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姿勢解析

森野 佐芳梨^{*1,2}, 梅崎 文子^{*3}, 畑中 洋子^{*3}, 青山 朋樹^{*4}, 山下 守^{*3}, 高橋 正樹^{*5}

Analysis of the trunk motion for pregnant women with lumbopelvic pain using inertial measurement unit

Saori MORINO^{*1,2}, Fumiko UMEZAKI^{*1}, Hiroko HATANAKA^{*2},
Tomoki AOYAMA^{*4}, Mamoru YAMASHITA^{*1} and Masaki TAKAHASHI^{*5}

^{*1} Keio University, Graduate School of Science and Technology,
3-14-1 Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama 223-8522, Japan

Received 10 June 2016

Abstract

Many women undergo lumbopelvic pain (LPP) during pregnancy. The main factors for LPP are the physical stress related with change of posture and muscle relaxing around pelvis. Also it is thought that movement patterns during daily activity are associated with LPP. Therefore, this paper attempts to investigate the characteristic of movement patterns that have affect LPP during pregnancy. For this purpose, an experiment was conducted to measure standing up and sitting down of pregnant women using inertial sensor unit (IMU), which is simple device and is able to measure motions such as vibration or rotation quantitatively. Then movement evaluation parameters were calculated from measured data of lumbar angular velocity. As the movement evaluation parameters, Maximum peak, Minimum peak, Peak to peak (PP: Range between Maximum peak and Minimum peak), Time of PP, PP divided by Time of PP, Root mean square of each parameter, and each parameter divided by BMI were calculated during both of stand up and sit down for each of roll, pitch, and yaw angles. Finally, we consider whether there is any relevance between LPP and movement characteristics by comparing the movement evaluation parameters of LPP group with these of non-LPP group. As a result, it appears that Maximum peak, PP/Time of PP, Maximum peak/BMI, PP/BMI, (PP/Time of PP)/BMI of pitch angle have some relevance to LPP.

Key Words : Gyrosensor, Lumbopelvic pain, Motion analysis, Pregnancy, Standing up

1. 緒 言

妊娠期には、恥骨痛、仙腸関節痛、腰痛に代表される腰椎骨盤周囲の疼痛（LPP: lumbopelvic pain）が多く発生する (Casagrande D, et al., 2015). 例えば腰痛に着目すると、妊婦の約 45%に発症すると報告されており、妊婦のマイナーコンプリケーションの中でも高率にみられるものである (Wu WH, et al., 2004). さらに、25%の女性が産後においても継続して痛みを訴えており、腰痛は妊娠期に限られた一時的な問題ではなく、出産後も妊婦の Activity of Daily Living、Quality Of Life を損なう一因となっており、周産期のみならず社会復帰遅延の原因ともなる (Vermani E, et al., 2010). また、妊娠期には胎児への影響が危惧され、侵襲的な検査や薬剤投与等の積極的な治療が困難であることから、非侵襲的な検査や処置が求められている。したがって、妊娠に伴う腰痛の発生に関わる要因を明らかにし、母体への負担を最小限にした疼痛改善対策を行い、ひいては疼痛予防を行うことが重要である。

LPP の原因として、胎児成長にともなう体重増加とホルモンの作用による骨盤周辺の関節弛緩が挙げられる

^{*1} 慶應義塾大学大学院 理工学研究科 (〒223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1)

^{*2} 日本学術振興会 特別研究員

^{*3} 医療法人 葵鐘会

^{*4} 京都大学大学院 医学研究科 人間健康科学系専攻

^{*5} 正員, 慶應義塾大学 理工学部 システムデザイン工学科

E-mail: morino-s@keio.jp

(Kristiansson P, et al., 1996., Ostgaard HC, et al., 1993). 具体的には、妊娠に伴うこれらの身体的変化により、妊婦の動作中の関節や筋への身体的ストレスが増加し、これにより疼痛が誘発される。一般の腰痛患者を対象とした研究においても、日常生活動作様式の違いによる身体負荷が腰痛に影響を与えることも分かっており (Schaller A, et al., 2014), 妊婦においては妊娠期特有の身体変化と相まって、動作中の関節および筋肉等の軟部組織への負荷が増大しやすく、腰痛に代表される LPP が発症することが考えられる。しかし、妊婦において疼痛を誘発する動作に関する調査報告は少ない。

臨床において妊婦を対象とした疼痛改善目的の動作指導を実施するには、妊婦への負担を軽減するためにも、動作評価を定量的に実施でき、かつ評価時の動作に与える影響が最小限であるシステムの活用が求められている。現在の臨床現場では、セラピストが目視により動作評価を行うことが多く、その験者間信頼性や再現性が不明確な現状がある。そこで近年、簡易的計測方法である慣性センサを用いた動作評価が着目されている。慣性センサを用いた従来研究では直進歩行動作を対象としたものが多かったが、近年では立ち座りやターン動作といったさまざまな動作への応用検証が報告されている (Bolink SA, et al., 2012)。慣性センサを用いた動作計測は定量的な評価が可能であり、センサ設置時および計測時の手間や空間上の制約が少なく、小型かつ軽量であるために動作を制限することも少ないという利点をもつ。すなわち母体への負担が少ない方法であるため、妊婦を対象とした場合に有効な動作計測方法であると考えられる。

本研究では、LPP の原因となる関節弛緩があらわれる箇所である骨盤を内包する腰部および体幹の動作時の動特性に着目し、妊娠中に LPP を誘発する動作に関して調査し、その調査結果をもとに慣性センサを用いて LPP 誘発動作を定量評価し、LPP と LPP 誘発動作の動作特性について調査することを目的とする。

本論文は、2 章において妊婦を対象とした LPP を誘発する動作を選定した研究報告を行う。3 章では、2 章で報告した研究結果をもとに対象者と計測対象動作を選定し、実際に実施した動作解析の概要について説明する。4 章では評価に使用する動作評価指標の算出方法について説明する。5 章では妊婦の動作計測実験で得られたデータを用いて、LPP 有訴妊婦と無症状の妊婦の動作評価指標の統計比較を行い、LPP 有訴妊婦の動作特性について考察する。6 章では結言として、本研究で得られた結論を述べる。

2. 対象動作の選定

2・1 調査方法

疼痛誘発動作を選定するために、妊婦検診を受診する妊婦 274 名を対象として妊娠 12 週、24 週、30 週、36 週の計 4 回の調査研究を実施した。被験者の各時期の年齢、身長、体重を表 1 に示す。疼痛に関しては、LPP の代表的な 3 項目である腰痛、仙腸関節痛、恥骨痛のそれぞれについて、質問紙を用いて Numeric Rating Scale (NRS) にて痛みの程度を調査した。NRS は痛みを 0 から 10 の 11 段階に分け、痛みが全くない場合を 0、これまでの経験の中で最悪の痛みを 10 として痛みの点数を問う疼痛評価指標である (Williamson A, et al., 2005)。疼痛誘発動作に関しては、それぞれの痛みを誘発する動作を自由記述にて調査し、解析にはその中で特に訴えの多かった上位 10 項目を用いた。統計解析は、各痛みの程度を従属変数に、疼痛誘発動作の訴えの有無を独立変数に投入した重回帰分析にて、各疼痛に対する動作の影響度合いを検討した。統計学的有意水準は 5% ($p = 0.05$) とし、統計解析には SPSS Statistics 23 (IBM 社製) を使用した。

なお、本研究は京都大学医の倫理委員会の承認を得て実施し、調査に先立って被験者には研究の趣旨を十分に説明し、研究に参加することに同意を得た。

2・2 結果

調査時期ごとのそれぞれの疼痛発症率は表 1 に示したとおりである。重回帰分析の結果として回帰係数と信頼区間を表 2 に示す。なお、重回帰分析の結果については、有意差の認められたもののうち疼痛への影響度合いの大きい上位 3 項目を表記する。統計解析の結果、特に椅子からの立ち上がり、寝返り、起き上がり、歩行といったような日常生活において行われる動作が、疼痛発症に影響していることが分かった。特に、椅子からの立ち上がりに関しては、すべての疼痛において影響していることが示唆されたため、動作解析実験では椅子の立ち上がりに加え、座る動作も合わせて検討することとした。さらに、この調査研究により、妊娠 12 週から疼痛は発症し

Table 1 Demographic characteristics of subjects in research of activity related to LPP

	12 weeks of pregnancy	24 weeks of pregnancy	30 weeks of pregnancy	36 weeks of pregnancy
Age [years]	31.0 ± 4.4			
Height [cm]	158.4 ± 5.6			
Weight [kg]	52.8 ± 8.1	56.9 ± 7.9	59.7 ± 8.1	62.1 ± 7.9
Prevalence of low back pain [%]	59.1	73.5	72.9	73.5
Prevalence of pubic pain [%]	12.6	18.1	32.9	56.1
Prevalence of sacroiliac pain [%]	22.4	41.0	48.5	55.1

Values except for prevalence of each of the pains are shown as mean ± standard deviation.

Table 2 Results of multiple regression analysis

Pain	12 weeks of pregnancy			24 weeks of pregnancy		
	Independent variable	Regression coefficient	95% CI	Independent variable	Regression coefficient	95% CI
Low back pain	Stand up	0.279	1.72-4.48	Toss and turn	0.221	1.08-3.48
	Toss and turn	0.218	1.11-4.05	Sit up	0.204	0.68-2.74
	Crouching	0.181	1.19-5.25	Lying down	0.177	1.04-4.97
Pubic pain	Sit up	0.167	0.72-4.64	Stand up	0.510	3.35-5.25
				Sit up	0.161	0.85-4.47
				Stair climbing	0.125	0.72-6.43
Sacroiliac joint pain	Toss and turn	0.340	2.63-4.99	Stand up	0.409	2.99-4.84
	Walking	0.304	3.29-6.27	Toss and turn	0.379	3.14-5.09
	Stand up	0.269	1.95-4.08	Walking	0.267	1.99-3.99
Pain	30 weeks of pregnancy			36 weeks of pregnancy		
	Independent variable	Regression coefficient	95% CI	Independent variable	Regression coefficient	95% CI
Low back pain	Toss and turn	0.234	1.14-3.38	Toss and turn	0.342	1.89-3.76
	Stand up	0.217	0.98-3.22	Stand up	0.199	0.90-3.22
	Walking	0.165	1.64-8.78	Walking	0.166	0.59-3.27
Pubic pain	Sit up	0.370	2.90-5.21	Stand up	0.223	0.99-3.27
	Stand up	0.345	2.18-3.97	Walking	0.211	0.94-3.25
	Walking	0.182	0.96-3.20	Sit up	0.198	0.88-3.51
Sacroiliac joint pain	Sit up	0.383	2.79-4.71	Toss and turn	0.363	2.47-4.43
	Walking	0.326	3.00-5.48	Stand up	0.280	1.73-3.74
	Stand up	0.195	1.02-3.03	Walking	0.183	0.98-3.50

CI: confidence interval

ており、椅子からの立ち上がり動作がすでに疼痛誘発に影響していることが示されたため、対象者を妊娠 12 週以降の妊婦とした。

Table 3 Demographic characteristics of subjects in motion analysis research

Subjects	Number of people	Age [years]	Weeks of pregnancy	Height [cm]	Weight [kg]
All	22	31.2 ± 4.6	27.4 ± 9.2	158.0 ± 5.7	56.0 ± 5.8
LPP during stand up	4	32.3 ± 1.7	25.5 ± 9.7	157.5 ± 3.0	55.6 ± 3.4
Non LPP during stand up	18	31.0 ± 5.0	27.8 ± 9.4	158.1 ± 6.2	56.1 ± 6.2

Values except for prevalence of each of the pains are shown as mean ± standard deviation.

3. 動作解析実験

3・1 被験者

検診目的で産科婦人科クリニックを受診した妊婦 22 名を対象とした。除外基準は妊娠 12 週未満の妊婦、動作計測に影響を与えるような外傷あるいは損傷のある者とした。被験者の年齢、妊娠週数、身長、体重を表 3 に示す。実験に先立って当該研究実施施設の倫理委員会の承認を得たうえで、被験者には研究の趣旨を十分に説明し、実験に参加することに同意を得た。また、被験者に椅子の立ち上がり動作にて LPP（腰痛、恥骨痛、仙腸関節痛のいずれか）が誘発されるかどうかの聴取を行ったところ、LPP が誘発されると回答した人数は 4 人（18.2%）、誘発されないと答えた人数は 18 人（81.8%）であった。

3・2 計測方法

妊婦における椅子の立ち座り動作のどのような特徴が LPP 誘発に影響するかを検討するために、装着が容易で軽量であり、比較的動作を制限しない小型の慣性センサを用いて、椅子の立ち座り動作を計測する臨床実験を行った。本実験では図 1 に示す 3 軸の加速度センサとジャイロセンサを組み合わせた慣性センサユニット（IMU: Inertial measurement unit, TSND121, ATR-Promotions Co., Ltd., Kyoto, Japan）を、図 2 に示すように被験者の第三腰椎棘突起部（L3）に IMU をベルトで装着した。なお、L3 は体幹の重心位置とされる部位であり、L3 における加速度や角速度を取得することで、骨盤や体幹の振動や回転運動を取得することができるため、動作解析の装着箇所として一般的である。センサのサンプリング周期は 5 msec とした。動作解析環境としては、図 3 のように座面までの高さ 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た。椅子の前方での立位状態を計測開始肢位とし、スタートの合図とともに被験者は椅子への着座動作を開始し、着座後、約 1 秒間の動作停止の後に椅子からの立ち上がり動作を行った。被験者ごとに、着座動作、立ち上がり動作をそれぞれ 2 回ずつ実施した。その間、動作中の体幹の角速度をそれぞれジャイロセンサによって計測した。さらに、その様子を被験者の背後および側方からビデオカメラで撮影した。計測実験中は理学療法士の有資格者が被験者のそばに控え、リスク管理を行った。

3・3 計測データの処理方法

被験者に装着した IMU から得られる角速度データを使用し、解析を行った。ここで、本研究における座標の定義を図 4 に示す。被験者から見た前方方向を x 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、被験者の左右方向の運動評価指標（主に体幹の側屈運動の指標）としてロールの角速度、前後方向の動作評価指標（主に体幹の屈曲伸展運動の指標）としてピッチの角速度、体軸回りの動作評価指標（主に体幹の回旋運動の指標）としてヨーの角速度データを使用した。

IMU
(TSND121, ATR-Promotions Co., Ltd., Kyoto, Japan)
Fig. 1 Appearance of sensors

Fig. 2 Experimental setting

Fig. 3 Experimental situation

Fig. 4 Coordinate system

椅子の立ち座り動作においては、先行研究でも用いられているように (Weiss A, et al., 2013), ピッチ方向の角速度データが規則的で動作の同定が容易であるため、初めにピッチ方向の波形をもとに着座動作および立ち上がり動作の同定を行った。動作中のピッチおよびヨー方向の角速度の時刻歴応答を図 5 に示す。通常、椅子への着座動作および立ち上がり動作ともに、ピッチ方向へのプラスの傾きから開始し、その後マイナスの傾きへと移行する。これより、ピッチ方向のプラスおよびマイナス方向のピーク値を検出し、その前後における動作停止期への移行点を検出することで各動作の開始および終了時点を推定した。さらに、この時点をロールおよびヨー方向の波形にも適用することで、各動作中の評価指標を算出した。

4. 椅子の立ち座り動作評価指標

ジャイロセンサによって計測した動作中の腰部の角速度については、統一的な評価指標は確立されていない。本研究では、図 5 に示すように、IMU によって取得した被験者の腰部の角速度を用いて各 3 方向の動作中のピークをプラス方向 (Maximum peak) およびマイナス方向 (Minimum peak) にて検出した後に、プラス方向のピーク

値とマイナス方向のピーク値の差 (PP: Peak to peak) を算出した。次に, Maximum peak から Minimum peak までの時間を検出し (Time of PP), PP を Time of PP で除した指標 (PP/Time of PP) を算出した。さらに, 波形データの実効値を表す際に使用される二乗平均平方根 (RMS: root mean square) を動作中の各方向の角速度データ $a(t)$ ごとに次式より算出した。

$$a_{RMS} = \left(\frac{\int_{t_1}^{t_n} a(t)^2 dt}{t_n - t_1} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

また, 妊娠中は体重変動が起こることが特徴であり, 動作評価指標における体型の考慮が必要と考えられるため, 上記の 5 つの指標 (Maximum peak, Minimum peak, PP, PP/Time of PP, RMS) を Body mass index (BMI) で除した値を算出した。BMI とは体重 (kg) を身長 (m) の二乗値で除した値であり, 身長と体重の値から肥満度を判定する指数である (奈良他, 2010)。

Fig. 5 Time histories and index of pitch and yaw angular velocity.

5. LPP と椅子の立ち座り動作評価指標との関連性の評価

5・1 評価方法

椅子の立ち座り計測実験の結果より算出した動作評価指標を用いて LPP と立ち座り動作との関連性を検討するため、椅子の立ち上がり動作による LPP 誘発有無のアンケート調査の結果を用いて統計解析を行い、立ち座り動作特性を評価する。本研究ではどのような動作特性について LPP 有訴妊婦と無症状の妊婦との間に差異があるかを傾向として把握するため、被験者を椅子からの立ち上がり動作によって LPP が誘発されるか否かによって 2 群に分け、各動作評価指標についてグループごとの平均値の比較を行った。比較方法として対応の無い t 検定を用いた。統計学的有意水準は 5% ($p = 0.05$) とし、解析には SPSS Statistics 23 (IBM 社製) を使用した。

5・2 統計解析結果

グループごとの各動作評価指標の平均値と有意確率 (p 値) を表 4 に示す。検定の結果、立ち上がり時のピッチ方向の角速度の Maximum peak, PP/Time of PP, Maximum peak/BMI, PP/BMI, (PP/Time of PP) /BMI の 5 指標において LPP 有訴妊婦と無症状の妊婦のグループごとの平均値に有意な差が認められた。値の特徴としては、LPP 有訴妊婦の方において無症状の妊婦と比較するとすべての指標が大きくなっていた。立ち上がり時のピッチ方向の PP に関しては、上記の 5 指標同様 LPP 有訴妊婦において大きくなる傾向がみられたが、有意な差は認められなかった ($p = 0.054$)。Time of PP および RMS に関しては、どの項目においても有意な結果は得られなかった。さらに、着座動作に着目しても、有意な結果は得られなかった。

5.3 考察

本研究における、妊婦を対象とした椅子の立ち座り計測実験データより算出した動作評価指標において LPP 有訴妊婦と無症状の妊婦との間に平均値の有意な差が認められたのは、立ち上がり動作時の体幹の前後方向への屈曲伸展運動を示すピッチ方向における Maximum peak, PP/Time of PP, Maximum peak/BMI, PP/BMI, (PP/Time of PP)/BMI の 5 指標であった。どの指標においても、椅子の立ち上がり動作によって LPP が誘発されると回答した妊婦の方が、そうでない妊婦よりも大きい値を示していた。

3 方向の角速度を検証した中で、ロール、ヨー方向には有意な結果が得られなかったことから、立ち上がり動作時にはピッチ方向、つまり体幹の前後方向への屈曲伸展動作が LPP へ影響を与えていることが示唆された。妊娠すると胎児成長に伴う腹部の膨らみにより、重心の前方移動が起こり、主に前後方向での姿勢や動作の安定性の低下が起こる (Lymbery JK, et al., 2005)。これにより、ピッチ方向の動作戦略の差異が身体ストレスにつながった可能性が考えられる。また、本研究では椅子からの立ち上がりと同様の動作遂行能力が要求される着座動作についても同時に検討したが、有意な結果は得られなかった。これについては、群分けにおいて椅子からの立ち上がりによる LPP 誘発の有無を基準にしていたためとも考えられるが、疼痛誘発動作の選定研究においても立ち上がりの訴えは多かったものの、着座動作に関する不定愁訴はほとんど聞かれなかったこともあり、そもそも LPP への影響は小さい動作であったとも考えられる。今後は、このように、不定愁訴の多い動作に加えてその動作と類似した動作も検討することで、より有効に LPP 改善を目指すために指導すべき動作の選定基準を作成することも重要と考えられる。

Maximum peak については、椅子からの立ち上がり時に体幹を前方に移行させる動作の最大速度を表している。つまり、LPP 有訴妊婦においてこの値が大きかったことで、立ち上がり時に勢いよく前方へ体幹を傾斜させる動作特性により、骨盤周囲へ大きな負荷がかかり、これが LPP 誘発に関与していることが考えられる。妊娠中は、体幹部の屈曲動作が制限されるため (Gilleard W, et al., 2002)、特に立ち上がりに必要な前方移動を得るために体幹の前方移動速度を増加させる戦略を選択する可能性があり、本結果からも、妊婦において Maximum peak への着目が重要であることが分かる。PP に関しては、有意な結果は確認されなかったものの同様の傾向が確認されたことから、前方への傾斜最大速度から後方への傾斜最大速度への移行度合いも LPP に関与する可能性が考えられる。これに対して、Time of PP を考慮することで有意な結果が得られたことから、単に動作速度の変化の程度を確認するのではなく、それに要する時間を考慮することが重要であることが示唆された。さらに、同様に、PP の値に体型を表す変数である BMI を投入することでも有意な結果が得られたことから、動作にかけられた時間と同様に、

Table 4 Difference of parameters according to the presence of lumbopelvic pain during stand up

	axis	Stand to sit			Sit to stand		
		LPP	Non-LPP	<i>p</i> -value	LPP	Non-LPP	<i>p</i> -value
Maximum peak [deg/s]	<i>x</i>	12.59 ± 5.81	12.25 ± 4.29	.894	9.74 ± 1.84	8.58 ± 2.70	.424
	<i>y</i>	41.03 ± 7.81	44.72 ± 12.26	.575	99.88 ± 1.95	73.23 ± 15.83	.004
	<i>z</i>	14.94 ± 5.53	15.76 ± 6.09	.807	11.79 ± 5.01	9.98 ± 4.30	.466
Minimum peak [deg/s]	<i>x</i>	-13.87 ± 6.82	-12.14 ± 5.03	.565	-11.48 ± 2.88	-8.67 ± 4.56	.256
	<i>y</i>	-77.56 ± 9.04	-71.13 ± 14.22	.401	-34.40 ± 4.39	-37.01 ± 11.05	.653
	<i>z</i>	-17.26 ± 1.87	-15.44 ± 5.44	.268	-13.97 ± 6.22	-11.58 ± 4.47	.375
PP [deg/s]	<i>x</i>	26.46 ± 12.28	24.39 ± 8.48	.687	21.23 ± 2.10	17.25 ± 6.16	.224
	<i>y</i>	118.59 ± 8.35	115.85 ± 21.61	.808	134.28 ± 5.29	110.24 ± 22.90	.054
	<i>z</i>	32.20 ± 5.83	31.20 ± 9.98	.850	28.87 ± 8.89	23.55 ± 7.02	.204
Time of PP [s]	<i>x</i>	0.60 ± 0.001	0.59 ± 0.003	.938	0.68 ± 0.30	0.90 ± 0.79	.600
	<i>y</i>	0.83 ± 0.001	1.07 ± 0.01	.483	0.67 ± 0.05	1.03 ± 1.02	.507
	<i>z</i>	0.48 ± 0.001	0.58 ± 0.003	.443	0.50 ± 0.24	0.69 ± 0.56	.522
PP / Time of PP [deg/s/s]	<i>x</i>	58.65 ± 28.25	58.03 ± 39.31	.977	46.21 ± 25.17	31.24 ± 0.24	.282
	<i>y</i>	162.61 ± 37.57	128.20 ± 45.12	.173	203.40 ± 8.20	157.34 ± 70.67	.015
	<i>z</i>	84.20 ± 18.37	82.19 ± 62.53	.951	74.08 ± 25.26	56.28 ± 0.43	.437
RMS	<i>x</i>	5.37 ± 2.71	4.37 ± 1.53	.314	3.53 ± 0.83	3.18 ± 0.12	.591
	<i>y</i>	29.16 ± 4.49	25.05 ± 5.91	.208	28.16 ± 6.89	22.31 ± 0.64	.120
	<i>z</i>	6.72 ± 1.00	6.00 ± 2.87	.632	4.63 ± 1.75	5.01 ± 0.37	.843
Maximum peak / BMI [deg/s/(kg/m ²)]	<i>x</i>	0.56 ± 0.27	0.54 ± 0.16	.810	0.43 ± 0.07	0.38 ± 0.13	.466
	<i>y</i>	1.83 ± 0.34	2.01 ± 0.56	.558	4.46 ± 0.16	3.31 ± 0.86	.000
	<i>z</i>	0.66 ± 0.23	0.70 ± 0.25	.806	0.53 ± 0.24	0.45 ± 0.20	.481
Minimum peak / BMI [deg/s/(kg/m ²)]	<i>x</i>	-0.62 ± 0.31	-0.53 ± 0.20	.482	-0.51 ± 0.14	-0.39 ± 0.20	.242
	<i>y</i>	-3.47 ± 0.49	-3.18 ± 0.61	.392	-1.53 ± 0.16	-1.67 ± 0.54	.371
	<i>z</i>	-0.77 ± 0.10	-0.69 ± 0.25	.539	-0.63 ± 0.28	-0.52 ± 0.19	.359
PP / BMI [deg/s/(kg/m ²)]	<i>x</i>	1.18 ± 0.57	1.07 ± 0.31	.582	0.95 ± 0.10	0.77 ± 0.28	.230
	<i>y</i>	5.30 ± 0.48	5.19 ± 0.96	.824	5.99 ± 0.19	4.98 ± 1.26	.004
	<i>z</i>	1.43 ± 0.23	1.39 ± 0.42	.830	1.29 ± 0.42	1.05 ± 0.33	.225
(PP / Time of PP) / BMI [(deg/s ²) / (kg/m ²)]	<i>x</i>	2.62 ± 1.28	2.59 ± 1.81	.976	2.04 ± 0.11	1.42 ± 0.12	.353
	<i>y</i>	7.27 ± 1.70	5.72 ± 1.97	.164	9.08 ± 0.33	7.15 ± 0.36	.038
	<i>z</i>	3.78 ± 0.92	3.66 ± 2.86	.938	3.32 ± 0.12	2.48 ± 0.17	.373
RMS / BMI	<i>x</i>	0.24 ± 0.12	0.19 ± 0.06	.248	0.16 ± 0.04	0.14 ± 0.05	.522
	<i>y</i>	1.31 ± 0.22	1.13 ± 0.29	.263	1.26 ± 0.31	1.01 ± 0.33	.182
	<i>z</i>	0.30 ± 0.04	0.27 ± 0.13	.620	0.21 ± 0.08	0.22 ± 0.14	.886

Values are shown as mean ± standard deviation.

LPP: Lumbopelvic pain during stand up, Non-LPP: Non-Lumbopelvic pain during stand up.

PP: Range between Maximum peak and Minimum peak, RMS: Root mean square, BMI: Body mass index.

体格という個人因子も考慮することが必要であると考えられる。具体的には、所要時間については、PP 値よりも、所要時間で除した指標にて両群の差が大きくなったことから、LPP 有訴妊婦においては、前方傾斜の最大速度から後方傾斜の最大速度への移行の程度が大きかったことに加え、そこに要する時間が小さかったことが考えられ、より短時間に大きな変化が生じるような動作戦略をとっており、これが LPP 誘発に関与していたことが考えられる。これにより、たとえ立ち上がり動作時にある程度の最大速度の差が必要であったとしても、そこにかける時間を工夫することで、LPP の誘発を軽減できる可能性が示された。次に、体型に関しては、所要時間と同様に前後方向の最大速度間の変位が大きかったことに加え、体型が小さいことが LPP 誘発に関与している可能性が示された。これに関しては、本研究では妊娠週数やそれに伴う体型変化に関する情報が不十分であるため、今後は妊娠期に特有の体型変化に関する情報も聴取しながらの対応が求められることが考えられる。いずれにせよ、PP のみでは確認されなかった LPP 有訴妊婦と無症状の妊婦における差異が、所要時間および体型を考慮することで確認されたことより、臨床応用の際には所要時間にも着目し、体型という個人因子の聴取も重要であることが示唆された。

6. 結 言

本研究は、まず、妊婦を対象とした大規模調査により、妊娠中の LPP 発症に影響する動作およびその動作の影響度合いを調査した。その結果、日常生活において遂行される動作が LPP 発症に寄与しており、なかでも椅子からの立ち上がり動作が妊娠期および疼痛の種類に関わらず疼痛発症に寄与していることが示唆された。

次に、動作の簡易的計測方法である慣性センサを用いて、妊婦を対象とした腰部における回転運動に着目して椅子の立ち座り動作と LPP との関連性を調査した。妊婦の動作特性を取得するため、慣性センサを用いて椅子への着座および椅子からの立ち上がり動作時の腰部の角速度を計測する実験を行った。この実験から得た角速度について解析を行い、比較的規則的な波形を示すピッチ方向の角速度により動作の実施期間を同定したうえで、椅子の立ち座り動作の特徴を示すと考えられる指標 (Maximum peak, Minimum peak, PP, Time of PP, PP/Time of PP, RMS) に加え、体型を考慮するために各指標を BMI で除した指標を算出した。最後に、算出した各指標について、被験者を椅子からの立ち上がり動作により LPP が誘発されるか否かによって 2 群に群分けし、 t 検定を用いてそれぞれの平均値を比較した。検定の結果、椅子からの立ち上がり動作時のピッチ方向における Maximum peak, PP/Time of PP, Maximum peak/BMI, PP/BMI, (PP/Time of PP) /BMI について LPP 有訴妊婦と無症状の妊婦との間に有意な差が認められた。これより、椅子からの立ち上がり動作時にはピッチ方向において動作が大きいことが LPP 発症に寄与していることが考えられ、これらの動作評価時には角速度の最大値のみならず、動作転換における所要時間や体型を考慮に入れることが有効であることを確認した。

本研究は横断研究であり、実際に動作を指導、変更した際の LPP への影響を見るまでには至っていない。また、妊娠中は妊娠経過とともに生じる体型変化に伴い動作様式が変わることが報告されているが、本研究では妊娠初期段階から妊娠後期に至るまでの幅広い月齢期の妊婦が対象となっており、妊娠時期による動作特性の検証はできていない。そこで今後は、本研究の結果を踏まえ、妊娠週数の違いによる動作特性の検討も行いながら、実際の動作指導による LPP 改善効果の検証を行う必要がある。

謝 辞

本研究の一部は JSPS 科研費 JP15J07748 の助成および競輪の補助 (28-143) を受けたものであることを記し、謝意を表す。

文 献

- Bolink, S.A., van Laarhoven, S.N., Lipperts, M., Heyligers, I.C., Grimm, B., Inertial sensor motion analysis of gait, sit-stand transfers and step-up transfers: differentiating knee patients from healthy controls, Vol. 33, No. 11 (2012), pp. 1947-58.
- Casagrande, D., Gugala, Z., Clark, SM., Lindsey, RW., Low Back Pain and Pelvic Girdle Pain in Pregnancy. J Am Acad Orthop Surg, Vol. 23, No. 9 (2015), pp.539-49.

- Gilleard, W., Crosbie, J., Smith, R., Effect of pregnancy on trunk range of motion when sitting and standing. *Acta Obstet Gynecol Scand*, Vol. 81, No. 11 (2002), pp. 1011-20.
- Kristiansson, P., Svardsudd, K., von Schoultz, B., Serum relaxin, symphyseal pain, and back pain during pregnancy. *American journal of obstetrics and gynecology*. United States, Vol. 175, No. 5 (1996), pp.1342-7.
- Lymbery, J.K., Gilleard, W., The stance phase of walking during late pregnancy: temporospatial and ground reaction force variables. *J Am Podiatr Med Assoc*, Vol. 95, No. 3 (2005), pp. 247-53.
- 奈良勲, 内山靖, 図解理学療法検査・測定ガイド 第2版, 文光堂 (2009), pp.129
- Ostgaard, H.C., Andersson, G.B., Schultz, A.B., Miller, J.A., Influence of some biomechanical factors on low-back pain in pregnancy. *Spine (Phila Pa 1976)* Vol. 18, No. 1 (1993), pp.61-5.
- Schaller, A., Froboese, I., Movement coaching: study protocol of a randomized controlled trial evaluating effects on physical activity and participation in low back pain patients. *BMC Musculoskelet Disord*. England, Vol. 15, No. 391 (2014), pp.2-6.
- Vermani, E., Mittal, R., Weeks, A., Pelvic girdle pain and low back pain in pregnancy: a review. *Pain Pract*. United States, Vol. 10, No. 1 (2010), pp.60-71.
- Weiss, A., Mirelman, A., Buchman, A.S., Bennett, D.A., Hausdorff, J.M., Using a Body-Fixed Sensor to Identify Subclinical Gait Difficulties in Older Adults with IADL Disability: Maximizing the Output of the Timed Up and Go. *Plos One* Vol. 8, No. 7 (2013), pp.1-8.
- Williamson, A., Hoggart, B., Pain: a review of three commonly used pain rating scales. *J Clin Nurs*, Vol. 14, No. 7 (2005), pp. 798-804.
- Wu, W.H, Meijer, O.G, Uegaki, K, Mens JM, van Dieën, J.H., Wuisman, P.I., Ostgaard, H.C., Pregnancy-related pelvic girdle pain (PPP), I: Terminology, clinical presentation, and prevalence. *Eur Spine J*, Vol. 13, No. 7 (2004), pp.575-89.