール選手を対象にした傷害調査によると、人工芝では膝関節の受傷が多く、足関節と大腿においては重症度の高い傷害が多いと報告している。また、藤高ら⁸⁾ の土とロングパイル人工芝を使用した大学サッカー部員を対象にした傷害調査によると、ロングパイル人工芝では、上肢の外傷発生率が大きいことが報告されている。その理由として、ロングパイル人工芝の摩擦や衝撃吸収、温度上昇による疲労からバランスを崩し転倒することが増えていることを挙げている。青木¹⁾ によると、人工芝は太陽光の吸収率が高いことにより、温度上昇をもたらすと報告し、環境の温度上昇が運動以外の代謝を促し筋の疲労を生じさせるとしている。このように、人工芝での傷害が報告されている中で、特に第 5 中足骨疲労骨折がロングパイル人工芝の普及とともに近年増加傾向にある³⁷⁾ ことが問題とされており、人工芝と傷害発生との関係が予想される。

サーフェイスと傷害の関係で着目すべき点として、大畑ら³⁵⁾ はサーフェイスと靴との間に生じる摩擦力と、サーフェイスから受ける衝撃力の二つを挙げている。サーフェイスからの衝撃力に関する報告では、コンクリートやアスファルトのような硬いサーフェイスでは、**overuse** による膝関節や腰部の障害が生じやすいとしている⁵⁵⁾。しかし、この問題は単にサーフェイスからの衝撃のみとは言い切れない部分もある。衝撃は、足関節や膝関節、股関節の運動によって緩衝される。したがって、どれだけ衝撃を緩衝できるかは、各関節で生じる力の強さや動かすタイミングをコントロールする運動スキルにかかっている³⁵⁾。岡ら³⁴⁾ は、着地時の膝関節屈曲角の増加に伴い、最大床反力が顕著に減少したと報告している。また、着地時に準備動作開始のタイミングが遅れると、最大床反力が増加すると報告している。さらに、関節を固定し屈曲が不可能な状況下では、身体は急激に減速せざるをえず、高い衝撃を受けることが示されている。一方、下肢関節の屈曲が可能ならば、胴体は鉛直下向きに滑らかに減速でき、瞬間的な速度変化も小さく、受ける衝撃も小さくなる。また、準備動作を早く行うことで、下肢関節は滑らかに屈曲でき、衝撃レベルが小さくなると考えられている。

足関節や足部のスポーツ傷害の発生は、衝撃緩衝の役割を果たす足部アーチと関連があることが知られている⁵⁾⁵¹⁾。また、足部アーチと足趾把持筋力に強い相関がある⁶⁾²⁸⁾³²⁾ことから、足趾把持筋力のトレーニング効果についての報告も散見される。藤高ら⁹⁾の大学サッカー選手を対象にした足趾把持筋力のトレーニング効果についての報告では、トレーニング群の足関節捻挫の発生件数が、コントロール群に比べて少なかったことが示されている。

このように傷害の発生には、様々な要因があり、それらが相互に関係しあって発生していると考えられる。高い競技パフォーマンスを維持するためには、下肢の力を地面に伝えることのできる十分な摩擦力²⁷⁾や衝撃力が必要である。しかし、スポーツ傷害予防の立場から考えると、競技パフォーマンスを低下させない範囲で、靴とサーフェイスの間の摩擦力を減らす工夫²⁷⁾や、競技者がサーフェイスに対応する衝撃緩衝スキルやそれに伴う筋力を有するかどうかが重要になる。人工芝グラウンドと土グラウンドといったサーフェイスの特徴によって生じる影響より、むしろその変化に競技者側が対応できるかどうかの問題となる³⁵⁾。環境の変化によって求められる体力や運動スキルなどの関連も含め、さらなる調査や検討が必要と考える。

第2節 足底圧分布測定について

サッカーは、ダッシュ、ストップ、ターン、カットティング、ジャンプ、急激な方向転換などの動作に加え、足でボールを扱うという競技特性を持ったスポーツである。そのため、その競技特性から下肢の傷害が多く³⁾³³⁾³⁸⁾⁵⁷⁾、足部・足関節に最も多く発生する³⁹⁾。その中でも足関節内反捻挫は代表的な傷害の一つである²⁵⁾⁵⁶⁾。サッカーにおいて足部、足関節における疲労骨折の多くは中足骨に発生し、第5中足骨の疲労骨折はサッカー選手に多い⁴⁹⁾。サッカー競技に第5中足骨疲労骨折が比較的多い理由として、カットティングやサイドステップ動作の多いスポーツであることが挙げられる¹⁰⁾³⁶⁾。また近年のロングパイル人工芝の普及に伴い、第5中足骨疲労骨折が増加傾向にあることが問題となっている³⁷⁾。

第5中足骨疲労骨折の発生は、外側足底圧の上昇による骨折部への負荷の増加⁸⁾が発生要因の一つと考えられている。そのため足底圧分布測定が、第5中足骨疲労骨折発生の要因を明らかにするために行われている²⁴⁾。また、足底圧測定は足圧分布を観察できることから、足底にかかる負荷の位置についての知見を得ることができる¹⁴⁾。そのため、スポーツ技術の分析や様々な動作における足底圧を分析する際にも用いら

れている^{21) 41)}。ターン動作中の足底圧分布に関する調査では、福士ら¹¹⁾は、ターン時の内側脚において、足底外側での荷重値が高くなることを報告している。またこの調査では、人工芝と天然芝の違いについても検討している。天然芝でのターン動作は、足底外側以外にも荷重の分散がみられ、人工芝では天然芝と比べ足底外側での圧力が高くなることを報告している。また山口ら⁵³⁾は、健常男性を対象にしたステップ肢位における足部内反筋群および足底圧分布を調査している。内側へのステップ距離の増加に伴い、小趾側への荷重および内反筋群の筋電図積分値相対値が増加したことを報告している。またこの調査では、小趾側荷重で安定して姿勢保持を行う必要があるため、距骨下関節回外位による下腿外方傾斜を制動する筋の活動が必要とし、その制動作用を担っているのが内反筋群であると考察している。

傷害既往者の動作における足底圧測定の調査では、葛山ら²⁴⁾は、第5中足骨疲労骨折の既往者における歩行動作において、足底外側の荷重値が高いと報告している。また、宮川ら²⁵⁾は、足関節不安定性を有する者の着地動作において外側足底圧が高いと報告している。

これらの研究のように、第5中足骨疲労骨折の発生要因として考えられている足底外側の荷重値が高くなる要因は様々である。第5中足骨疲労骨折の発生因子として、下肢アライメント、筋機能、衝撃緩衝能などの「個体因子」、カッティング、ターン、サイドステップなどの「動作因子」、グラウンドサーフェイスやスパイクなどの「環境因子」に分類される^{40) 42)}。ロングパイル人工芝の普及により第5中足骨疲労骨折が増加傾向³⁷⁾にあることから、環境因子や動作因子に着目した報告は散見されるが、個体因子に着目した報告はあまりみられない。グラウンドが人工芝に改築され、今までと同じスパイクを履いていても第5中足骨疲労骨折を起こさない者もいることは指導現場では自明である。そこで動作因子や環境因子に加え、個体因子を考慮し検討する必要がある。

第3節 足趾把持筋の機能について

人類が二足歩行を開始して以来、足は人体と地面とが直接に接触する唯一の器官として、非常に複雑な機能の要求と重要な役割を担ってきた^{16) 48)}。人間が運動するときの基本的姿勢は直立二足歩行の状態であり、この状態から歩行、走行、蹴る、跳ぶという動作に繋がり、足はそれらの要求に応えるべく、衝撃緩衝器、体重支持機構、推進器官としての機能を切れ目なく繰り返す重要な身体の一構成部分である^{26) 54)}。

その要求を可能にしているのが足部アーチ構造であるが、アーチの低下は種々のスポーツ障害の一因とされている³²⁾こと、足部アーチ高率と足趾把持筋力との相関が強いこと^{6) 28) 32)}から、足趾把持筋力が注目されている。

足趾把持筋力は、バランス能力と相関が強いことから高齢者の転倒と関連があることが指摘されている²⁹⁾。足趾把持筋力の強化により、静的立位姿勢制御時の重心動揺に改善効果がみられたとの報告¹⁵⁾や動的姿勢制御能の向上が得られたとの報告¹⁸⁾もあり、足趾把持筋力の強化により転倒の危険性を減少させる可能性がある。地域在住者を対象に、転倒に関与することが予測される身体運動能力を評価した調査では、転倒群は非転倒群に比べて、足趾把持筋力や動的姿勢調整能などに明らかな差がみられ、これらの改善は転倒の危険性を減少させる要因であるとしている²²⁾。

藤高ら⁶⁾は大学サッカー選手を対象にした調査で、足関節捻挫や足部障害を有する者は、足趾屈曲筋力が弱い傾向にあると報告している。足趾屈曲筋力の低下により足部アーチの保持が困難となり、足部アーチの機能である衝撃吸収機能の低下が生じる。足部の衝撃吸収能の低下が、足部への衝撃ストレスの増大やバランス能力の低下を生じさせることにより、足関節捻挫や足部障害の誘因になるとしている。さらに藤高ら⁷⁾は、大学サッカー選手に足趾把持筋力の強化を行うことで足部捻挫の発生件数が減少したと報告している。このように足趾把持筋力の強化は踵接地時の衝撃緩和に影響している²⁰⁾ことから、足部障害の予防としても推奨されている。

また、足趾把持筋力の強化により全身動作遂行能への効果があることが指摘されている。宇佐波ら⁵²⁾は、健常若年成人を対象に足趾把持筋力の強化を4週間継続させ、膝・足関節周囲筋力と50m全力疾走や垂直跳びといった動的全身運動に好結果を与えたと報告している。足趾屈筋群の活動は、足・膝関節周囲筋の同時収縮を促通して、多関節機能向上に関与しており、足趾屈筋収縮は下肢の機能的連鎖運動における引き金であるとしている。

このように足趾把持筋力は、衝撃緩衝器、体重支持機構、推進器官としての機能があり、その強化は高齢者の転倒予防や足部障害などの傷害予防に重要である。また全身動作遂行能に有効であることから、競技力向上にも繋がると考える。

第3章 研究目的

本研究の目的は、高校男子サッカー選手を対象に、普段練習を行っているグラウンドサーフェイスに着目して、足趾把持筋力および足関節周囲筋力の相違を明らかにすることとした。また、これら筋力と足底圧分布の関係についても明らかにし、第5中足骨疲労骨折に対する予防について考察した。

第4章 研究方法

第1節 被験者

実験1：足趾把持筋力測定および足関節周囲筋力測定の被験者は、人工芝で練習を行っている東京都1部リーグに所属する高校男子サッカー部員19名(人工芝群)と土で練習を行っている千葉県1部リーグに所属する高校男子サッカー部員30名(土群)とした。人工芝群は平均年齢：16.9±0.6歳、身長：173±5.8cm、体重：65.4±6.9kgであった。土群は平均年齢：16.8±0.6歳、身長：172.5±4.9cm、体重：63.6±5.5kgであった。被験者は現在、下肢に重篤な疾患を有していない者の中で、右利き(ボールを蹴る方の足)の者とした。

実験2：足底圧分布測定の被験者は、人工芝で練習を行っている東京都1部リーグに所属する高校男子サッカー部員10名(人工芝群)とした。被験者は平均年齢：16.9±0.7歳、身長：174.1±5.2cm、体重：64.9±5.5kgであった。筋力測定同様に、下肢に重篤な疾患を有していない者を被験者とした。

被験者は、本研究の目的、方法、内容、および参加に伴う危険性等に関する詳細な説明を受けた後、実験参加への同意を署名にて行った(資料1)。また、本研究は、順天堂大学スポーツ健康科学研究科研究等倫理委員会による承認(院24-38号)を得た上で実施した。

第2節 足底圧分布測定での運動プロトコル

被験者は、人工芝上(ハイブリッドターフ、LSR-62)で、全力による10m折り返し走を左右3回ずつ行った。その際、スパイクからの摩擦力や衝撃力に差が出ないようにアディダス社製のスパイクに統一した。

10m折り返し走を行うにあたり被験者には、スタートから10mの折り返し地点に設置されているマーカーの間に、足を着くように指示した。また、全力による試技を優先し、足の接地場所を意識し過ぎることがないように促した。試技間の休息は、完全休養にて行った。

第3節 動作記録

試技中の動作の記録には、側方にハイスピードカメラ(日本ビクター株式会社製、GC-PX1)を2台設置し撮影した。1台はスタートしてから折り返しをしてゴールまでの全体の試技を分析できるように設置し、もう1台は折り返し動作時の内側脚を確定するために、折り返し地点に設置した。

ターン動作に関しては、ターン時に内側となる足の接地時間を減速期、外側となる足の接地時間を転換期、方向転換後の足の接地時間を加速期と定義し、期分けした。

第4節 足趾把持筋力測定

足趾把持筋力測定(図1)は、市販の足指筋力測定器(竹井機器工業株式会社製、TKK3361)を用いた。被験者は、坐位にて裸足で足底全体を足指筋力測定器に置き、母趾を中心に足趾を足趾把持バーにかけ、膝関節直角屈曲位、足関節底背屈中間位・内外反中間位となったことを験者が確認してから、足関節の代償運動が生じないように踵部後面にある調節可能なボードを踵部に合わせてネジで固定し、左右3回ずつ測定した。測定は、十分な休息がとれるように、5人から6人を1つのグループとし、左右1回目を測定し、そのグループの全員の左右1回目の測定が終了したら、2回目の測定に移り、さらに同様の方法で3回目の測定を行った。1回目の測定は練習とし、分析には2回目と3回目の測定値の平均値を体重で除した値を採用した。

第5節 足関節周囲筋力測定

足関節周囲筋力測定(図2)は、デジタルフォースゲージ(日本電産シンポ株式会社製、FGJN-50)を用いた。被験者は、ベンチプレス台に長坐位とし、膝関節伸展位、足関節底背屈中間位から、プルゲージとして装着した自作のプルバンドを足部にかけて、底屈、背屈、内反、外反筋力を測定した。またその際に、膝、股関節の代償動作が生じないように、測定補助者が大腿部と下腿部を固定し、最大努力で測定した。

プルゲージの固定位置は、各運動時に足部とプルバンドに付いている紐が常に直角になるように調節した。プルバンドをかける足部の位置は、底屈：足底の中足骨遠位端、背屈：足背の中足骨遠位端、内反：第1中足骨遠位端、外反：第5中足骨遠位端とした。

測定は、十分な休息がとれるように、5人から6人を1つのグループとし、左右1回目を測定し、そのグループの全員の左右1回目の測定が終了してから、2回目の測定を行った。分析には2回の測定値の平均値を体重で除した値を採用した。

第6節 足底圧分布測定

足底圧分布測定は、足圧分布測定システム F-スキャンモバイル(ニッタ株式会社製)を用いた。圧力センサーシート(厚さ：約0.1mm、センサセル：最大960個)を市販のシューズのインソールのサイズに合わせて裁断し、シューズ内部のインソール上に敷く形で足底圧を測定した。測定フレーム数は、300フレーム/secで、パーソナルコン

ピュータ(ソニー株式会社製、PCG-FR33/B)に取り込んだ。

分析は、折り返し動作時の内側脚となる足が、地面に接地してから離地するまでの間に、センサーシートにかかった足底全体の最大荷重値と各エリアの最大荷重値の側面から分析および評価を行った。また、足底外側(第 5 中足骨の足底)エリア(A5)の荷重値が最大だった時の足底全体の荷重値と各エリアの荷重値の側面からも分析および評価を行った。

エリア分割は、足底各部の圧力分布状況を把握するために、足底全面接地の足圧分布図をもとに、足底面をエリア 1(以下、A1)からエリア 6(以下、A6)に 6 分割した(図 3)。エリア分割は、歩行において足の接地は踵から始まり、足底外側部、小趾球部を経て、母趾球から母趾先端で蹴り出すことから、踵部、外側部、内側部の圧力、先端の圧力を比較するために、踵部の中点と第 2 趾・第 3 趾の間との延長線上で 2 分し、母趾球の圧力分布の遠方位で 2 分線上に垂線を引き、さらに踵部の圧力分布の遠方位で 2 分線上に垂線を引き分割した。

第 7 節 統計処理

各測定項目における変数は、平均値±標準偏差(Mean±SD)で示した。足趾把持筋力および足関節周囲筋力における土群と人工芝群の比較には、対応のない t 検定を用いた。また、体重比で求めた各筋力と足底における全体および各エリアの荷重値との相関関係をみるために、Pearson の積率相関係数を用いた。さらに、足底圧分布において各エリア間の差をみるために、Scheffe 法を用いて多重比較検定を行った。各種検定の有意水準は、危険率 5%未満とした。

第5章 結果

第1節 足趾把持筋力測定および足関節周囲筋力測定

土群と人工芝群における左右足の体重比足趾把持筋力および体重比足関節周囲筋力の測定結果を表1に示した。

サーフェイス間の比較では全項目において、人工芝群に比べて土群の筋力が高かった。右足の体重比足趾把持筋力($p<0.05$)、左右足の体重比背屈筋力(左： $p<0.01$ 、右： $p<0.01$)、左足の体重比外反筋力($p<0.05$)に有意差がみられた(図4)。

第2節 足底圧分布測定と足趾把持筋力および足関節周囲筋力との関係

(1)足底接地から離地までにかかった足底全体の最大荷重値

足底接地から離地までにかかった足底全体の最大荷重値(左： $85.7\pm 24.0\text{kg}$ 、右： $88.1\pm 28.5\text{kg}$)と各筋力との相関関係を表2に示した。

足底全体の最大荷重値と左右足の体重比足趾把持筋力(左： 0.32 ± 0.09 、右： 0.31 ± 0.09)との間に負の相関関係がみられた(左足： $r=-0.48$ 、右足： $r=-0.48$)。また、足底全体の最大荷重値と左右足の体重比底屈筋力(左： 0.42 ± 0.04 、右： 0.40 ± 0.03)の間に負の相関関係がみられた(左足： $r=-0.56$ 、右足： $r=-0.60$ 、図5)。

(2)足底接地から離地までにかかったA5最大荷重値

足底接地から離地までにかかったA5最大荷重値(左： $39.2\pm 8.7\text{kg}$ 、右： $39.8\pm 14.0\text{kg}$)と各筋力との相関関係を表3に示した。

A5最大荷重値と左右足の体重比足趾把持筋力との間に強い負の相関関係がみられた{左足： $r=-0.75(p<0.05)$ 、右足： $r=-0.82(p<0.01)$ 、図6}。

(3)A5最大荷重時の足底全体の荷重値

A5最大荷重時の足底全体の荷重値(左： $79.2\pm 19.8\text{kg}$ 、右： $87.7\pm 29.5\text{kg}$)と各筋力との相関関係を表4に示した。

A5最大荷重時の足底全体の荷重値と体重比底屈筋力との間に負の相関関係がみられた(左足： $r=-0.44$ 、右足： $r=-0.49$)。

(4)A5最大荷重時の各エリアの荷重値

A5最大荷重時の各エリアの荷重値と体重比足趾把持筋力との相関関係を表5に示した。

A5荷重値と体重比足趾把持筋力との間に強い負の相関関係がみられた{左足： $r=-0.67(p<0.05)$ 、右足： $r=-0.80(p<0.01)$ }が、それ以外のエリアとは体重比足趾把持筋

力との相関関係はみられなかった。

(5)A5 最大荷重時の各エリア間比較

A5 最大荷重時の各エリアにおける荷重値を表 6 に示した。

A5 最大荷重時の各エリアにおける荷重値をエリア間で比較した結果、A5 は他の全てのエリアより荷重値が高く、A5 と他のエリアとの間に有意差がみられた(左足： $p<0.01$ 、右足： $p<0.01$ 、図 7)。また左足は A1 と A4 の間にも有意差がみられ、A1 の荷重値が高かった($p<0.05$)。

第 6 章 考察

本研究は、グラウンドサーフェイスの相違が足趾把持筋力および足関節周囲筋力に及ぼす影響を検討するとともに、足趾把持筋力および足関節周囲筋力の相違が人工芝でのターン動作に及ぼす影響から、第 5 中足骨疲労骨折の予防について検討することを目的とした。

第 1 節 グラウンドサーフェイスの相違が足趾把持筋力および足関節周囲筋力に及ぼす影響

実験 1 では、普段の練習を土で行っている土群と普段の練習をロングパイル人工芝で行っている人工芝群を対象に、体重比足趾把持筋力および体重比足関節周囲筋力を比較検討した。その結果、土群において体重比足趾把持筋力および体重比足関節周囲筋力の筋力が高く、その中でも右足の体重比足趾把持筋力($p<0.05$)、左右足の体重比背屈筋力(左 : $p<0.01$ 、右 : $p<0.01$)、左足の体重比外反筋力($p<0.05$)に有意差がみられた。これらから、普段練習を行っているグラウンドサーフェイスの相違が、筋力に影響を及ぼす可能性が示唆された。その理由としては、サーフェイスと靴との間に起こる摩擦力の違いが考えられる。

人工芝と天然芝の異なるサーフェイスにおけるターン動作の足底圧分布測定の研究において、福士ら¹⁾は人工芝では荷重が外側エリアに集中するのに対して、天然芝では接地面積が人工芝よりも広く、外側エリア以外にも荷重が分散していたことを報告している。荷重が分散していた理由として、天然芝は芝生と土の破壊によりグラウンドコンディションの維持が難しいこととしている。本研究は、人工芝と天然芝との比較ではなく、人工芝と土の比較であった。土は天然芝よりも摩擦力が低く、激しい使用により絶えず平面性が乱れるため、グラウンドコンディションの維持は難しい。この常に同じグラウンドコンディションを維持できないという状況が、グラウンドとシューズとの摩擦力を高めようと接地面積を広くし、あらゆる動作時にバランスを維持しようとさせる。そのため、足趾把持筋力や足関節周囲筋力をより発揮させる必要があると考える。接地面積を広くするには、足部を背屈位にする必要があるため、土群の背屈筋力が有意に高くなっていたと考える。

第 2 節 足趾把持筋力および足関節周囲筋力の相違が人工芝でのターン動作に及ぼす影響

実験 2 では、足趾把持筋力と足関節周囲筋力の相違が人工芝におけるターン動作に

及ぼす影響を検討した。またその影響と第 5 中足骨疲労骨折の予防について検討した。

近年のロングパイル人工芝の普及により、サッカー競技において第 5 中足骨疲労骨折が増加傾向にあることが問題となっている³⁷⁾。その発生要因は様々であるが、カットニング、サイドステップ、ストップ、ターン動作が多いサッカー、バスケットボールに多いとされている^{12) 31)}。そのため、本実験は、日本サッカー協会フィジカルガイドラインで推奨されている、10m×5 折り返し走を参考に 10m 折り返し走を採用した。

足底圧分布測定において、本研究ではターン動作を 3 歩で期分けし、減速期、転換期、加速期と定義した。また、ターン動作で重要と考えられる初動作の減速期にあたる足に着目し分析および評価を行った。その結果、足底外側エリア(A5)の荷重値が最大だった時の各エリア間を比較したところ、左右足の足底外側エリア(A5)と各エリアとの間に有意差がみられた($p<0.01$)。これはターン動作での内側脚において、足底外側エリアへの荷重が集中することを示唆している。またターン動作時の内側脚が接地してから離地するまでにかかった足底外側エリア(A5)の最大荷重値と体重比足趾把持筋力との間に、強い負の相関関係がみられた{左： $r=-0.75(p<0.05)$ 、右： $r=-0.82(p<0.01)$ }。これらのことから、足底外側エリアの荷重が集中するターン動作でも、足趾把持筋力が強ければ足底外側エリア(A5)の最大荷重値が低くなることが示唆された。一方、足底外側の荷重値(A5)が最大だった時の各エリアと体重比足趾把持筋力との関係では、足底外側エリア(A5)以外のエリアとの間には相関関係がみられなかった。これは足底外側エリア(A5)の荷重値が最大だった時に、荷重が足底外側エリア(A5)のみに集中し、足底外側エリア(A5)以外に荷重が分散していないことを示唆している。これらのことから、足趾把持筋力は足底外側への荷重の集中を軽減させる衝撃緩衝として重要であると考えられる。

足部の衝撃緩衝には、足アーチ構造が重要な役割を担っている。アーチの低下は種々のスポーツ傷害の一因とされている³²⁾ため、足アーチ低下と傷害についての報告が散見される。藤高ら⁵⁾は、足関節や足部のスポーツ傷害の発生と足部アーチとの関連を調査し、足部アーチ低下による衝撃吸収能の低下や、運動連鎖による他関節への影響が生じると報告している。また足部アーチ高率と足趾把持筋力との相関が強いこと^{6) 28) 32)}から、足部障害の予防に足趾把持筋力の強化が推奨されている。藤高ら⁷⁾は、大学サッカー選手の足趾把持筋力の強化を行うことで、足部捻挫の発生件数が減少したと報告している。このことから、足趾把持筋力が足部の傷害予防に重要であるこ

とがわかる。

一方、足関節周囲筋力との関係において、足底が接地してから離地するまでにかかった足底全体の最大荷重値と体重比底屈筋力との間に、負の相関関係がみられた(左： $r=-0.68$ 、右： $r=-0.59$)。これは、底屈筋力も足趾把持筋力と同様、足底への衝撃緩衝の働きがあることを示唆している。Devita ら⁴⁾は、着地動作の衝撃吸収に作用する筋は、足関節底屈筋、膝関節伸展筋、股関節伸展筋であり、最も重要な役割を果たしているのは足関節底屈筋であると報告している。また石坂ら¹⁷⁾は、足趾屈筋群は足趾屈曲の他に足関節底屈の補助筋として活動するとしている。これらのことから、足関節周囲筋力も足部の傷害予防に重要であることがわかる。

本研究では、足底面を A1 から A6 に分割して分析を行った。人工芝でのターン動作における減速期にあたる内側脚の足底圧と、足趾把持筋力および足関節周囲筋力との関係を検討した。その結果、荷重が足底外側エリア(A5)に集中しており、接地は足底外側に偏っていた。荷重が足底外側エリア(A5)に集中する要因を動作の側面から考えると、山口ら^{13) 54)}は、距骨下関節回外位では横足根関節縦軸で前足部を回内、傾軸で底屈・内転し、距骨下関節回内位では縦軸で前足部を回外、斜軸で背屈・外転する。多くは横足根関節縦軸での動きに依存し、距骨下関節を回外位にすると前足部は回内し、母趾側に荷重がかかり、逆に距骨下関節を回内位にすると前足部は回外し、小趾側に荷重がかかると報告している。本研究でのターン動作の内側脚は、距骨下関節回内位であり、足底外側エリア(A5)に荷重がかかる動作であることが推測される。次にサーフェイスの側面から考えると、福士ら¹¹⁾は、ターン動作を人工芝と天然芝とで比較し、天然芝は荷重が足底外側エリア以外にも分散するのに対して、人工芝は足底外側エリアに荷重が集中すると報告している。その理由として人工芝は、摩擦力が高いことから、足底外側エリア(A5)を中心に動作を行っていると考えられる。以上のことから、人工芝でのターン動作自体が足底外側エリア(A5)に荷重が集中することが考えられる。近年のロングパイル人工芝の普及により増加傾向にあることが問題となっている³⁷⁾。第5中足骨疲労骨折の発生は、外側足底圧の上昇による骨折部への負荷の増加¹²⁾が発生要因の一つとされている。これらのことから、人工芝でのターン動作は第5中足骨疲労骨折の発生に関係していることが推測される。

本研究では、個体因子である足趾把持筋力、足関節周囲筋力に着目し足底圧分布との関係から分析を行った。その結果、左右の足ともに体重比足趾把持筋力と足底外側

エリア(A5)の最大荷重値との間に強い負の相関関係がみられた{左： $r=-0.75(p<0.05)$ 、右： $r=-0.82(p<0.01)$ }。このことは、足底外側への負荷が増加する人工芝でのターン動作でも、足趾把持筋力が強ければ足底外側への負荷の軽減が可能であることを示唆している。つまり足趾把持筋力の強化が、第5中足骨疲労骨折の予防として有益であると考えられる。

本研究により、足趾把持筋力の強化が、第5中足骨疲労骨折などの足部傷害の予防に繋がることが期待できると考える。そして、傷害を予防することによって、競技力向上にも繋がり指導の現場に有益な情報を提供することができると思う。また練習環境の相違により、足趾把持筋力や足関節周囲筋力に差がでることからも、傷害予防の側面から考えたトレーニング計画が必要である。このように指導の現場では、環境の変化に対応するための知識と指導が求められると思う。

第7章 結論

普段の練習を土のグラウンドで行っている高校男子サッカー選手は、人工芝で行っている選手と比較して、体重比足趾把持筋力および体重比足関節周囲筋力が高かった。また、ターン動作時に集中する足底外側(小趾球周辺)の荷重の軽減には、足趾把持筋力が重要となる可能性が示された。

第 8 章 要約

本研究の目的は、高校男子サッカー選手を対象に、普段練習を行っているグラウンドサーフェイスに着目して、足趾把持筋力および足関節周囲筋力の相違を明らかにすることとした。また、これら筋力と足底圧分布の関係についても明らかにし、第 5 中足骨疲労骨折に対する予防について考察した。

実験 1 での被験者は、人工芝群として東京都 1 部リーグに所属する高校男子サッカー一部員 19 名、土群として千葉県 1 部リーグに所属する高校男子サッカー一部員 30 名であった。人工芝群は平均年齢：16.9±0.6 歳、身長：173.0±5.8cm、体重：65.4±6.9kg であった。土群は平均年齢：16.8±0.6 歳、身長：172.5±4.9cm、体重：63.6±5.5kg であった。実験方法は、足趾把持筋力および足関節周囲筋力測定であった。その結果、土群の足趾把持筋力および足関節周囲筋力の全項目において、人工芝群より高かった。

実験 2 での被験者は、東京都 1 部リーグに所属する高校男子サッカー一部員 10 名であった。被験者は平均年齢：16.9±0.7 歳、身長：174.1±5.2cm、体重：64.9±5.5kg であった。実験方法は、人工芝における 10m 折り返し走でのターン動作時の足底圧分布を測定した。また足底圧分布と足趾把持筋力および足関節周囲筋力との関係について検討を加えた。その結果、足底外側エリア(A5)の荷重値が最も高く、他の全てのエリアと有意差がみられた($p<0.01$)。足底外側エリア(A5)(左：39.2±8.7kg、右：39.8±14.0kg)と体重比足趾把持筋力(左：0.32±0.09、右：0.31±0.09)との間に、強い負の相関関係がみられた(左： $r=-0.75(p<0.05)$ 、右： $r=-0.82(p<0.01)$)。

これらの結果から、普段の練習を土のグラウンドで行っている高校男子サッカー選手は、人工芝で行っている選手と比較して、体重比足趾把持筋力および体重比足関節周囲筋力が高かった。また、ターン動作時に集中する足底外側(小趾球周辺)の荷重の軽減には、足趾把持筋力が重要となる可能性が示された。

引用文献

- 1) 青木豊明(2005). 有機ポリマー製の屋外スポーツサーフェイスは熱い. *Training Journal*, 312, 38-39.
- 2) 青木豊明(2008). サッカー場のロングパイル人工芝のスポーツ傷害. *日本臨床スポーツ医学会誌*, 25, 9.
- 3) 青木治人(2004). 足部・足関節障害への対応. *骨・関節・靭帯*, 17(11), 41-46.
- 4) Devita P, Skelly WA(1992). Effect of landing stiffness on joint kinetics and energetics in the lower extremity. *Med Sci Sports Exerc*, 24(1), 108-115.
- 5) 藤高紘平, 大槻伸吾, 大久保衛, 辻信宏, 柄浩康, 岸本恵一, 田中一成(2007). 大学サッカー選手における足部形態とスポーツ傷害の関係. *関西臨床スポーツ医・科学研究会誌*, 17, 17-19.
- 6) 藤高紘平, 大槻伸吾, 大久保衛, 橋本雅至, 山野仁志, 岸本恵一, 藤竹俊輔(2008). サッカー選手の足趾屈曲筋力、ボールキック動作時のアーチ高率変化とスポーツ障害との関係. *関西臨床スポーツ医・科学研究会誌*, 18, 41-44.
- 7) 藤高紘平, 大槻伸吾, 大久保衛, 橋本雅至, 岸本恵一, 藤竹俊輔(2009). 大学サッカー選手に対する足趾把持筋力トレーニングの効果. *関西臨床スポーツ医・科学研究会誌*, 19, 3-6.
- 8) 藤高紘平, 大槻伸吾, 大久保衛, 橋本雅至, 山野仁志, 岸本恵一, 藤竹俊輔(2010). グラウンドサーフェイスの変化が大学サッカー選手のスポーツ傷害に及ぼす影響 - 土グラウンドとロングパイル人工芝との比較 -. *日本臨床スポーツ医学会誌*, 18(2), 256-262.
- 9) 藤高紘平, 藤竹俊輔, 来田晃幸, 橋本雅至, 大槻伸吾, 大久保衛(2012). 大学サッカー選手の足部・足関節傷害に対する足部アーチ保持筋力トレーニングの効果. *理学療法科学*, 27(3), 263-267.
- 10) 藤高紘平, 仲田秀臣, 大槻伸吾, 大久保衛, 橋本雅至, 岸本恵一, 藤竹俊輔, 来田晃幸(2012). 大学サッカー選手の第5中足骨疲労骨折における発生因子の検討. *日本臨床スポーツ医学会誌*, 20(3), 543-548.
- 11) 福士徳文, 吉村雅文(2011). ロングパイル人工芝の評価に関する研究. *順天堂スポーツ健康科学研究*, 3(1), 37-41.
- 12) 平野篤, 福林徹, 和田野安良, 宮川俊平, 菅野淳, 二宮浩, 松本光弘(1993). サッカー

- 選手に生じた第5中足骨疲労骨折の3例 - プレスケールを用いた足底圧の解析 - .
日本臨床スポーツ医学会誌, 10, 979-984.
- 13) 堀本ゆかり, 丸山仁司(2010). 健常成人における足底圧中心軌跡の特徴. 理学療法科学, 25(5), 687-691.
 - 14) 井田博史, 垣花渉, 中澤公孝(2004). 歩行中の足底圧. 体育の科学, 54(12), 949-956.
 - 15) 井原秀俊, 吉田拓也, 高柳清美, 三輪恵, 濱田哲郎, 石橋敏郎, 高山正伸(1995). 足趾・足底訓練が筋力・バランス能に及ぼす効果. 整形スポーツ会誌, 15(2), 268.
 - 16) 入谷誠(2009). 足底挿板療法, 理学療法学, 36(1), 164.
 - 17) 石坂正大, 大好崇史, 秋山純和(2007). 足趾圧迫練習が内側縦アーチに及ぼす影響. 理学療法科学, 22(1), 139-143.
 - 18) 加辺憲人, 黒澤和生, 西田裕介, 岸田あゆみ, 小林聖美, 田中淑子, 牧迫飛雄馬, 増田幸泰, 渡辺観世子(2002). 足趾が動的姿勢制御に果たす役割に関する研究. 理学療法科学, 17(3), 199-204.
 - 19) 金崎彰三, 生田拓也, 坂口満, 友田邦彦, 久賀太, 矢渡健一, 清田光一(2009). Jones骨折の13例. 整形外科と災害外科, 58(4), 650-653.
 - 20) 金子諒, 藤澤真平, 佐々木誠(2009). 足趾把持筋力トレーニングが最大速度歩行時の床反力に及ぼす影響. 理学療法科学, 24, 411-416.
 - 21) 金達郎, 浅井武, 山口亮(2004). サッカーでの方向転換における足圧分布の違い. 日本機械学会, 301-305.
 - 22) 木藤信宏, 井原秀俊, 三輪恵, 神谷秀樹, 島沢真一, 馬場八千代, 田口直彦(2001). 高齢者の転倒予防としての足趾トレーニングの効果. 理学療法学, 28(7), 313-319.
 - 23) 小暮巽(1987). 人工芝とスポーツ障害. Japanese Journal of Sports Sciences, 21, 568-573.
 - 24) 葛山元基, 草木雄二, 土屋明弘, 蟹沢泉, 山浦一郎, 高橋謙二, 長嶺智徳(2008). Jones骨折の既往を有するサッカー選手の足底圧分析. 日本臨床スポーツ医学会誌, 16(4), 114.
 - 25) 宮川俊平, 白木仁, 向井直樹, 竹村雅裕, 福田崇, 山中邦夫, 萩原武久(2006). 足関節不安定性をもつスポーツ選手における着地動作の足底圧分布. 筑波大学体育科学紀要, 29, 77-86.

- 26) 森優(1966). 学習必携解剖学要覧, 第5版, 南山堂, 東京.
- 27) 本杉直哉, 水田隆之, 土屋正光, 中川照彦, 酒井裕, 鈴木幹雄, 富岡秀樹(2000). アメリカンフットボールにおける外傷・障害の検討. 日本臨床スポーツ医学会誌, 17(11), 1383-1386.
- 28) 村田伸, 忽那龍雄(2003). 足把持力に影響を及ぼす因子と足把持力の予測. 理学療法科学, 18(4), 207-212.
- 29) 村田伸, 津田彰(2006). 住宅障害高齢者の身体機能・認知機能と転倒発生に関する前向き研究. 理学療法学, 33, 97-104.
- 30) 西村忍, 川村真紀, 中里浩一, 中嶋寛之(2003). グラウンドサーフェイスの変化が大学アメリカンフットボール選手の身体損傷に及ぼす影響—土グラウンドと人工芝グラウンドとの比較—. 日本体育大学紀要, 33(1), 17-24.
- 31) 小原和宏, 佐々木祐介, 松野丈夫(2010). バレーボール選手における第5中足骨疲労骨折の動作解析. 東日本整災会誌, 22, 81-84.
- 32) 尾田敦(2004). 扁平足が運動能力に及ぼす影響に関する実験的研究—足部内側縦アーチの評価と足部筋力および機能的運動能力との関係—. 仙台大学大学院スポーツ科学研究科研究論文集, 5, 139-148.
- 33) 小川美由紀, 中澤理恵, 坂本雅昭(2008). 高等学校男子サッカー選手における試合中の移動様式の分析. 理学療法科学, 23(3), 407-411.
- 34) 岡千晶, 堤定美(1999). 着地時衝撃吸収に関する力学解析. 日本臨床バイオメカニクス学会誌, 20, 363-366.
- 35) 大畑光司, 市橋則明(2006). スポーツ傷害予防と着地サーフェイス. 体力の科学, 56(11), 895-899.
- 36) 大久保衛, 北野公造, 上野憲司, 作田浩一, 大槻伸吾(1999). サッカー競技の障害—足部疲労骨折(特に第5中足骨疲労骨折を中心に). 日本整形外科スポーツ医学会誌, 19(2), 14.
- 37) 斎田良知, 高澤祐治, 池田浩(2009). ユース年代サッカー選手における第5中足骨疲労骨折の発生状況. 日本整形外科スポーツ医学会雑誌, 29(4), 80.
- 38) 坂本雅昭, 増永正幸, 奈良知彦(1998). 高校サッカー部における外傷・障害発生状況について. Journal of Athletic Rehabilitation 1, 17-20.
- 39) 関芳衛, 宮川俊平, 荒川正一, 池田浩, 須藤隆二, 長尾雅史, 鈴木円, 福林徹(2010).

- 関東大学サッカーリーグにおける傷害報告の分析 - J リーグとの比較 - . 日本臨床スポーツ医学会誌, 18(4), 5124.
- 40) 清水邦明, 鈴木仁人, 木村佑(2012). サッカー. スポーツ障害・外傷とリハビリテーション, 21(1), 86-91.
 - 41) 新宅幸憲, 小楠和典, 白井永男, 大久保衛(2008). 中学生サッカー選手における足底圧分布について. 体力科学, 57(6), 789.
 - 42) 鈴木仁人(2008). 第 5 中足骨疲労骨折予防のためのトレーニング法. 日本臨床スポーツ医学会誌, 25, 臨時増刊号, 303-309.
 - 43) 体育施設出版(2004). ロングパイル人工芝の今後の動向. 月刊体育施設, 33(1), 4-9.
 - 44) 体育施設出版(2004). ロングパイル人工芝ピッチ公認制度スタート. 月刊体育施設, 33(1), 4-9.
 - 45) 体育施設出版(2005). ますます広がる次世代フィールド ロングパイル人工芝抜きに今のスポーツ環境は語れない!. 月刊体育施設, 34(6), 2-5.
 - 46) 体育施設出版(2007). ロングパイル人工芝、引き続き拡大中!. 月刊体育施設, 36(6), 2-9.
 - 47) 体育施設出版(2010). 日本初導入から 10 年 多用途に対応でき高稼働率誇る張り替え需要も増加傾向. スポーツファシリティーズ, 39(5), 10-15.
 - 48) 高倉義典(1998). 図説足の臨床, 第 2 版, 3-5, メジカルビュー社, 東京.
 - 49) 竹田智則, 内山英司, 岩増弘志, 平沼憲治, 武田寧, 中村利孝(2002). 中足骨疲労骨折の疫学的調査. 日本整形外科スポーツ医学会雑誌, 22(1), 153.
 - 50) 田中寿一(2011). サッカーでの第 5 中足骨疲労骨折. 日本臨床スポーツ医学会誌, 28(4), 387-394.
 - 51) 鳥居俊(2009). 足底腱膜炎発症時の足部縦アーチの検討. 日本整形外科スポーツ医学会誌, 29(1), 1-4.
 - 52) 宇佐波政輝, 中山彰一, 高柳清美(1994). 足趾屈筋群の筋力増強が粗大筋力や動的運動に及ぼす影響 - 足趾把握訓練を用いて - . 九州スポーツ学会誌, 6, 81-85.
 - 53) 山口剛司, 大工谷新一, 渡邊裕文, 大沼俊博(2007). ステップ肢位における支持側足部内反筋群の筋電図積分値相対値および足底圧分布 - 内側へのステップ距離の変化による検討 - . 関西理学会誌, 7, 75-80.

- 54) 山口光國, 福井勉, 入谷誠(2009). 結果のだせる整形外科理学療法, 連鎖運動から全身をみる. メジカルビュー社, 東京, 177.
- 55) 山下文治, 榊田喜三郎(1987). 膝関節のスポーツ障害とサーフェイス. *Japanese Journal of Sports Sciences*, 6, 580-585.
- 56) 吉田成仁, 宮本俊和, 小林直行, 永井智, 小堀孝浩, 宮川俊平(2010). 足関節不安定性に対する鍼通電刺激が腓骨筋反応時間へ及ぼす影響. *日本臨床スポーツ医学会誌*, 18(2), 274-279.
- 57) 財団法人日本サッカー協会スポーツ医学委員会(2005). 選手と指導者のためのサッカー医学.
- 58) 財団法人日本サッカー協会(2010). JFA ロングパイル人工芝ピッチに関するガイドブック, 第5版.

Abstract

Relationship between toe and ankle muscle strengths and plantar pressure distributions during turn in male high school soccer players: With a special reference to prevention stress fracture of fifth metatarsal.

Yoshimasa Fujita

In the present study, we initially assessed the relationship between high school soccer players' toe and ankle muscle strengths and types of ground surfaces they play at ordinary. Then, we investigated the relationship between muscle strengths of the foot and distribution of plantar pressure. Finally, we attempted to investigate the prevention stress fracture of fifth metatarsal

Study 1: The study population consisted of 19 high school boys who played division 1 league soccer in Tokyo on an artificial surface and 30 high school boys who played division 1 league soccer in Chiba on a clay surface. The mean age, height, and weight of the artificial surface group were 16.9 years, 173.0 cm, and 65.4 kg, respectively, whereas those of the clay surface group were 16.8 years, 172.5 cm, and 63.6 kg, respectively. We compared the toe and ankle muscle strengths in both groups. Our results showed that strength of both the toe and ankle plantar flexors was stronger in the group that played on the clay surface.

Study 2: This study population consisted of 10 high school boys who played division 1 league soccer in Tokyo on an artificial surface. The mean age was 16.9 years, mean height was 174.1 cm, and mean weight was 64.9 kg. We measured the plantar pressure distribution in a 10-m turn-and-dash and evaluated the relationship between the toe and ankle muscle strengths and plantar pressure distribution. Our results showed that the weighted value of plantar pressure in the lateral plantar area (A5) was higher than that in the other areas ($p < 0.01$). The weighted value of plantar pressure in the left lateral plantar area (A5) was 39.2 ± 8.7 kg and that in the right lateral plantar area was 39.8 ± 14.0 kg. The toe strength / weight were left: 0.32 ± 0.09 , right: 0.31 ± 0.09 . Players with greater toe muscle strength had decreased weighted value of

plantar pressure in the lateral plantar area (A5) [left: $r = -0.75$ ($p < 0.05$); right: $r = -0.82$ ($p < 0.01$)].

Both toe and ankle strengths were higher in the group that played on the clay ground surface than the group that played on the artificial ground surface. Greater toe muscle strength may have the benefit to soften the weighted value of plantar pressure of the lateral plantar area (A5) that is important during execution of turns.

図表一覧



図 1. 足趾把持筋力測定



図 2. 足関節周囲筋力測定

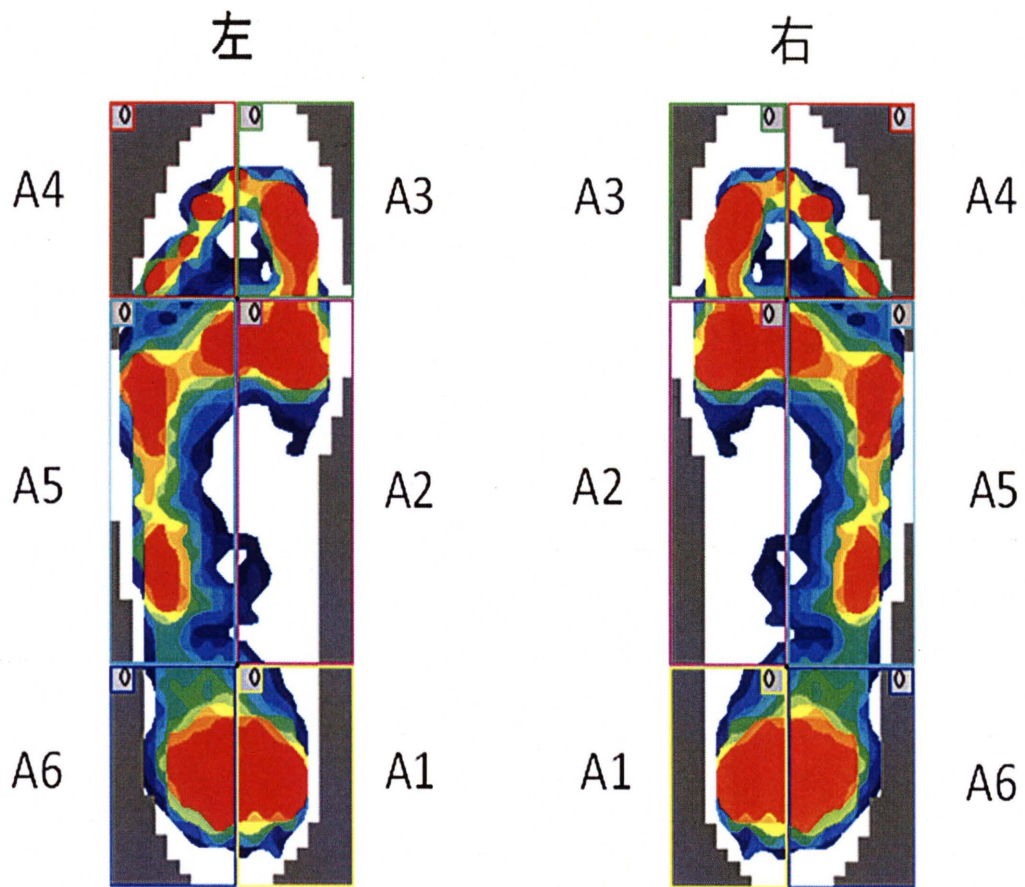


図 3. 足底圧分布のエリア分割

表 1. 土群と人工芝群の体重比足趾把持筋力および体重比足関節周囲筋力

	足趾把持筋力		底屈筋力		背屈筋力		内反筋力		外反筋力	
	左	右*	左	右	左**	右**	左	右	左*	右
土群 n=30	0.32±0.06	0.34±0.06	0.43±0.05	0.43±0.04	0.49±0.04	0.49±0.05	0.22±0.03	0.21±0.03	0.22±0.03	0.22±0.03
人工芝群 n=19	0.30±0.07	0.30±0.06	0.41±0.06	0.41±0.05	0.45±0.05	0.45±0.05	0.20±0.03	0.20±0.04	0.19±0.04	0.20±0.04

*:p<0.05 **:p<0.01

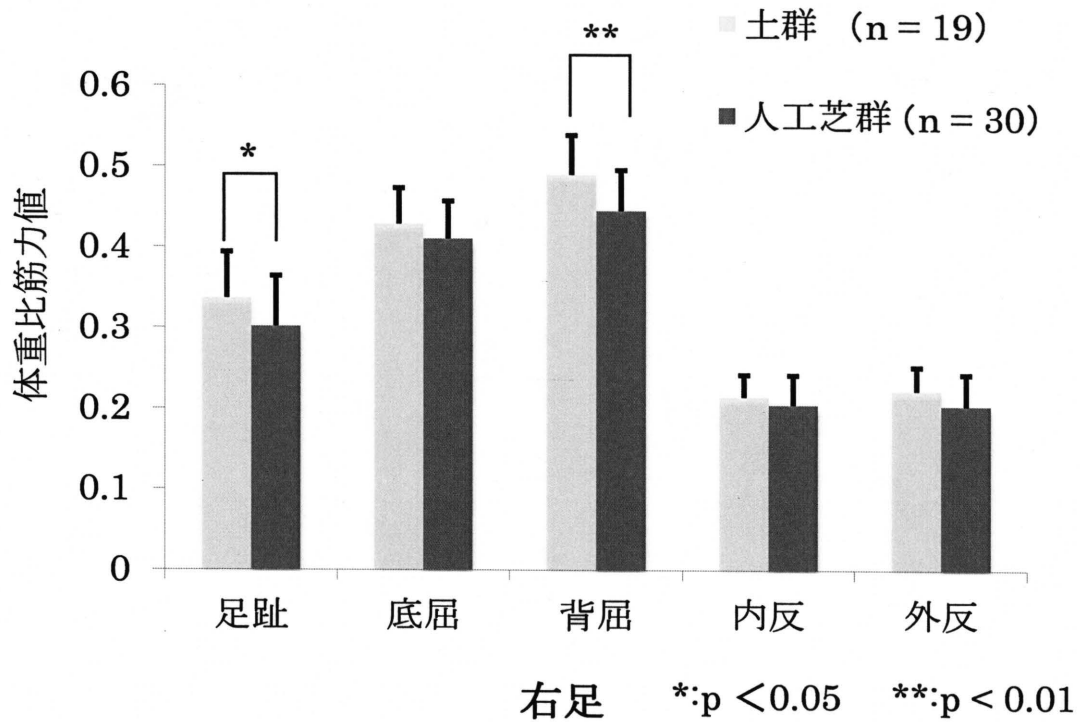
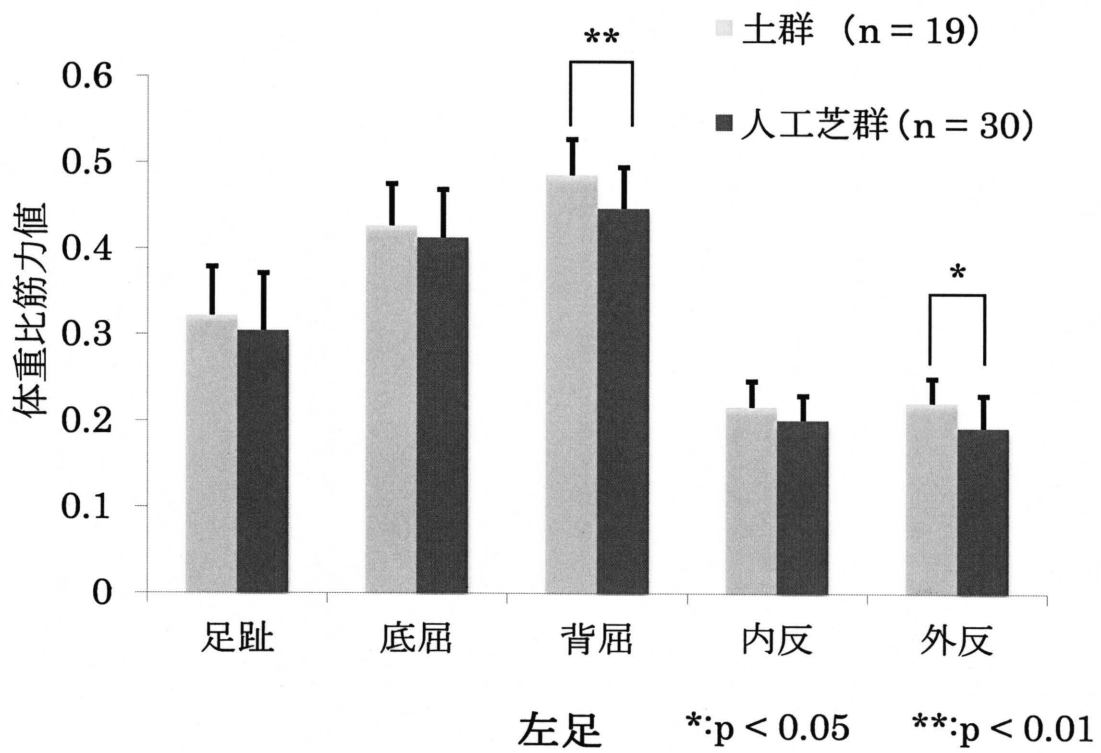


図 4. 体重比足趾把持筋力および体重比足関節周囲筋力の土群と人工芝群比較

表 2. 足底接地から離地までにかかった足底全体の最大荷重値と
各体重比筋力との相関関係 (人工芝群=10名)

	足趾把持筋力	底屈筋力	背屈筋力	内反筋力	外反筋力
足底全体の最大荷重値(左) (85.7±24.0kg)	r = -0.48	r = -0.56	r = -0.50	r = -0.44	r = -0.09
足底全体の最大荷重値(右) (88.1±28.5kg)	r = -0.48	r = -0.60	r = -0.13	r = -0.66 *	r = -0.20

*p < 0.05

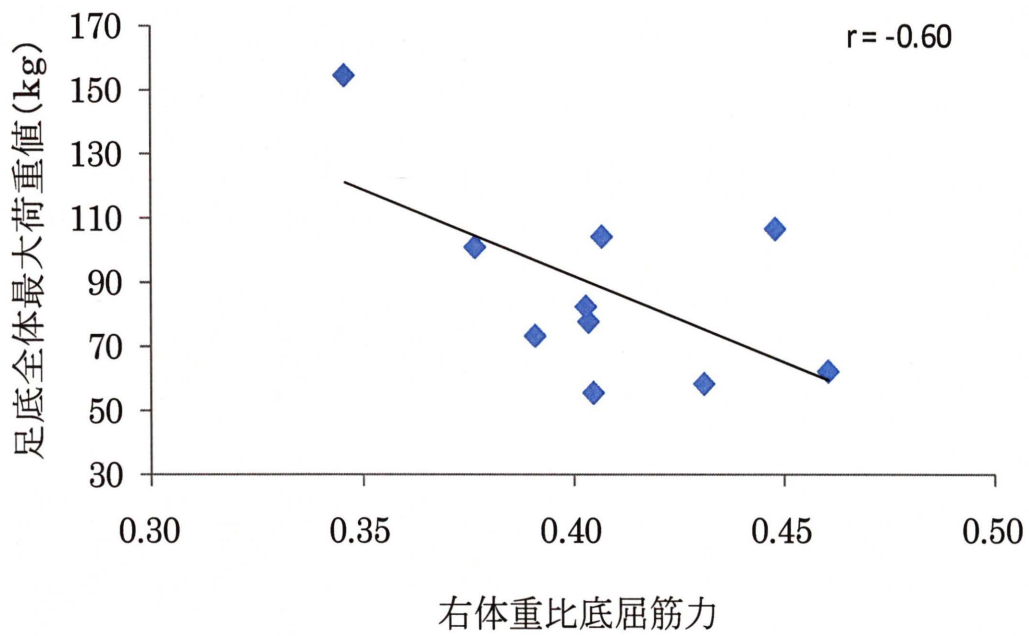
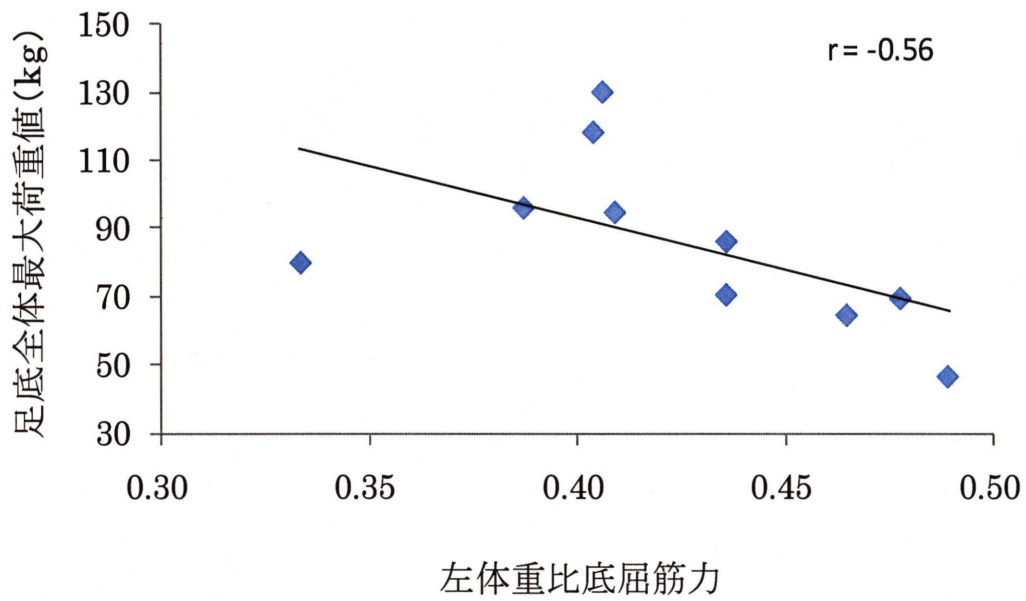
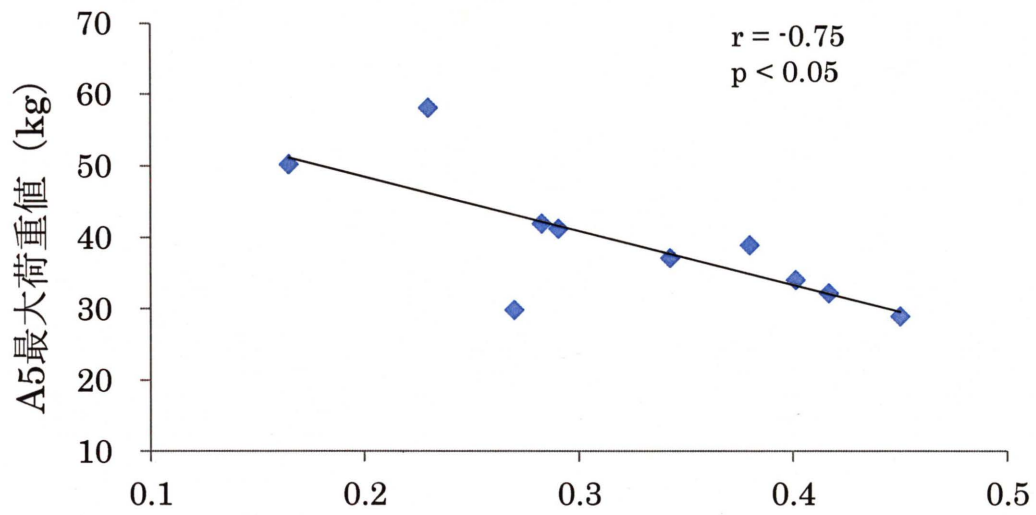


図5. 足底全体の最大荷重値と体重比底屈筋力との相関関係
(人工芝群=10名)

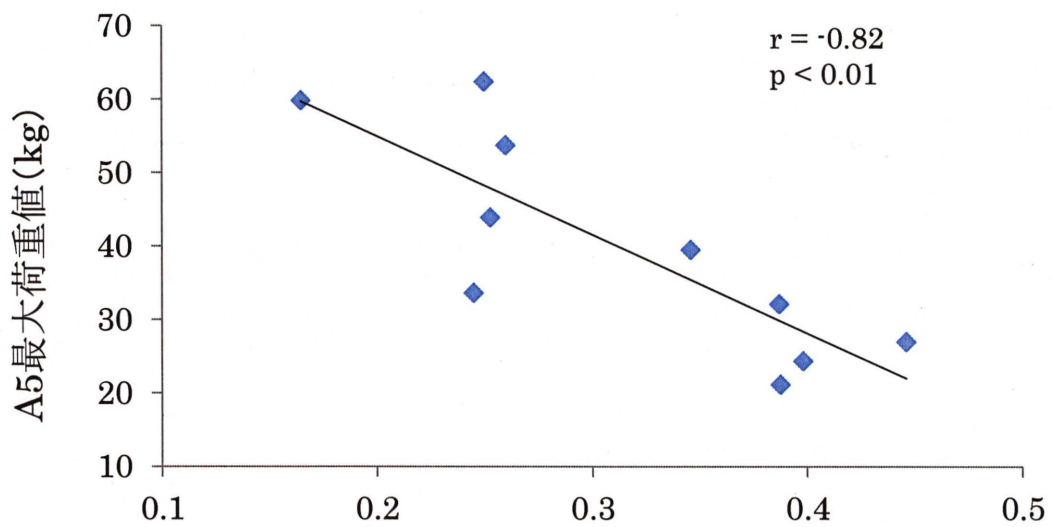
表 3. 足底接地から離地までにかかった A5 最大荷重値と各体重比筋力との相関関係 (人工芝群=10 名)

	足趾把持筋力	底屈筋力	背屈筋力	内反筋力	外反筋力
A5最大荷重値 (左) (39.2±8.7kg)	r=-0.75 *	r=-0.59	r=-0.66 *	r=-0.23	r=-0.08
A5最大荷重値 (右) (39.8±14.0kg)	r=-0.82 **	r=-0.37	r=-0.34	r=-0.50	r=-0.17

* : p < 0.05 ** : p < 0.01



左体重比足趾把持筋力



右体重比足趾把持筋力

図 6. A5 最大荷重値と体重比足趾把持筋力との相関関係
(人工芝群=10名)

表 4. A5 最大荷重時の足底全体の荷重値と各体重比筋力との相関関係
(人工芝群=10 名)

	足趾把持筋力	底屈筋力	背屈筋力	内反筋力	外反筋力
足底全体荷重値 (左) (79.2±19.8kg)	r = -0.22	r = -0.44	r = -0.26	r = -0.32	r = -0.03
足底全体荷重値 (右) (87.7±29.5kg)	r = -0.27	r = -0.49	r = -0.13	r = -0.50	r = -0.27

表 5. A5 最大荷重時の各エリアの荷重値と体重比足趾把持筋力との相関関係
(人工芝群=10名)

	A1	A2	A3	A4	A5	A6
足趾把持筋力 (左) (0.32 ± 0.09)	$r = -0.04$	$r = 0.04$	$r = 0.30$	$r = 0.04$	$r = -0.67$ *	$r = 0.02$
足趾把持筋力 (右) (0.31 ± 0.09)	$r = 0.14$	$r = 0.09$	$r = -0.05$	$r = -0.30$	$r = -0.80$ **	$r = 0.04$

*: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$

表 6. A5 最大荷重時の各エリアの荷重値 (人工芝群=10 名)

	A1	A2	A3	A4	A5	A6
荷重値 (kg)						
左足	14.8±12.1	8.0±5.4	2.2±1.5	1.3±1.0	41.9±10.9	12.3±8.8
右足	17.1±15.7	7.0±3.8	4.5±3.7	2.1±1.9	41.4±12.5	15.2±12.9

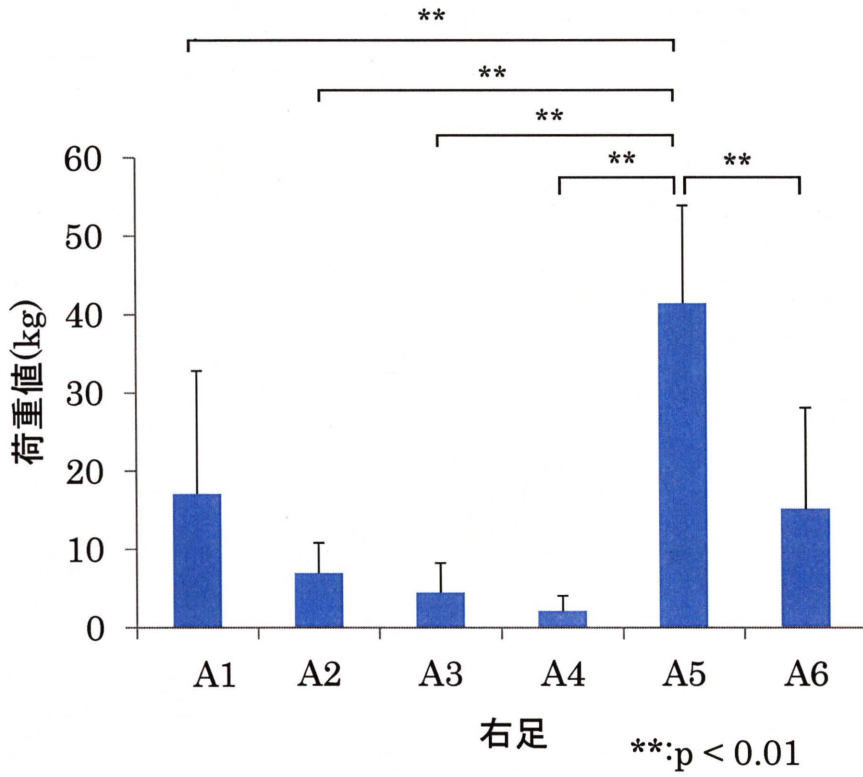
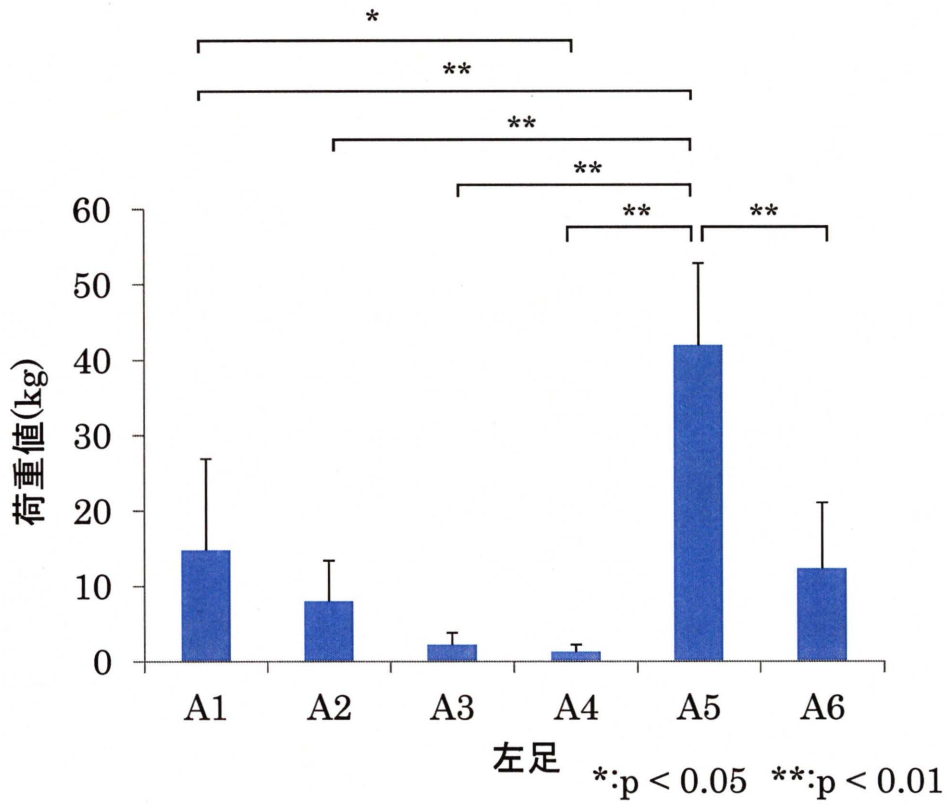


図7. A5 最大荷重時の各エリア間比較 (人工芝群=10名)

資料 1

研究参加同意者

研究課題：グラウンドサーフェイスの相違による足趾把持筋力および足関節周囲筋力が

第 5 中足骨疲労骨折発生に及ぼす影響

研究者：藤田芳正

【研究背景】

近年サッカー界でロングパイル人工芝のグラウンドが急速に普及している。普及の要因としては、適度なクッション性を備えることにより、擦り傷や火傷、固さによる足腰への過度の負担といった従来の人工芝の欠点をカバーしたことが挙げられる。また、メンテナンスにほとんど手がかからないこと、天然芝のような高額な維持管理費、膨大な管理の手間と養成期間を必要としないといった維持管理上のメリットからも人気が爆発した。その一方でロングパイル人工芝の普及とともに第 5 中足骨疲労骨折が増加傾向にあることが指摘されている。第 5 中足骨疲労骨折の発生要因の調査は散見されるが、その発生の予防を検討した調査はない。そこで、本研究はグラウンドサーフェイスの相違による足趾把持筋力および足関節周囲筋力が第 5 中足骨疲労骨折に及ぼす影響を検討することを目的とした。本研究のデータは、傷害予防やパフォーマンス向上にも繋がり、指導の現場に有益な情報を提供できると考える。

【確認事項】

研究の際、人権の擁護と安全性を厳重に注意して実施するため、「順天堂大学スポーツ健康科学部研究等倫理要綱」に沿った研究計画の立案を行い、本学倫理委員会の審査・承認およびその監視下において実験を遂行する。さらに、個人情報には特に留意し他の目的で使用されないように配慮する。また、この同意書に署名する前に研究担当者から研究の目的・実施方法等につき、文書または口頭で説明を受けたこと。自らの自由意志により当該研究への参加をすること。実験の実施の間いえども、いつでも自己の意志により参加を中止できること。過去に経験した疾病や不快感、また服用中の薬の報告をすること。以上のことをご理解いただき、被験者として研究参加をお願いしたい。

同意書

私は以上のことを確認し、研究に参加することに同意します。

平成 _____ 年 _____ 月 _____ 日

署名 _____ (自署)