

令和 4 年 6 月 13 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02023

研究課題名(和文) 下肢関節力学モデルの構築に関する研究

研究課題名(英文) Research on construction of mechanical model for lower extremity joints

研究代表者

小林 公一 (Kobayashi, Koichi)

新潟大学・医歯学系・教授

研究者番号：70296317

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：下肢関節におけるバイオメカニクスを理解し、その力学モデルを構築するため、立位荷重下における静的関節アライメントおよび膝関節運動と関節構造との関係について調べた。変形性膝関節症により内反および外反変形すると、立位時の床反力通過位置は大きく後方に位置した。前十字靭帯損傷前後において荷重負荷の膝関節運動に顕著な差異は見られなかった。人工膝関節ではコンポーネントの形状によって関節面における滑り量と相対運動が規定された。また、近位脛骨関節面構造の特徴である後方傾斜を精度よく測定するため、関節範囲を半自動推定する手法を提示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本邦では変形性膝関節症患者のうち痛みなど症状をもつ有症者は700万人、寝たきりの原因となる大腿骨頸部骨折は年間15万件以上、若年者に多い膝前十字靭帯損傷が年間4～5万件、半月板損傷が1万件発生している。本研究課題では立位荷重下において、被験者別の関節形状を考慮して関節アライメントならびに関節運動を評価し、関節構造との関係について検討した。得られた結果により下肢関節のバイオメカニクスに対する理解が深まり、関節力学モデル構築に資する点が本研究の学術的意義と考える。加えて、上記関節疾患の発生および進行メカニズムの解明や効果的な予防法、治療法の開発に寄与できることが臨床的意義である。

研究成果の概要(英文)：To understand biomechanics in lower extremity joints, static joint alignment under weight-bearing conditions and the relationship between knee joint motion and joint structure were investigated. In osteoarthritic knees with varus and valgus deformations, the passing position of ground reaction force was significantly posteriorly at the knee joint. There was no obvious difference in knee motion under loading before and after anterior cruciate ligament injury. In the total replacement knee joints, the component geometry defined the amount of sliding and relative motion at the joint. In order to accurately measure the posterior tilt, which is a characteristic of the proximal tibial articular surface structure, a semi-automatic method for estimating the joint range was presented.

研究分野：生体力学

キーワード：下肢関節 個別別形状モデル 生体内評価 構造機能解析 変形性膝関節症 前十字靭帯 人工膝関節

1. 研究開始当初の背景

下肢関節は骨と関節およびこれらを支える筋、腱、靭帯などから構成され、時に体重の何倍もの力を支えながら、円滑な身体動作を可能としている。これはとても過酷な状況と言えるが、通常は生涯にわたって問題なく機能し続ける。しかし、激しいスポーツや転倒などで過度の力が加かった場合や、年齢とともに骨や筋肉が弱ったとき、下肢関節の機能に障害が生じることがある。下肢関節の機能が損なわれると日常生活が阻害され、生活的質(Quality of Life: QOL)は著しく低下する。例えば、高齢者に多い変形性膝関節症患者は2400万人に上り、このうち痛みなど症状をもつ有症者は700万人と推定されている。また、寝たきりの原因となる大腿骨頸部骨折は年間15万件以上と推計されている。下肢関節の機能障害は高齢者だけの問題ではなく、若年者に多い膝前十字靭帯損傷が年間4~5万件、半月板損傷が年間1万件発生している。これらの損傷はそれ自体が運動機能の低下をもたらすが、長期的には関節の運動パターンの変化に起因する関節軟骨への負担増大により変形性膝関節症のリスクファクターとなると考えられている。このような背景を踏まえ、本研究では「関節機能障害は下肢関節の力学的機能の変化により予測可能か?」という問いを立てた。この問いに答えるためには下肢関節の力学的機能と関節構造の関係を十分理解する必要がある。そこで、X線で下肢アライメントおよび膝関節動作を撮影して骨を可視化し、それにCTやMRIスキャンデータにより対象者ごとに構築した三次元骨形状モデルを重ね合わせる2D-3Dイメージマッチング法により骨同士の相対位置変化を高精度で測定し、健常例と関節機能障害例のアライメントおよび運動データを比較検討することが重要であると考えた。

2. 研究の目的

本研究では具体的に以下のテーマについて検討を行った。

1) 変形性膝関節症患者を対象に、スロットラジオグラフィ装置と二方向回転X線撮影台を用いた立位下肢全長アライメント計測と床反力を同時測定することで、下肢におけるアライメント変化と荷重作用方向の関係について調査する。

2) 人工関節置換膝を対象として、立位スクワット動作を2D-3Dイメージマッチング法により解析し、大腿骨コンポーネントと脛骨インサート同士の滑り量の指標として接触移動距離と求める。そして、機種異なる人工膝関節について脛骨インサートにおける大腿骨コンポーネントの接触深さと接触点移動距離を評価する。

3) 同一被験者の前十字靭帯(ACL)損傷前後の5膝を対象として、立位スクワット動作を解析し、屈曲軸である大腿骨後顆軸と、大腿骨上顆突起を結んだ軸の回旋量および両軸の内外側端点前後移動量と、靭帯に作用する張力の指標として靭帯附着部間距離を求める。また、同一被験者のACL損傷膝と対側健常膝に対して、回旋トルクを与えた際の可動域を測定する。これらの検討により膝屈曲動作におけるACLの役割を明確化する。

4) 膝関節形状は関節安定性やキネマティクスに影響を与えることから、関節再建術の術前計画や関節損傷の発生メカニズムを検討する上で重要な因子である。そこで、MRIによる関節形状モデル構築と運動評価法ならびに近位脛骨関節面を半自動で推定する手法を提示する。

3. 研究の方法

上に述べた各テーマについて、それぞれ研究方法を説明する。

1) 左右で膝関節の変形方向が異なる吹き流し膝症の女性2名を対象とした。下肢全長二方向X線撮影はスロットラジオグラフィ(SR)装置と回転撮影台を用いて行った。SR装置においてX線源と受光部を同時並行移動させ、大視野画像を作成した。自作した回転撮影台には直径600mmのターンテーブルを搭載し、その中心に六軸力覚センサを内蔵した小型床反力計を組み込んだ。ターンテーブルは手動により回転し、X線源に対し0°と±60°の位置に固定される。被験者はターンテーブル上で左右どちらかの足を床反力計中央に載せて立ち、ターンテーブル0°の位置で正面、+60°または-60°の位置で射角の下肢全長撮影を行った。床反力は撮影と同時に三軸成分を計測した。下肢全長CT撮影を行い、モデリングソフトウェア(Mimics 21、Materialise)を用いて大腿骨と脛骨の三次元形状モデルを作成した。二方向下肢全長X線画像における骨輪郭と骨形状モデル投影像との2D-3Dイメージマッチングより大腿骨および脛骨の三次元位置を決定した。前額面に投影された大腿骨長軸と脛骨長軸の成す角(大腿脛骨角:FTA)と大腿骨前捻角を算出し、床反力については正面および射角撮影中に測定値の平均値を用いた。脛骨近位関節面に内外側顆間窩隆起の中点を原点、内外側方向をX軸、前後方向をY軸とする座標系を設定し、この座標系におけるXY平面と下肢機能軸および床反力ベクトルとの交点座標を求めた。また、筋骨格モデル解析ソフトウェア(ANYBODY)による片脚立位姿勢の解析を試みた。

2) 2D-3Dイメージマッチング法で測定した人工膝関節の立位スクワット動作データを対

象とする。人工膝関節の種類として、手術の際に ACL を切除し、後十字靭帯 (PCL) を温存する CR 型 4 例、ACL と PCL をどちらも切除する PS 型 2 例、ACL と PCL をどちらも切除し、大腿骨コンポーネントと脛骨インサートの適合性が高い CCK 型 1 例について検討した。大腿骨コンポーネントモデルと脛骨インサートモデルをイメージマッチングした結果、モデル同士が干渉した場合を接触と判定し、干渉量を接触量と定義した。また、連続するフレーム間で脛骨インサートモデルの同一箇所が接触し続けている場合、そのフレーム間での大腿骨コンポーネントの移動距離を接触移動距離と定義し、滑り量の指標とした。そして接触移動距離を全時間フレームに亘って積算することで累積値を算出した。また、脛骨に対する大腿骨の相対位置変化を膝屈曲軸の近似である大腿骨後顆軸 (GCA) の内外側端点の前後方向移動量で評価した。

3) 片脚の ACL 損傷後に両脚の運動解析を実施し、後に健側の ACL を損傷し再度運動解析を実施した ACL 単独損傷前後膝 5 例を対象とした。CT データから構築した大腿骨三次元形状モデルについて、大腿骨内側および外側後顆をそれぞれ球近似し、中心を結んだ大腿骨後顆軸 (GCA) と、大腿骨の内側および外側上顆突起を結んだ軸 (TEA) を決定し、膝関節の屈曲軸とした。ACL を前内側線維束 (AM 束) と後外側線維束 (PL 束) の二つに分け、それぞれの大腿骨側ならびに脛骨側付着部位を解剖学的特徴に基づいて決定した。最大伸展位から最大屈曲位までの荷重下スクワット動作を 2D-3D イメージマッチング法で解析し、GCA と TEA の前後方向移動量と回旋量、ACL 付着部間の距離を求めた。また、片側前十字靭帯損傷膝と対側健常膝それぞれ 7 例を対象に、仰臥位において内旋または外旋トルク (3.5 Nm) を伸展位、屈曲 20°、屈曲 40°の 3 肢位において与え、GCA と TEA の内外側端点移動量を測定した。

4) 近位脛骨関節面の半自動推定については、軟骨撮像条件で撮影した近位脛骨 MR 矢状断画像において脛骨関節面の内側部と外側部関節軟骨と軟骨下骨の境界点を手動抽出し、スプライン補間した。手動決定したデジタイズ点の最前方点と最後方点から画像水平方向の距離を求め、前後長とした。そして、前後長の間接点から前方と後方にそれぞれ前後長の 30%以上離れた位置においてスプライン曲線の接線と画像水平方向とのなす角が $\pm 40^\circ$ となる点を関節面の前方点ならびに後方点と自動決定した。半自動推定された点の妥当性の検証は、十分に経験のある臨床医 1 名の目視による有効な関節面と判断された関節軟骨の前縁点および後縁点との距離誤差と、それぞれの点群に対して最小二乗法で求めた近似平面の法線ベクトルの角度差を評価することによって行った。MRI による関節形状モデル構築と運動評価法はシネ MRI データを基に遠位大腿骨、近位脛骨、膝蓋骨の形状モデル構築と大腿四頭筋緊張による相対位置変化を測定した。

4. 研究成果

研究成果についてもテーマごとに述べる。

1) 被験者 1 の FTA は右 162.3° 、左 182.0° 、大腿骨頸部前捻角は右 7.5° 、左 13.6° であった、被験者 2 の FTA は右 166.3° 、左 184.8° であり、大腿骨頸部前捻角は右 18.4° 、左 13.9° と大腿骨頸部前捻角に左右差が認められた。これより両被験者は右脚で外反、左脚で内反変形を呈していた。被験者 1 について床反力の測定結果は X 線の正面と斜角撮影時における鉛直荷重方向成分の平均は右脚 429.5 N 、左脚 172.9 N と右脚偏荷重を示した。被験者 2 においては右脚 388.8 N 、左脚 318.2 N で右脚偏荷重であった。

下肢機能軸と床反力の脛骨 XY 平面における通過位置は、右脚の床反力ベクトルは下肢機能軸に比べ内側を通過し、Y 軸方向では大きく後方を通過し、左脚では右脚ほどの差はないが下肢機能軸に比べ内側後方を通過した (図 1)。下肢機能軸と床反力の脛骨 XY 平面における通過位置は、右脚では下肢機能軸は床反力ベクトルに比べ内側を通過し、床反力ベクトルは大きく後方に位置し、左脚でも被験者 1 と同様に内側後方に位置した。加えて、右脚において床反力ベクトルが大きく後方に位置していた。本研究により本症に対して初めて荷重線の解析を行ったことで左右の膝関節を含む下肢へ作用する力および力の方向には差異があることが確認できた。今後、更なる症例の検討と骨盤を含む下肢全体のアライメント評価により本症の病因が明らかになると考える。筋骨格モデルによる立位姿勢解析は標準形状モデルで試行した (図 2)。今後被験者個別別モデルによる解析を進める。

2) 図 3 に 3 機種における累積滑り量分布例を示す。なお、累積干渉量についても概ね同様の分布であった。CR 型において累積干渉量と累積滑り量は脛骨インサートの内側で大きかった。これは内側を軸として回旋する Medial Pivot Motion が生じたことで、どちらも内側が高い値を示したと考えられる。また、GCA は屈曲角の増加に伴い後方に移動し、移動量は内側で小さい傾向を示したと対応する。一方、PS 型と CCK 型では累積干渉量と累積滑り量は脛骨インサートの外側で大きかった。Medial Pivot Motion は確認できなかった。CR 型と異なり PS 型と CCK 型では ACL と PCL が切除されるため、膝屈曲に伴う大腿骨の後方移動を脛骨コンポーネント中心部のポスト構造によって制御する。これが機種による干渉量、滑り量、および運動パターンの差異をもたらしたと考察する。

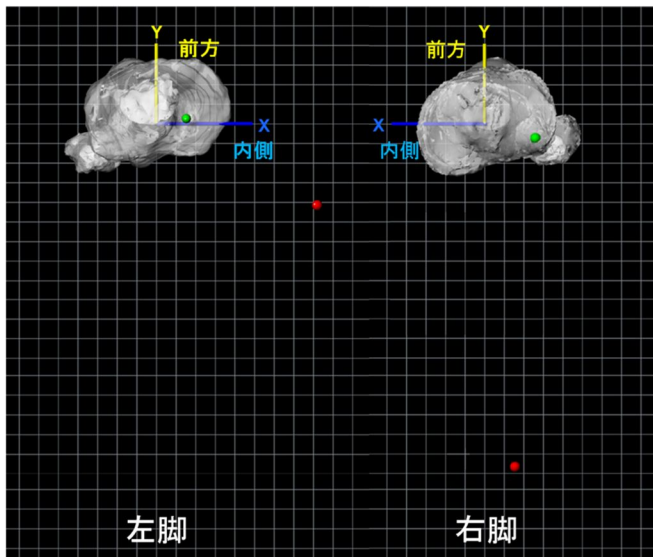


図1 脛骨近位関節面における下肢機能軸と床反力ベクトルの通過位置（被験者1、緑四角：下肢機能軸、赤丸：床反力ベクトル）

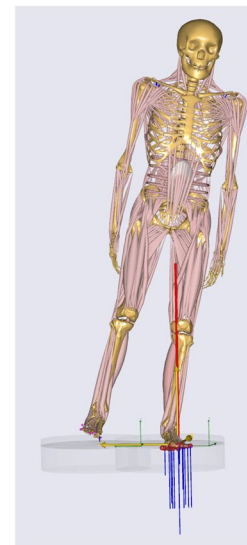


図2 筋骨格モデルによる立位姿勢の解析

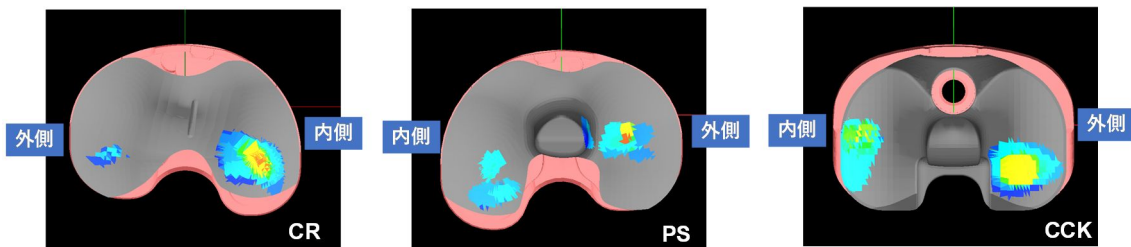


図3 人工膝関節3機種 of 立位スクワット動作における累積滑り量分布

3) 最大伸展位から屈曲 90°までの膝運動データを取得したが、ACL の張力が大きいとされている伸展位から屈曲 30°の範囲における変化量を解析した。伸展位における GCA と TEA の回旋角と内外側端点の前後方向位置は損傷前後で同様であったが、伸展位から屈曲 30°の範囲において GCA と TEA の回旋量には屈曲角度の主効果と屈曲角度と損傷の有無による交互作用があり、損傷後に有意に減少した（表 1）。また、GCA と TEA の外側端点の後方移動量に屈曲角度と損傷の有無による交互作用があり、損傷後に有意に減少したが、GCA と TEA の内側端点の後方移動量に有意差はなかった。ACL 損傷前後ともに屈曲に伴い付着部間距離は減少し、屈曲 30°において損傷前後において有意差があった。伸展位から屈曲 30°の範囲において付着部間距離変化量には屈曲角度の主効果と屈曲角度と損傷の有無による交互作用があり、損傷後に有意に増加した（表 2）。外旋および内旋トルク負荷時の拳動については、屈曲角が大きくなると ACL 損傷後に GCA と TEA 外側端点前後移動量はともに減少する傾向が見られた。これらの結果は、ACL 損傷しても、スクワット時には不安定性の増強した膝運動に変化するのではなく、むしろ損傷膝が何らかの機序で運動を抑制する結果と考えられる。臨床的には、ACL 損傷後に、筋力低下を予防することは ACL 再建後の成績に影響するため、リスクの少ない運動を把握することは重要である。よって、本研究からスクワット運動は術前から安全に行える運動であると考えられる。

表 1 ACL 損傷前後の GCA と TEA の回旋角（内旋: 負、外旋: 正）

	GCA				TEA			
	伸展位	30°	回旋量	P値	伸展位	30°	回旋量	P値
損傷前	-4.4	6.5	10.9 ± 5.0	0.049	-1.1	9.3	10.4 ± 4.9	0.049
損傷後	-3.6	3.7	7.3 ± 3.3		-0.3	6.6	6.9 ± 3.3	

[°]

表2 ACL 損傷前後の AM および PL 線維束の付着部間距離

	AM束				PL束			
	伸展位	30°	変化量	P値	伸展位	30°	変化量	P値
損傷前	42.3	41.1	-1.2 ± 0.7	0.038	36.8	33.3	-3.5 ± 0.7	0.024
損傷後	42.1	38.8	-3.3 ± 1.5		36.4	31.1	-5.3 ± 1.4	

[mm]

4) 近位脛骨関節面の半自動推定法を健常1名2膝、ACL 損傷4名7膝の9膝を対象に左近位脛骨関節面の内側部と外側部に適用した例を示す(図4)。軟骨範囲を真値とした場合、半自動推定点の誤差は関節面の最内側および顆間窩近傍で大きくなった。また内側と比べて外側で誤差が大きかった。全ての距離誤差の平均値と標準偏差は内側で 1.2 ± 0.2 mm、外側で 2.0 ± 0.8 mm であった。近似平面の法線ベクトルの角度誤差は内側で $1.0 \pm 0.7^\circ$ 、外側で $3.6^\circ \pm 2.5^\circ$ となった。図5に半自動推定した点群と目視で決定した点群から算出した近似平面を比較した結果の一例を示す。近似平面の法線ベクトルの角度誤差は内側で $1.0^\circ \pm 0.7^\circ$ 、外側で $3.6^\circ \pm 2.5^\circ$ となった。本研究では、将来的に骨形状や下肢全長評価にも有用な CT 画像においても近位脛骨関節面を自動または半自動で決定する方法の開発を想定しているが、決定した関節面を関節軟骨の存在範囲と比較することで、より正確な関節面領域の決定を試みた。また、シネ MRI により遠位大腿骨、近位脛骨、膝蓋骨の形状モデル構築と3次元動作測定が可能となった。さらに膝蓋腱の長さ変化測定も同時に可能とした。

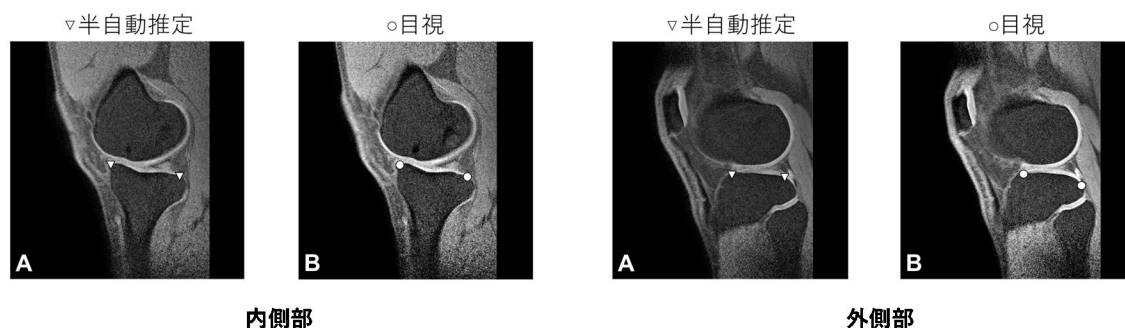


図4 左近位脛骨関節面における半自動推定点(A)と目視による決定点(B)

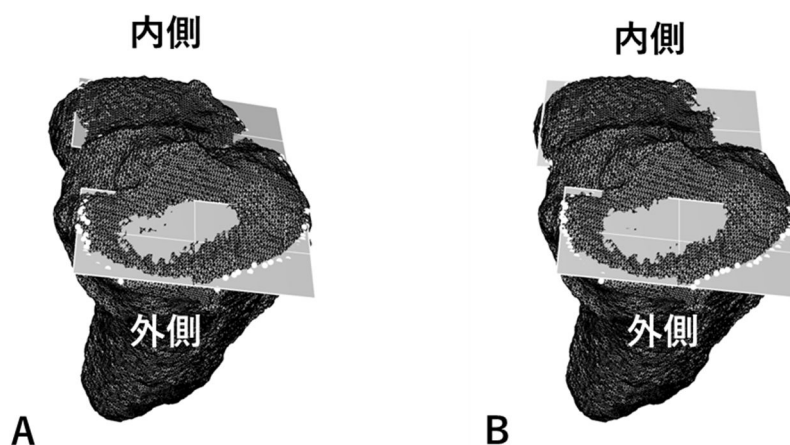


図5 半自動推定した点群から算出した近似平面(A)と目視で決定した点群から算出した近似平面(B)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 佐藤直樹, 小林公一, 渡邊聡, 大森豪, 坂本信, 古賀良生, 田邊裕治	4. 巻 42
2. 論文標題 ACL損傷前後における付着部間距離の変化	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 臨床バイオメカニクス	6. 最初と最後の頁 269-274
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 菅原大和, 小林公一, 佐藤卓, 渡邊聡, 大溪一孝, 坂本信, 大森豪, 古賀良生	4. 巻 43
2. 論文標題 近位脛骨関節面半自動推定法についての研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 臨床バイオメカニクス	6. 最初と最後の頁 掲載決定
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 高橋雄也, 小林公一, 渡邊聡, 坂本信, 田邊裕治, 大森豪, 古賀良生	4. 巻 43
2. 論文標題 同一膝のACL損傷前後におけるキネマティクス評価	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 臨床バイオメカニクス	6. 最初と最後の頁 掲載決定
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 藤原靖, 森清友亮, 小林公一, 坂本信, 田邊裕治, 望月友晴, 大森豪, 湊泉, 古賀良生	4. 巻 41
2. 論文標題 吹き流し膝における下肢機能軸と荷重方向の評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 臨床バイオメカニクス	6. 最初と最後の頁 109-113
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 森清友亮, 田中正栄, 小林公一, 坂本信, 田邊裕治, 望月友晴, 古賀寛, 大森豪, 湊泉, Wadugodapitiya S, 藤原靖, 古賀良生	4. 巻 41
2. 論文標題 Windswept deformityを呈する変形性膝関節症における下肢アライメントと腸脛靭帯緊張の評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 臨床バイオメカニクス	6. 最初と最後の頁 115-119
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 藤原靖, 森清友亮, 小林公一, 坂本信, 田邊裕治, 望月友晴, 大森豪, 湊泉, 古賀良生	4. 巻 41
2. 論文標題 吹き流し膝における下肢機能軸と荷重方向の評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 臨床バイオメカニクス	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kondo T, Sakamoto M, Kobayashi K, Wadugodapitiya S	4. 巻 4
2. 論文標題 A Dynamic Method of Measuring the Length of the Patellar Tendon Using Cine Magnetic Resonance Imaging	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advanced Experimental Mechanics	6. 最初と最後の頁 157-162
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11395/aem.4.0_157	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Koichi KOBAYASHI, Yuya TAKAHASHI, Satoshi WATANABE, Makoto SAKAMOTO, Yuji TANABE, Go OMORI, Yoshio KOGA
2. 発表標題 Evaluation of kinematics of identical knees before and after ACL injury
3. 学会等名 The 11th Asian-Pacific Conference on Biomechanics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小林公一、坂本信、田邊裕治、渡邊聡、大森豪、古賀良生
2. 発表標題 膝前十字靭帯損傷前後における付着部間距離の比較
3. 学会等名 日本機械学会第33回バイオエンジニアリング講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小林公一、坂本信、田邊裕治、渡邊聡、大森豪、古賀良生
2. 発表標題 スクワット時における膝前十字靭帯付着部間距離の損傷前後比較
3. 学会等名 日本実験力学会2021年度年次講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋雄也、小林公一、坂本信、田邊裕治、渡邊聡、大森豪、古賀良生
2. 発表標題 同一膝のACL損傷前後におけるキネマティクス評価
3. 学会等名 第48回日本臨床バイオメカニクス学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 菅原大和、小林公一、佐藤卓、渡邊聡、大湊一孝、坂本信、大森豪、古賀良生
2. 発表標題 近位脛骨関節面半自動推定法についての研究
3. 学会等名 第48回日本臨床バイオメカニクス学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小林公一, 坂本信, 田邊裕治, 佐藤卓, 渡邊聡, 大森豪, 古賀良生
2. 発表標題 TKA動態と接触のメカニクスから最良のインプラントを考察する: 運動パターンと摺動面滑り量
3. 学会等名 第47回日本臨床バイオメカニクス学会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤直樹, 小林公一, 渡邊聡, 大森豪, 坂本信, 古賀良生, 田邊裕治
2. 発表標題 ACL損傷前後における付着部間距離の変化
3. 学会等名 第47回日本臨床バイオメカニクス学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤原靖, 森清友亮, 小林公一, 坂本信, 田邊裕治, 望月友晴, 大森豪, 湊泉, 古賀良生
2. 発表標題 吹き流し膝における下肢機能軸と荷重方向の評価
3. 学会等名 第46回日本臨床バイオメカニクス学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林公一, 坂本信, 田邊裕治, 佐藤卓, 渡邊聡, 大盛豪, 古賀良生
2. 発表標題 関節面の相対的滑りを加味した接触動態解析
3. 学会等名 第46回日本臨床バイオメカニクス学会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林公一、坂本信、森清友亮、田邊裕治、佐藤卓、大盛豪、湊泉、古賀良生
2. 発表標題 下肢アライメントと膝キネマティクス解析のためのバイオメカニクス手法
3. 学会等名 第46回日本臨床バイオメカニクス学会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kondo T, Sakamoto M, Kobayashi K, Wadugodapitiya S
2. 発表標題 The effect of quadriceps force to the balance between quadriceps and patellar tendon
3. 学会等名 International Conference on Advanced Technology in Experimental Mechanics 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	坂本 信 (Sakamoto Makoto) (80215657)	新潟大学・医歯学系・教授 (13101)	
研究分担者	田邊 裕治 (Tanabe Yuji) (60143020)	新潟大学・自然科学系・教授 (13101)	
研究分担者	大森 豪 (Omori Go) (70283009)	新潟医療福祉大学・健康科学部・教授 (33111)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	プラムディタ ジョナス (Pramudita Jonas) (50615458)	日本大学・工学部・准教授 (32665)	
研究 分 担 者	近藤 達也 (Kondo Tatsuya) (30821813)	新潟大学・医歯学系・助教 (13101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関