

令和 2 年 5 月 28 日現在

機関番号：24403

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2018～2019

課題番号：18H05962・19K21117

研究課題名(和文) 妊娠期腰痛に対する慣性センサと筋骨格モデルを用いた運動特性可視化システムの構築

研究課題名(英文) Motion analysis system related to low back pain of pregnant women by using inertial measurement unit and musculoskeletal model

研究代表者

森野 佐芳梨 (Morino, Saori)

大阪府立大学・総合リハビリテーション学研究科・助教

研究者番号：10822588

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、女性の生活の質を阻害するとして問題視されている妊娠中の腰痛に関して、骨盤ベルトの使用による腰痛軽減メカニズムを解明することを試みた。この結果、妊婦が骨盤ベルトを装着すると、椅子の立ち座りにおける体幹の屈曲伸展位が抑制され、体軸に対する上下方向への運動が大きくなることが分かった。つまり、骨盤ベルトの装着により脊柱下部を内包する骨盤部の支持性が上がることにより、体幹を過度に屈曲伸展位させることなく、上下方向の推進力により動作を行うことが可能になったと考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

妊娠中は薬物投与や侵襲的な治療による積極的な治療が困難であることから、臨床現場では妊娠中の腰痛に対して骨盤ベルト着用が推奨されることが多い。しかし、骨盤ベルト使用による腰痛軽減のメカニズムを定量的に示した調査結果は少ないという現状がある。これに対して本研究は、デバイスを用いて客観的かつ定量的に骨盤ベルト使用による妊婦の身体運動的な変化を評価することによりそのメカニズムを調査した数少ない研究である。本研究結果を活用することで、妊婦が日常生活を行う上で骨盤ベルトを使用することにより腰部への負荷を軽減させることとなり、これが腰痛軽減へとつながる可能性がある。

研究成果の概要(英文)：Low back pain is a common discomfort experienced by women during pregnancy. The purpose of the study was to investigate an influence of pelvic belt use on the low back pain for pregnant women. The result of the study indicated that flexion and extension of the trunk was reduced and vertical motion to the trunk was increased in sit-to-stand by using pelvic belt. From the result, pregnant women could stand up from the chair by vertical driving force to the trunk without excessive flexion and extension of the trunk because the pelvic belt use ensure stability of the pelvic girdle including lower part of the spinal.

研究分野：リハビリテーション医学

キーワード：バイオメカニクス 腰痛 妊婦

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

現在本邦では、女性の社会進出推進が図られているが、妊娠中の腰痛により女性の生活の質 (Quality of Life: QOL) が損なわれるのみならず、産後も継続することで社会復帰の妨げともなっており、喫緊の対策課題であると言える。しかし、妊娠中は胎児への影響を懸念し、薬物投与や侵襲を伴う治療が困難であり、母体や胎児へのリスクの低い対策が模索されている¹⁾。妊娠期腰痛の主な原因は、胎児成長に伴う腹部を中心とした体重増加により、姿勢・運動バランスが失われ、腰部の筋や関節への負荷が増大することによる²⁾。これに対して研究代表者は調査研究を実施し、特に、歩行中の体幹の左右対称性の低さや、立ち座り時の体幹の前後への過大な動作が腰痛と関連していることを示していた^{3,4)}。これより、胎児へのリスクの低い対策の一つとして、これらの運動中の体幹の不安定性を軽減することが、妊娠期腰痛改善に望ましいと考えられる。臨床現場では、一般的な腰痛対策として骨盤ベルトが適用され、ベルトによる体幹の安定性向上が、妊婦の姿勢・運動改善へつながり、腰部筋負荷が軽減すると考えられている。しかし、骨盤ベルト使用時の妊婦の運動変化および筋活動変化は実証されておらず、腰痛軽減効果の明確な理由は定かではない。臨床では、科学的根拠に基づいた医療 (Evidence-based medicine: EBM) の実践が提唱され、運動中に発生する筋骨格系疾患に関しては、客観的かつ定量的に動作を評価し、その機序を明らかにすることが求められる。特に近年、運動解析に加えて筋負荷評価も併用することで、より正確な原因究明が求められている。これより、母体への負荷を軽減しながら、妊婦において骨盤ベルト使用により腰痛が改善されるに至るロジックを運動と筋活動レベルから明確に示す必要がある。また、研究成果を臨床でのフィードバックや介入につなげるため、動作の左右不安定性等の評価結果を一般の方にも理解しやすい形で可視化することが望まれている。これに対し、研究代表者は、研究開始以前に慣性センサ (Inertial measurement unit: IMU) と筋骨格モデルを用いて妊婦の動作と運動中の筋活動を解析する事で、妊婦の歩行や立ち座り動作時のバランス低下が腰痛を引き起こすことを明らかにしてきたことから、本研究においてもこれらを用いることを考案した。

2. 研究の目的

本研究では、研究開始当初の背景を受け、IMU データにより動作評価結果を可視化し、筋骨格モデルにより筋活動評価結果を可視化することで、骨盤ベルトの妊娠期腰痛惹起動作に対する影響を検証することを目指した。妊娠期腰痛に関する調査はこれまでもなされているが、妊婦という対象の特殊性から、質問紙による調査が多く、本邦はもちろん世界的に見ても、妊婦を対象とし、動作解析等の実測を含めた研究は少ない現状がある。さらに、骨盤ベルト使用時の運動変化による腰痛改善への影響を明示した報告はない。本研究で使用する IMU は、軽量かつ計測環境制限も少ないため、母体への負担を軽減しながら運動を定量評価できる。また、筋活動評価に使用する妊婦筋骨格モデルは、申請者が独自に開発したものであり⁵⁾、運動データと床反力データから筋活動推定が可能である。そこで、これらを用いて、妊婦を対象とし、腰痛聴取と運動計測を併用することで、骨盤ベルトによる運動と筋活動への影響を含めた包括的な腰痛改善調査を実施することを考案した。これにより、骨盤ベルトの有無による運動安定性と筋活動レベルを数値と人体モデルにより可視化することで、研究成果を知見として報告するのみならず、将来的な臨床応用への発展を目指した。

3. 研究の方法

研究開始当初、妊婦の腰背部に装着した IMU データによる動作解析結果および筋骨格モデルによる筋活動状況と腰痛との関連性を調査した上で、学会等で成果を発表し、専門家と議論した。その中で、体幹の動きをより詳細にとらえることが、腰痛発症機序を調査するのに適切であるとの意見を得た。当初の研究計画では体幹をひとつの剛体とみなし、体幹上部に装着した IMU により動作解析結果を示す予定であったが、体幹の中でも脊柱の動きとともに屈曲伸展や側屈等が起こる。さらに、腰痛は腰椎およびそれに沿って走行する脊柱起立筋に深く関わっている。これらより、骨盤ベルトの腰痛への影響を調査するのであれば、体幹内における動きを詳細に調査することが望ましい。そこで、骨盤部と体幹上部に 1 台ずつ IMU を装着する予定を変更し、20 個の IMU をシート状に配列した装置を脊柱に沿うように装着し、そこから得られる情報により体幹の動きを詳細にとらえる計画に変更した。以下に、実際に行った研究手法を記載する。

(1) 姿勢・動作計測

本研究目的である IMU による脊柱の動的アライメント評価を実施するため、妊婦を対象に動作実験を行った。運動課題は、妊娠中の腰痛との関連が明らかとなっている椅子の立ち座り動作とした。本研究は、大阪府立大学大学院総合リハビリテーション学研究所研究倫理委員会の承認を得て実施しており (承認番号: 2018-108)、研究目的と趣旨を説明し、実験参加の同意を得た者を対象とした。

対象者

産科婦人科クリニックにて妊婦定期検診を受診する妊婦を対象とし、合併症や妊娠経過に影響するような疾患等を有していない者に協力者を募った。実験に先立ち、対象者が運動計測に影響

を与えるような外傷あるいは損傷のないことを確認した。本研究の対象者7名の特性を表1に示す。

計測条件と使用機器

立ち座り動作の運動計測には、3軸の加速度センサおよび角速度センサを内蔵したIMUを20mm間隔で20個連結したシート状の装置（Seat Tracer、Tec Gihan Co., Ltd. Japan）を脊柱動作の計測用に一部改良したものをを用いた（図1）。このIMU連結シートを対象者の脊柱に沿うように、テーピング用テープを使用し背面に貼付した。なお、IMU連結シートの最下端にあたるIMU（センサ20）が対象者の第4腰椎の棘突起部（両側の上後腸骨棘を結んだ線上）に位置するように装着した（図2）。

これらのIMUより、腰椎部を中心とした脊柱部の加速度および角速度データを取得し、はじめに静止立位時の姿勢計測を行った後に、動作計測を行った。サンプリング周波数は500 Hzとした。動作解析環境としては、座面までの高さ410 mm、座面の横幅43 mm、座面の奥行41 mmの一般的なパイプ椅子を使用し、靴を脱いだ状態で計測を行った（図3）。椅子での座位状態を計測開始肢位とし、スタートの合図とともに対象者は椅子からの立ち上がり動作を開始し、立位状態で約3秒間静止した後に着座動作を行い、着座状態で約3秒間静止した後に再度立ち上がるという動作を2回行った。

各動作は対象者自身の快適速度で行うように指示した。その後、一般的な骨盤ベルト（マザーベルト、ハクゾウメディカル株式会社）を装着した上で同様の計測を行った。なお、骨盤ベルト装着有無のそれぞれにおいて、同様の動作を2回ずつ行った。

表 1 対象者特性

年齢 (歳)	30.9 ± 4.8
身長 (cm)	156.2 ± 6.2
計測時の体重 (kg)	56.0 ± 3.9
妊娠前の体重 (kg)	48.7 ± 5.3
妊娠週数 (週)	30.8 ± 4.8
過去の出産人数 (人)	0.6 ± 0.8 [0-2]

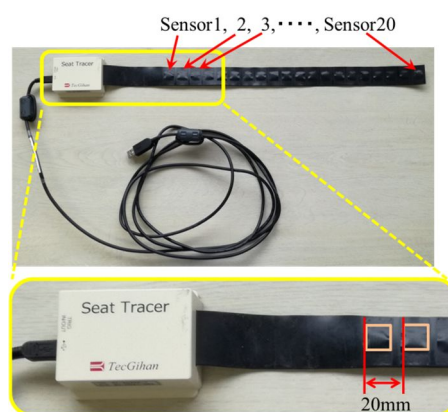


図 1 IMU 連結シート

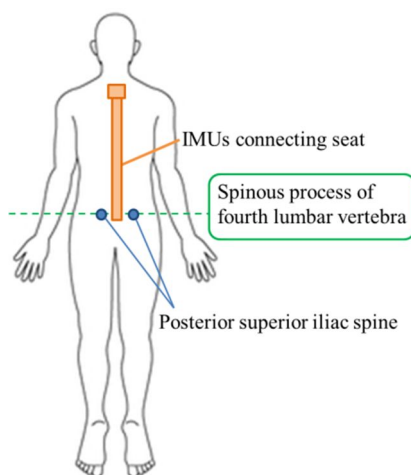


図 2 IMU 連結シートの装着位置



図 3 計測環境

計測データの使用法

対象者に装着したIMUから得られる加速度と角速度データから各センサの移動距離および回旋角度を算出し、脊柱の動作を評価した。本研究における座標の定義は、対象者から見た前方方向をy軸とした右手系とし、x軸まわりをロール、y軸まわりをピッチ、z軸まわりをヨーとする。本研究においては、対象者の体軸における左右方向の移動運動評価指標としてx軸方向、前後方向の指標としてy軸方向、上下方向の指標としてz軸方向の移動距離を使用した。同様に、回旋角度については、椅子の立ち座り動作において重要な前後方向の回旋動作評価指標（主に体幹の屈曲伸展運動の指標）としてロールの角度を使用した。なお、初期位置は最下端のセンサ（センサ20）より10mm下端の位置を基準点とし、基準点からの位置および角度情報を示している。得られた移動距離と回旋角度情報をもとに、椅子の立ち座り動作における脊柱の動作特徴を評価するために、各指標の立ち上がりと着座動作時のピーク値と初期姿勢（座位姿勢）時の値との差異を算出した。この際、移動距離におけるx軸に関しては周期的な波形を示しておらず、ピーク値の検出が困難であったため、移動距離に関してはyおよびz軸の指標を検討対象とした。

(2) 統計解析

椅子の立ち座り動作計測実験の結果より算出した動作評価指標を用いて、統計解析により骨盤ベルト装着による脊柱の動的アライメントへの影響を検討した。本研究では、骨盤ベルト非装着時と装着時との間に差異があるかを傾向として把握するため、同一対象者群の異なる 2 試行において、各動作評価指標について平均値の比較を行った。なお、動作特徴を検討するため、評価指標として 1 項にて算出した、各値と初期姿勢時の値との差の値を用いた。比較方法として、全指標の正規性を確認した後、正規分布していた項目はパラメトリック検定である対応のあるサンプルの t 検定、正規分布していない項目はノンパラメトリック検定である Wilcoxon の符号付き順位和検定をそれぞれ用いた。統計学的有意水準は 5% ($p = 0.05$) とし、統計解析には SPSS Statistics 25 (IBM 社製) を使用した。

4. 研究成果

(1) 初期姿勢

計測結果の一例として、静止立位時の各センサの位置関係を図 4 に示す。図 4 は各センサから得られたデータ情報を用いて、センサ間の相対位置関係により、シート全体の形状を図示したものである。なお、参考のために静止立位姿勢の対象者の様子を計測結果とともに示している。一般的に、妊婦においては腰椎部の前弯が大きくなり、反対に肩甲帯と上背においては丸みを帯びる傾向があるとされている⁶⁾。本研究では妊娠前との比較は行うことができていないが、図 4 より妊婦特有の脊柱の湾曲状態が観察されていると考える。

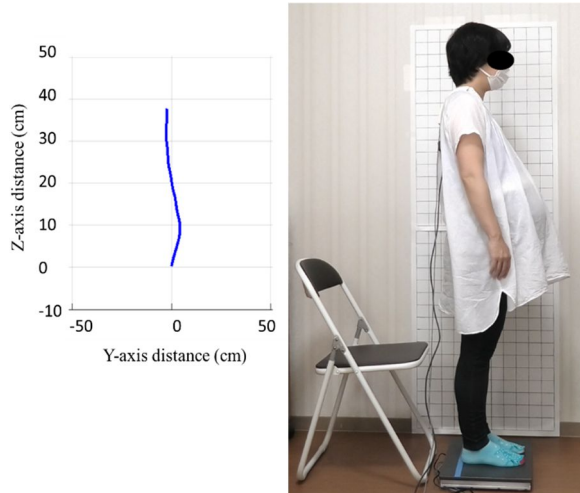


図 4 静止立位時の各センサの位置関係

(2) 移動距離

脊柱の移動距離の計測結果の一例として、椅子の立ち座り動作 2 回分の計測結果を図 5 に示す。図 5 はセンサ 1 (最上部のセンサ) の計測結果であり、黒色が x 軸、青色が y 軸、緑色が z 軸の結果をそれぞれ示す。統計解析の結果としては、体軸に対する前後方向の移動を示す y 軸の指標には有意な差は確認されなかった。一方、体軸に対する上下方向の移動を示す z 軸の指標に関して、立ち上がり、着座動作ともに着座動作時のセンサ 19 およびセンサ 20 以外の全センサに関して有意な差が確認された (全 38 項目、 $p = 0.001 \sim 0.046$)。具体的には、骨盤ベルトを装着した状態の方が、装着しない場合と比較して、座位姿勢からの動作中のピーク値が有意に大きく、その差は脊柱の下部ではおよそ 0.1~1cm 程度、上部では最大で 2.7cm となっており、着座よりも立ち上がり動作の方が差が大きい傾向であった。これより、妊婦は骨盤ベルトを装着した場合の方が、体軸方向に対する上下運動が大きくなると考えられる。

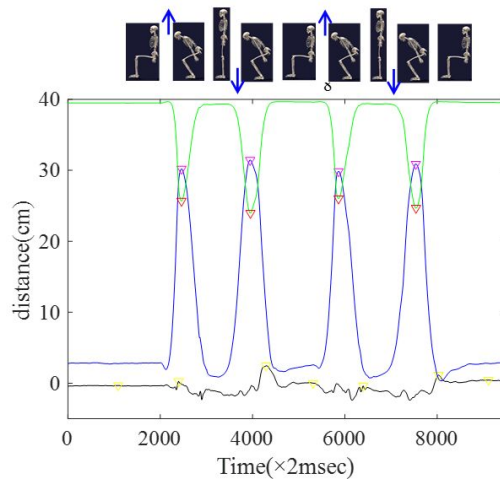


図 5 脊柱の移動距離

(3) 回旋角度

回旋角度の検討においては、椅子の立ち座り動作において重要な前後方向の回旋動作評価指標 (主に体幹の屈曲伸展運動の指標) としてロールの角度を検討した。脊柱の回旋動作の計測結果の一例として、椅子の立ち座り動作 2 回分の結果を図 6 に示す。図 6 はセンサ 1 (最上部のセンサ) の計測結果であり、角度データが小さくなるほど、体幹を前方により大きく屈曲する動作を意味する。統計解析の結果として、有意差の確認された項目を表 2 に示す。表 2 よ

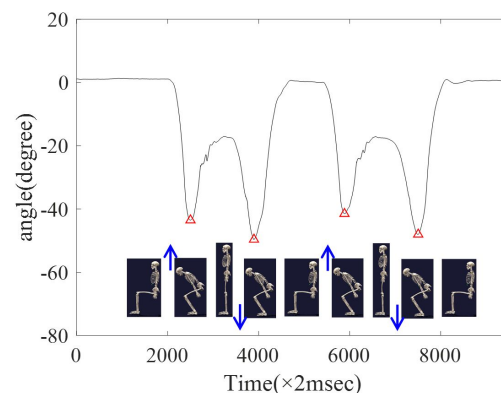


図 6 脊柱の回旋角度

り、骨盤ベルトを装着した状態の方が、装着しない場合と比較して、座位姿勢からの動作中のピーク値が有意に小さく、この傾向はセンサ1~10、つまり脊柱の上部に確認されることがわかる。これより、妊婦は骨盤ベルトを装着した場合の方が体幹の屈曲伸展動作が小さくなる傾向があり、これは骨盤ベルト装着部ではなく、腰椎上部から胸椎部のあたりにおよぶことが考えられる。

(4) 骨盤ベルト着用による立ち座り動作への影響

立ち座り動作中の脊柱の移動距離および回旋角度の結果を総括すると、以下の特徴が考察される。妊婦が骨盤ベルトを装着すると、椅子の立ち座りにおける体幹屈曲伸展動作が抑制され、体軸に対する上下方向への運動が大きくなる。一般的に、立ち上がる際には、体重心位置を支持基底面である座面から足部の位置に前方移動させる必要がある。同様に、着座動作においては両足部による支持基底面から座面に体重心を後方移動させ、バランスを保つ必要がある。この運動は主に体幹の屈曲伸展動作により行われるが、妊娠中は腹部の重みにより当該動作中の腰部への負荷が増大し、これが腰痛に起因する。また、これらは脚部や体幹部の支持性が低いほど大きくなると考えられる。これに対し、本結果より、骨盤ベルトを装着し脊柱下部を内包する骨盤部の支持性が上がることで、体幹を過度に屈曲伸展させる

ことなく、上下方向の推進力により動作を行うことが可能になったと考える。これは、椅子の立ち座り時の腰部への負荷を軽減させることとなり、これが腰痛軽減へとつながる可能性がある。

(5) 結言

本研究では、骨盤ベルトの妊婦の動作への影響を検討するため、これまで困難であった動作中の脊柱の姿勢評価に関して、妊婦を対象にIMUを連結したシート状の装置を用いることによって動作解析を行った。この結果、骨盤ベルトを装着した場合には未装着の場合と比較して、椅子の立ち座り動作において脊柱部の屈曲伸展動作が小さくなり、体軸に対する上下運動により動作を行う様子が観察された。妊娠中は薬物投与や侵襲的な治療による積極的な治療が困難であることから、臨床現場では妊娠中の腰痛に対して骨盤ベルト着用が推奨されることが多い。しかし、骨盤ベルト使用による腰痛軽減のメカニズムを定量的に示した調査結果は国内外問わず少ないという現状がある。これに対して本研究は、デバイスを用いて客観的かつ定量的に骨盤ベルト使用による妊婦の身体運動的な変化を評価することによりそのメカニズムを調査した数少ない研究である。本研究結果を活用することで、妊婦が日常生活を行う上で骨盤ベルトを使用することにより腰部への負荷を軽減させることとなり、これが腰痛軽減へとつながる可能性がある。今後は対象者数を増やし、本研究結果の妥当性を検証するとともに、腰痛に関する調査を実施することにより、骨盤ベルトの動作への影響、ひいては腰痛との関連性を調査することが求められる。

<引用文献>

- 1) Close C et al., A Systematic Review Investigating the Effectiveness of Complementary and Alternative Medicine (CAM) for the Management of Low Back and/or Pelvic Pain (LBPP) in Pregnancy, J Adv Nurs, Vol.70, No.8, 2014, pp.1702-1706
- 2) Casagrande D et al., Low Back Pain and Pelvic Girdle Pain in Pregnancy, J Am Acad Orthop Surg, Vol.23, No.9, 2015, pp.539-549.
- 3) 森野佐芳梨 他、慣性センサを用いた妊婦の腰椎骨盤周囲痛に関連する体幹部の動作解析、日本機械学会論文集、査読有、Vol.84, No.859, 2018, pp.1-13
- 4) Morino S et al., Association of Lumbopelvic pain with pelvic alignment and gait pattern during pregnancy, J Womens Health, Issues Care, 査読有、Vol.6, No.2, 2017
- 5) Morino S et al., Estimating Co-Contraction Activation of Trunk Muscles Using a Novel Musculoskeletal Model for Pregnant Women, Applied Sciences, 査読有、Vol.7, No.10, 2017
- 6) C Kisner et al., [日本語版監修者]渡邊昌 他、最新 運動療法大全、産調出版株式会社、2008、p.801

表2 骨盤ベルトの有無による回旋角度の違い

動作	センサ	骨盤ベルト	骨盤ベルト	p 値
	番号	装着	未装着	
立上り	1	37.1 ± 7.9	43.2 ± 8.1	.037
	2	37.5 ± 9.3	44.9 ± 9.1	.018
	3	37.3 ± 10.2	45.3 ± 7.3	.023
	4	39.7 ± 11.9	46.6 ± 9.7	.020
	5	40.5 ± 8.4	46.9 ± 9.0	.038
	8	39.4 ± 7.6	47.9 ± 9.4	.018
	9	37.0 ± 12.1	44.8 ± 12.3	.041
	10	36.3 ± 8.7	42.9 ± 9.2	.037
	11	41.7 ± 4.8	44.8 ± 6.8	.023
	19	36.0 ± 10.4	39.5 ± 9.3	.033
着座	1	38.0 ± 6.7	43.7 ± 9.5	.003
	2	37.5 ± 8.5	44.7 ± 12.1	.023
	3	37.1 ± 9.4	43.7 ± 10.9	.024
	4	40.4 ± 11.1	46.1 ± 11.6	.035
	5	40.9 ± 7.5	47.5 ± 10.3	.026
	8	38.1 ± 7.3	45.9 ± 10.6	.008
	9	36.6 ± 10.4	44.1 ± 14.2	.034

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Xiang Ji, Morino S, Iijima H, Ishihara M, Kawagoe M, Umezaki F, Hatanaka H, Yamashita M, Tsuboyama T, Aoyama T.	4. 巻 44
2. 論文標題 The Association of Variations in Hip and Pelvic Geometry with Pregnancy-Related Sacroiliac Joint Pain Based on a Longitudinal Analysis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Spine (Phila Pa 1976)	6. 最初と最後の頁 E67-E73
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1097/BRS.0000000000002774	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 該当する

1. 著者名 Morino S, Ishihara M, Umezaki F, Hatanaka H, Yamashita M, Kawabe R, Aoyama T.	4. 巻 19
2. 論文標題 The effects of pelvic belt use on pelvic alignment during and after pregnancy: a prospective longitudinal cohort study	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 BMC Pregnancy and Childbirth	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s12884-019-2457-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 森野佐芳梨
2. 発表標題 妊娠期腰痛と椅子からの立ち上がりにおける脊柱起立筋活動との関連性
3. 学会等名 第6回日本運動器理学療法学会学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森野佐芳梨
2. 発表標題 妊婦筋骨格モデルによる妊婦の運動特性と腰痛との関連性調査の実践
3. 学会等名 LIFE2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森野佐芳梨
2. 発表標題 慣性センサによる筋活動推定を含めた妊婦の腰痛関連動作計測
3. 学会等名 Dynamics and Design Conference 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森野佐芳梨
2. 発表標題 Assessment of Motion and Muscle activation as risk factors of Low Back Pain during pregnancy by using musculoskeletal model
3. 学会等名 World Confederation for Physical Therapy Congress 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森野佐芳梨
2. 発表標題 慣性センサを用いた妊婦の脊柱の動作計測
3. 学会等名 Dynamics and Design Conference 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森野佐芳梨
2. 発表標題 慣性センサを用いた骨盤ベルト使用効果としての妊婦の脊柱姿勢の解析
3. 学会等名 LIFE2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森野佐芳梨
2. 発表標題 慣性センサを用いた妊婦の姿勢特性分類による動作不安定性スクリーニングの検討
3. 学会等名 MoViC2019
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