

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 12 日現在

機関番号：32620

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25350944

研究課題名(和文)校庭の芝生化が下肢の筋骨格系の機能に及ぼす影響

研究課題名(英文)Effect of planting lawns in schoolyards on musculoskeletal systems in lower limbs.

研究代表者

田中 登志雄(柳谷登志雄)(TANAKA, Toshio)

順天堂大学・スポーツ健康科学部・先任准教授

研究者番号：70329077

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、校庭の芝生化が下肢の骨格筋系の機能に及ぼす影響を明らかにすることであった。

芝生および土グラウンドでの全力走における走動作、足底圧および下肢の筋活動がそれぞれ測定された。その結果、芝生の校庭では、より高い足底圧および筋活動が観察されたが、走速度および動作に関する変数には、土グラウンドにおける測定値との間に有意な差は見られなかった。したがって、土グラウンドでの走行と比較して、芝地では、より高い筋力と足底圧を発揮させる必要があることが示唆された。校庭の芝生化は、下肢の筋骨格系を強化する可能性が考えられた。

研究成果の概要(英文)：The purpose of present study was to investigate the effect of planting lawns in schoolyards on musculoskeletal systems in lower limbs. Running kinematics, plantar pressure of shoe insole and electromyogram (EMG) activities of lower limb muscles were measured during maximal sprint running at the lawn and earth, respectively.

As results, higher plantar pressure and EMG activities were observed during sprinting at lawn schoolyards, though sprint running velocity and any sprint running kinematics were not significantly different with these during sprinting at earth ground. These results suggested that it was necessary to generate higher muscle force and plantar pressure during sprinting at lawn ground compared with that on the earth. Therefore, it may possible that planting lawns in schoolyards may led strengthen musculoskeletal systems in lower limbs stronger.

研究分野：スポーツバイオメカニクス

キーワード：子ども ランニング スプリントランニング 芝生化 下肢骨格筋 キネマティクス 足圧 筋活動

1. 研究開始当初の背景

近年、校庭の一部あるいは全部を芝生で整備する幼稚園や小学校が増加している。この背景には、自治体などが「子どもたちが裸足で走り回れる緑のグラウンドを増やそう!」というコンセプト(「鳥取方式[®]」)の下、「鳥取方式の芝生化」を推進しているほか、文部科学省による「屋外教育環境整備事業」や東京都を始めとする補助事業、Jリーグの「100年構想による芝生化の応援活動」があげられる。

文部科学省の報告によると、同省の屋外教育環境整備事業を利用して300平米以上の芝張りを実施した学校数は、平成9年度にはわずか21校であったものが、平成22年度までには累計で475校に増加している。また、同省は芝生化について「芝生の弾力性がスポーツ活動に安全性と多様性をもたらす」、そして「環境教育の生きた教材として活用できる」という教育上の効果のほか「幼児から高齢者までの様々なスポーツを安全かつ快適に実施できる」という地域のスポーツ活動の活発化に関する効果をあげている。

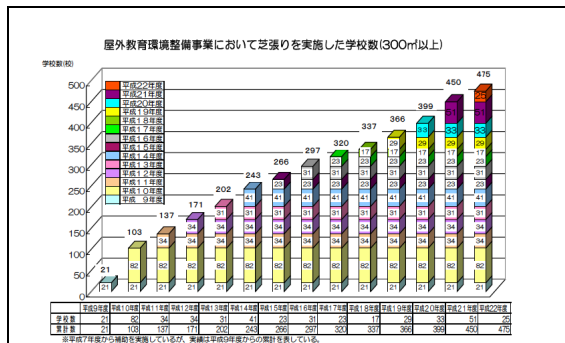


図1) 文部科学省の「屋外教育環境整備事業」により校庭を芝生化した学校数の累計

和歌山県の「屋外運動場芝生化が子どもたちに与える効果調査」における報告によると、芝生化は運動量の増加やストレスの軽減、怪我や病気の減少、体力の向上といった効果をもたらしたということである。また、「校庭の芝生化が子どもの心身の健康に及ぼす影響に関する実証的・多角的検討」(鈴木)によると、芝生化による運動量の増加に伴い、子どもたちのストレスが発散されたと考えられている。これらの報告により、校庭を芝生化することにより、外遊びの機会の増加と運動量の増加は子どもたちの体力や心には有効であることは明らかである。

ところで、先述の通り文部科学省は「芝生の弾力性がスポーツ活動に...」としているが、グラウンドを芝生化することにより、土のグラウンドに比較して弾力性が増すかについ

ては疑問であり、むしろ柔軟性が高いために弾力性が低下するのではないかと思われる。そして芝生のグラウンドで疾走した場合、地面を蹴った時に十分な反力が得られないために、疾走タイムは低下することも知られている。そのため、芝生化した地面における裸足での遊びあるいは体育授業は、骨格筋レベルでみると力学的ストレスが高く、発育発達盛んな幼児期および児童期においては、足部あるいは下肢の骨格筋および骨格に対して疲労のみならず変形などの悪影響を及ぼす可能性が考えられる。特に、女性の場合には、靴の形状や足部への相対的な負荷の増大により外反母趾となる可能性が男性の10倍高いと言われていることから、この時期に足部に対して過度の力学的ストレスを負荷することは避けるべきかもしれない。

また、芝生化したグラウンドにおける体育授業の習慣化は、子どもの走能力の向上に対してマイナスとなる側面をもつ可能性も考えられる。すなわち、土のグラウンドにおける走行とは地面から受ける反力が異なるため、力の伝え方や疾走フォームに影響する可能性の危惧される。

以上のことから本研究では、校庭芝生化が足部および下肢の骨格筋および骨格に及ぼす影響について明らかにするとともに、子どもの走運動への影響についても明らかにすることを当初の目的とした。

2. 研究の目的

近年、校庭を芝生で整備する幼稚園や小学校が増加している。文部科学省も「芝生の弾力性がスポーツ活動に安全性と多様性をもたらす」、「環境教育の生きた教材として活用できる」という教育上の効果のほか「幼児から高齢者までの様々なスポーツを安全かつ快適に実施できる」という地域のスポーツ活動の活発化に関する効果をあげている。

しかしながら、芝生の地面において裸足で行う身体運動は、従来の「土」のグラウンドで行う場合と比べて弾力性が高いために、下肢骨格筋ではより大きな筋出力が必要であることが予測される。従って、発育発達期にある幼稚園児や小学校児童にとっては芝生化や芝生での裸足遊びが有効であるが不明である。そこで、本研究では、芝生化の影響について、下肢骨格筋レベルで調査することを目的とする。

3. 研究の方法

研究は、主に生理・バイオメカニクス的な以下の4つの実験を行った。

スプリント走能力および下肢筋機能の比較(実験1)
スプリント走の足圧,筋活動パターンおよび筋活動量の比較(実験2)

以下のその詳細を記載する。

【実験1】スプリント走能力および下肢筋機能の比較

校庭芝生化の有無がスプリント走能力および下肢筋機能に及ぼす影響を検討する目的で、スプリント走能力,下肢筋機能,足部形状などの比較を、学年ごとに行った。

<被験者>

被験者は、東京都内のY小学校(芝生化),鹿児島県のH小学校(非芝生化),千葉県C小学校(非芝生化)の児童であった。各校の被験者数は以下の通りであった。
Y小学校 1年生から6年生各10名
H小学校 1年生から6年生各30名
C小学校 1年生から6年生各20名

<スプリント走能力の測定・評価>

スプリント走能力は、50メートル走タイム,スプリント走動作を分析した。各被験者が50メートル走を全力で1本ずつ行った。被験者は、スタンディングスタートの姿勢から、スタータの声による合図で50メートル走のタイムトライアルを実施した。

50メートル走タイムは、ゴール地点においてストップウォッチ(SEIKO社製)を用いて計測した。さらに、35メートル地点左側方(走路より20メートル)より、スタート地点からゴール地点までの映像を、ビデオカメラ(EXILIM EX-F1,CASIO社製)を用いてハイビジョンでパニング撮影して、50メートル走タイムを計測した。なお、その際のフレームレイトは、60fps(1秒間あたり60コマ)であった。

また、疾走動作の分析は、中間疾走(35メートル地点前後5メートル)の走動作を対象に行った。この地点の疾走動作を、デジタルビデオカメラ(EXILIM EX-F1,CASIO社製)を用いて、通常画質(800×640pix)で、ハイスピードモード(240fps)で撮影した。

撮影した画像を動作分析ソフト(Frame Dias IV, DKH社製)を用いてデジタル化し、疾走動作に関するパラメータを定量した。定量したパラメータは、上肢,下肢および体幹の関節の角度,角速度、そして、身体重心変

異と身体重心から接地地点までの距離などであった。

<足部形状の測定・評価>

足部形状の計測はフットプリント装置(フットルック 2.0,フットルック社製)を用いて行った。被験者がスキャナ上にて足を平行に揃えた上で、立位で静止した際の足型を撮影した。撮影した足部写真から、足部の各指標を分析した。分析した指標は、足長,足幅,接地面積および比率,土踏まず面積および比率,接地指数であった。

<下肢筋機能の評価>

下肢筋機能の評価として、股関節屈曲力,膝関節伸展力,足趾把持力の計測を行った。

股関節屈曲力および膝関節伸展・屈曲力の計測は、徒手筋力系(モービィ,酒井医療株式会社製)を用いて行った。また、足趾把持力の計測は、足指筋力測定器(竹井機器株式会社製)を用いて行った。全ての被験者が、右側の下肢について計測を受けた。被験者は、検者の合図に合わせて、徐々に力を高めて、5秒目に最大筋力に到達するように徐々に力の大きさを高めた。足趾把持力の計測は、被験者の足が小さすぎて筋力測定器からずれることを避けるために、足部ストラップを用いて行った。

【実験2】

サーフェイス(地面)の違いがスプリント走時の足圧,筋活動パターンおよび筋活動量に及ぼす影響を検討する目的で実験を行った。

<被験者>

被験者は下肢にランニング障害の無い体育系学部大学生20名であった。被験者の専門種目は、野球,サッカー,柔道,剣道,陸上など様々であった。また、疾走スピードおよび疾走動作の比較の実験については、20名全員を対象にして行ったが、足圧および筋活動パターンの計測については、20名のうち6名の被験者のみを対象として行った。なお、6名の選出は、無作為に行った。

<プロトコル>

被験者らは、芝生グラウンド(陸上競技場フィールド部分),ウレタン走路(陸上競技場トラック部分)および土グラウンド(野球場)において、50メートル全力疾走を行った。なお、疾走するサーフェスの順番の影響を排除する目的で、計測を実施する順序が被験者に

より異なるようにした。

被験者らはスタンディングスタートの姿勢から、スタートの合図により全力で50名を疾走した。各被験者は、1つのサーフェスについて、50メートル疾走を2度ずつ実施した。また、足圧パターンおよび筋活動の計測を実施した被験者は、各サーフェスにおける疾走を4度ずつ（各装置で1度ずつ）行った。

<50メートル走スピードの計測>

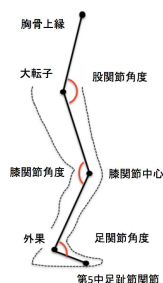
50メートル走スピードの計測を、レーザー式スピード計測装置（LAVEG SPORTS, ドイツ・JENOPTIC社製）を用いて行った。LAVEGによる走スピードの計測は、ランナーの後方正面から行い、被験者がゴール地点を通過して減速するまでの走スピードを計測した。計測後、1メートルごとの平均スピードを算出し、距離とサーフェスの2要因による影響を検討した。

<疾走動作の撮影と分析>

疾走動作の分析は、スタート（0メートル地点から5メートル）および中間疾走（35メートル地点前後5メートル）の走動作を対象に行った。

この地点の疾走動作を、デジタルビデオカメラ（EXILIM EX-F1, CASIO社製）を用いて、被験者の左側方から、通常画質（800×640pix）で、ハイスピードモード（240fps）で撮影した。

撮影した画像を、動作分析ソフト（Frame Dias IV, DKH社製）を用いてデジタル化し、被験者の身体をスティックピクチャーで表し、このスティックピクチャーをもとに、疾走動作に関するキネマティクスのパラメータを定量した。定量したパラメータは、上肢、下肢および体幹の関節の角度、角速度、そして、身体重心変異と身体重心から接地地点までの距離などであった。



動作分析における下肢キネマティクスパラメータの例

<足圧パターンの計測>

50メートル走時の足圧および足圧パター

ンの計測を、足圧計（Pedar-X, NOVEL社製）を用いて行った。足圧の計測は100Hzで行った。疾走時の、1歩ごとの足圧変化を、左右それぞれの足で計測した。片足99個のセンサーにより計測し、それらをもとに、足部エリア毎の足圧と足底屈力を求めた。

取得した足圧データは、被験者の腰部ベルトに取り付けられた無線式送信機へと有線で送られ、送信機から送られた足圧は、走路近くに設置したパソコンへと送られて保存された。

計測された足圧データから、接地時の足圧パターンおよび足底屈力が求められた。

<筋活動パターンおよび筋活動量の計測>

筋電図計測装置（WEB5500, 日本光電社製）を用いて、50メートル疾走中の下肢筋活動パターンおよび活動量を1000Hzで計測した。

筋電図を計測した下肢筋および部位は以下の通りであった。すなわち、大腿直筋、内側広筋、外側広筋、大腿二頭筋、腓腹筋内側頭、腓腹筋外側頭、ヒラメ筋、前脛骨筋の計8筋であった。

各筋には、送信機内蔵型のアクティブ電極が取り付けられ、電極で取得した筋電図は、被験者の腰部に取り付けられたトランスミッター（送信機）を中継して、さらに走路脇に設置されたパソコンに接続された受信機へと送られた。

筋電図はデジタルフィルタにより平滑化されたのち、全波整流された上で、筋活動パターンの分析、接地時間あたりの時間平均値および積分値などが計測された。

4. 研究成果

【実験1】

小学生を対象にした、走能力や下肢筋機能および足部パラメータの横断的な比較には、校庭芝生化による影響は見られなかった。

【実験2】

大学生を対象にした、疾走能力、足圧パターンおよび下肢筋活動におけるサーフェス条件による差に関する比較の結果、以下のことが明らかとなった。

すなわち、芝生条件でのスプリント走では最大スピードにはサーフェスの差が見られなかったが、加速局面の走スピードが低値となる傾向にあった。また、芝生条件のスプリント走では、足関節がより底屈位となる傾向が示された。一方、中間疾走局面（最大スピード発揮時）では、股関節が屈曲位となる傾向が示された。

また、芝生条件の疾走時には、筋活動はやや高値を示す傾向がみられたものの、他の条件との間には統計的な差は見られなかった。足圧パターンは、局所的な足圧のピーク値は

低くなるものの、エリア毎の測定屈力には差が見られなかった。

	0-10m	10-20m	20-30m	30-40m	40-50m	50-60m	最大疾走速度
芝	5.35±0.28	7.88±0.44	8.48±0.58	8.72±0.70	8.74±0.80	8.47±0.89	8.76±0.76
土	5.40±0.39	7.90±0.54	8.51±0.67	8.74±0.81	8.74±0.91	8.65±1.04	8.76±0.86
ウレタン	5.46±0.17	7.99±0.44	8.60±0.60	8.80±0.69	8.81±0.79	8.69±0.84	8.83±0.73
	b	b,c	b,c	n.s.	n.s.	a,b	n.s.

a:芝-土, b:芝-ウレタン, c:土-ウレタン p < 0.05, n=27 Mean±SD

5. 主な発表論文等

	0-10m	10-20m	20-30m	30-40m	40-50m	50-60m	最大疾走速度
芝	5.35±0.28	7.88±0.44	8.48±0.58	8.72±0.70	8.74±0.80	8.47±0.89	8.76±0.76
土	5.40±0.39	7.90±0.54	8.51±0.67	8.74±0.81	8.74±0.91	8.65±1.04	8.76±0.86
ウレタン	5.46±0.17	7.99±0.44	8.60±0.60	8.80±0.69	8.81±0.79	8.69±0.84	8.83±0.73
	b	b,c	b,c	n.s.	n.s.	a,b	n.s.

a:芝-土, b:芝-ウレタン, c:土-ウレタン p < 0.05, n=27 Mean±SD

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計1件)

安藤柊之介, 本間圭佑, 吉田平, 堀口芳起, 柳谷登志雄. スポーツサーフェスの相違が疾走時の速度および動作に及ぼす影響 ~芝生グラウンドと土グラウンドの比較~. 第29回日本トレーニング科学会, 2016年10月, 桐蔭横浜大学.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:
 発明者:
 権利者:
 種類:
 番号:
 出願年月日:
 国内外の別:

取得状況(計 件)

名称:
 発明者:
 権利者:
 種類:
 番号:
 取得年月日:
 国内外の別:

〔その他〕
 ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中(柳谷)登志雄

(TANAKA, Yanagiya, Toshio)

順天堂大学・スポーツ健康科学部・准教授

研究者番号: 70329077

(2) 研究分担者

久保潤二郎(Kubo, Junjiro)

平成国際大学・法学部・准教授

研究者番号: 10360728

(2) 研究分担者

宮本直和(Miyamamoto, Naokazu)

鹿屋体育大学・体育学部・准教授

研究者番号: 20420408