

身体特徴の影響を考慮した着座負担低減シートの検討

Study of Seat for Reduction of Stress of Sitting with Consideration of Influence of Physical Characteristics

太田 誠¹
Makoto OHTA

平山 健太¹
Kenta HIRAYAMA

櫻井 篤実¹
Atsumi SAKURAI

要 旨

自動車での長時間走行による乗員の負担を低減するため、着座負担を感じやすい身体特徴を有する人を対象に、腰、骨盤部の姿勢および支持方法について検討した。実験参加者に支持量の異なるシートに着座してもらい、着座負担を主観的に評価するとともに、生理指標を測定した。主観評価には Visual Analog Scale を用いた。筋負担の測定では、従来の筋電図に加え、超音波診断装置を用いた深層状態の調査もおこなった。脊柱形状の測定にはスパイナルマウスを用いた。その結果、第3腰椎から第3仙椎までを適正に支持することにより、腰椎下部、および、肩部に負担を感じやすい身体特徴を有する人であっても、着座負担を低減できることがわかった。また、着座負担が小さい方が、骨盤の後傾、腰椎の後弯の両方を抑制できていること、肩部の負担が大きい方が、肩部の深層筋肉が硬化していることがわかった。

ABSTRACT

Targeting individuals with physical characteristics that make them prone to experience a stress associated with sitting, the research discussed in this paper studied postures and methods of support for the lumbar and pelvic areas that would reduce the stress experienced by vehicle occupants during long periods of driving. Test subjects were asked to sit in seats offering different levels of support. In addition to a subjective evaluation of the stress associated with sitting, physiological indicators were measured. A Visual Analog Scale was employed for the subjective evaluation. For the measurement of muscular stress, in addition to conventional electromyograms, muscles in the deep layer were studied using an ultrasonic diagnostic device. A spinal mouse was employed to measure the shapes of test subjects' spines. The results indicated that the provision of adequate support from the 3rd lumbar vertebra to the 3rd sacral vertebra reduces the stress associated with sitting even in individuals with physical characteristics that make them prone to experience a stress in the lower lumbar or shoulder area. In addition, it was found that reduction of the stress associated with sitting made it possible to control both retroversion of the pelvis and kyphosis of the lumbar area. It was also determined that individuals who experience a greater stress in the shoulder area are experiencing a stiffening of the muscles in the deep layer of the shoulders.

1. まえがき

自動車での長時間走行により、乗員には精神的な負担、肉体的な負担が生じる。精神的な負担には、環境や運転に伴う緊張や不安によるものがある。肉体的な負担には、姿勢維持と身体圧迫によるものがある。姿勢維持のために筋肉が使われ、着座により神経が圧迫され、血流も低下する。これらにより、身体の各部位にはハリ、しびれ、痛みなどの症状が現れると考えられている。

着座負担を低減する姿勢の考え方については、無重力状態での中立姿勢に近い状態にして背筋活動を低減する⁽¹⁾、脊椎をS字カーブにして椎間板にかかる圧力を低減する⁽²⁾、などが提案されている。

姿勢の保持の仕方については、支持強さの違和感を低減するための腰と骨盤の複合支持⁽³⁾、骨盤の後傾と腰椎の後弯の両方を抑制するための第3腰椎から第3仙椎の支持⁽⁴⁾などが提案されている。

また、血流低下の改善のため、時間経過により第3、第4腰椎付近の支持量を変えたり⁽⁵⁾、大腿部の支え方を変えようとする取り組み⁽⁶⁾もある。

一方で、骨と筋肉の長さや筋力には個人差があるため、着座時の快適な首の角度や骨盤と大腿の相対角度に違いがあるとする研究⁽⁷⁾、脊柱の湾曲具合の個人差によって、着座時の腰椎下部、肩部の負担に違いが生じるとする研究⁽⁸⁾など、個人差に関する研究もある。

個人の身体特徴に応じた着座姿勢にすることで、着座負

¹ オートモビルセンター

担の低減が期待できるが、姿勢保持に重要な腰や骨盤部については、姿勢や支持方法がよくわかっていない。

本研究では、より多くの人の着座負担を低減するために、先行研究⁽⁸⁾を参考に、着座負担を感じやすい身体特徴を有する人を選定し、腰、骨盤部の姿勢および支持方法について検討した。

2. 着座負担を感じやすい人の選定

2.1. 脊柱形状の測定方法

実験参加者は、社内公募にて集めた成人男性 15 名とした。背もたれの無い椅子に座った際の脊柱形状を測定し、着座負担を感じやすい身体特徴を有する人を選定した。測定には、操作が簡便なスパイナルマウス（インデックス社製）を用いた。実験参加者には、背中、腹の力を抜くこと、頭部は正面を向き、視線を水平にすることを教示した。

スパイナルマウスは、装置のトラッキングホイールを第 7 頸椎から第 3 仙椎までの棘突起上に当て、頭側から骨盤側へ移動させることにより、脊柱の各椎骨の相対角度を測定できる。

脊柱形状の定義を Fig. 1 に示す。ThSp は胸椎全体の丸まり具合を示し、第 7 頸椎から第 12 胸椎までの隣り合う椎骨のなす角の合計値とした。LSp は腰椎全体の丸まり具合を示し、第 12 胸椎から第 1 仙椎までの隣り合う椎骨のなす角の合計値とした。LLSp は腰椎下部の丸まり具合を示し、第 3 腰椎から第 1 仙椎までの隣り合う椎骨のなす角の合計値とした。L5-S1 は、腰椎下部の局所的な屈曲具合を示し、第 5 腰椎と第 1 仙椎とのなす角とした。それぞれ、後弯方向を正、前弯方向を負で表記した。

Incl は上体の傾斜を示し、第 1 胸椎と第 1 仙椎を結ぶ線と鉛直線とのなす角とした。Sac は骨盤の傾斜を示し、第 1 仙椎と第 3 仙椎を結ぶ線と鉛直線とのなす角とした。それぞれ鉛直線に対して後傾を正、前傾を負で表記した。

なお、本実験は株式会社本田技術研究所生命倫理委員会の承認を得ておこなった。事前に実験責任者から口頭およ

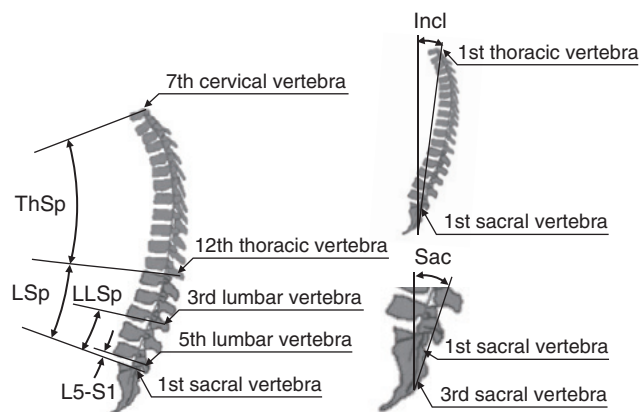


Fig. 1 Definition of spine shape

び書面で本研究の目的、内容、参加者の権利を十分に説明し、書面にて参加の同意を得た。

2.2. 実験参加者の選定の仕方

先行研究⁽⁸⁾では、背もたれの無い椅子に着座したときに、腰椎下部の丸まりが大きい人は、腰椎下部に負担を感じやすい傾向にあり、一方、腰椎下部が丸まり、さらに胸椎の丸まりが大きい人は、肩部に負担を感じやすい傾向にあることが報告されている。

そこで本実験では、Fig. 2 に示すように、背もたれの無い椅子に着座したときの LLSp が平均値以上の人を腰椎下部に負担を感じやすい身体特徴を有する人（以下、腰椎下部負担群）、LLSp が正、かつ、ThSp が平均値以上の人を肩部に負担を感じやすい身体特徴を有する人（以下、肩部負担群）と定めた。

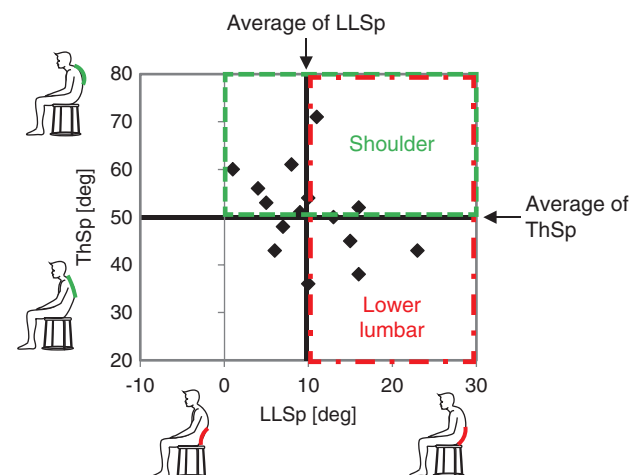


Fig. 2 Selection of test subjects prone to experiencing stress from sitting

3. 主観評価による負担低減支持方法の検討

3.1. 負担の測定方法

着座負担を低減する腰、骨盤部の支持方法を検討するため、選定した腰椎下部負担群、肩部負担群を対象に、実験シートに着座した際の負担を主観評価した。Fig. 3 に示す実験シートは、平らなフレームの上に、着座姿勢に影響しない程度の硬さのウレタンを敷いた簡素な構造で、背もたれ中央部には、測定器との干渉を避けるためのスリットが設けてある。

実験参加者には、Fig. 4 に示すような、第 3 腰椎から第 3 仙椎にかけて、ウレタンとフレームの間に硬質ウレタンを挟まない条件（以下、支持なし条件）、第 3 腰椎から第 3 仙椎にかけて 30 mm 厚の硬質ウレタンを挟む条件（以下、支持あり条件）に、それぞれ 30 分間着座してもらった。

順序効果をなくすため、着座するシートの順番はランダ

ムとし、負担の無い状態で着座を開始してもらった。

シートに対する臀部の前後位置を条件間で同じくするため、支持あり条件で深く腰掛けた時の臀部の位置を基準とし、支持なし条件でもその位置に合わせて着座してもらった。また、実験参加者間で肘の角度、大腿の角度を同じくするため、ステアリング治具および足置き治具の前後位置を調整した。

実験参加者には、背中、腹の力を抜き、ステアリングを軽く握った状態を維持すること、頭部は正面を向き、視線を水平にすることを教示した。

測定には、直感的に評価でき、かつ、アナログ量で分析しやすい Visual Analog Scale (VAS) を用いた。VAS は 100 mm の線を引き、その左端を全く感じない状態、右端を想像できる最大限の強さとしたときに、現在の状態をスケール上に線を引いて示す方法である。

3.2. 負担の解析方法

VAS の左端と着座 30 分後に引いた線との距離を負担の大きさとした。

シートによる腰椎下部、および、肩部の負担への影響を調べるため、支持条件を要因とする一元配置の分散分析(反復測定)をおこなった。分析には統計パッケージ SPSS Statistics 24 (IBM 社製)を用い、有意水準は 5% とした。

3.3. 腰椎下部における負担の解析結果

腰椎下部負担群について、支持なし条件と支持あり条件で着座してもらった時の主観評価結果を Fig. 5 に示す。

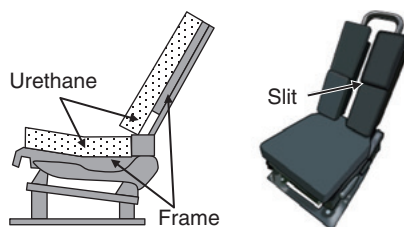


Fig. 3 Experimental seat

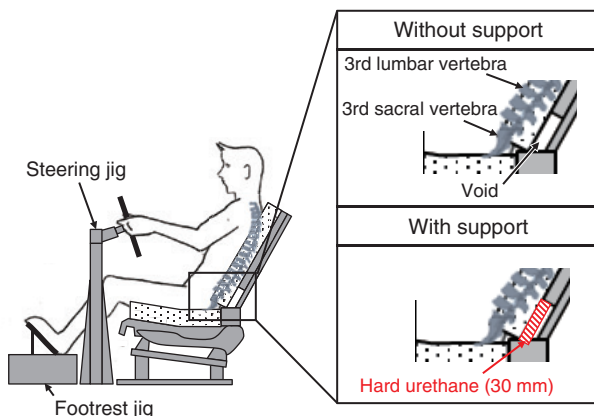


Fig. 4 Condition of experimental seat

支持なし条件に比べ、支持あり条件の方が、着座に伴う腰椎下部の負担は有意に小さかった。

3.4. 肩部における負担の解析結果

肩部負担群について、支持なし条件と支持あり条件で着座してもらった時の主観評価結果を Fig. 6 に示す。

支持なし条件に比べ、支持あり条件の方が、着座に伴う肩部の負担は有意に小さかった。

3.5. 負担低減支持方法のまとめ

第3腰椎から第3仙椎までを適正に支持することにより、腰椎下部、および、肩部に負担を感じやすい身体特徴を有する人であっても、着座負担を低減できることがわかった。

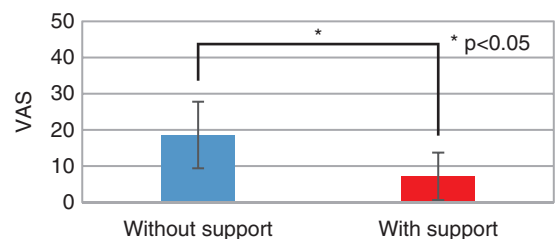


Fig. 5 Subjective evaluations for lower lumbar area

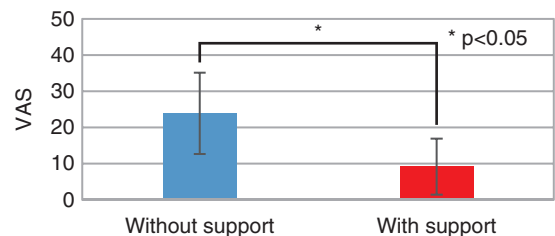


Fig. 6 Subjective evaluations for shoulder area

4. 生理計測による着座負担の原因調査

3章で述べた着座負担には、姿勢維持によるものと身体圧迫によるものが含まれる。負担が現れた腰椎下部は、実験シートのスリット部に位置するため、シートによって圧迫されにくい。

また、肩部は、実験シートの上端部に位置し、腰や骨盤部と比較すると、圧迫されにくい部位であるため、今回現れた負担は姿勢維持による筋疲労と考え、生理指標を用いて筋肉の負担を評価した。着座条件は3章と同様とした。

4.1. 生理指標の測定方法

筋負担の評価には、一般的に筋電図 (EMG) が用いられるため、本実験でも、筋電計 (NeXus, キッセイコムテック

社製)を用いて筋負担を評価した。

一般的に、筋負担の蓄積により、筋肉組織が硬化するとされている。そこで、本実験では筋肉の硬さも評価した。測定には、筋肉組織の硬さ(筋ひずみ)を画像化できるエラストグラフィ⁽⁹⁾機能を有する超音波診断装置(JS2, メディケア社製)を用いた。

筋ひずみ測定では、実験参加者の背中に超音波診断装置のプロブを押し付ける必要があるため、実験シートに着座している間は測定できない。そこで、実験シート着座前後に、横に準備した背もたれの無い椅子に移動してもらい、筋ひずみを測定することにした。椅子に移動してもらう際には筋肉がほぐれないよう、不要な動きをしないこと、着座時は脱力し、無理に頭を持ち上げないことを教示した。

筋肉の構造上、着座負担は脊柱に対して左右対称に起こるものと考え、脊柱に対して対称の位置で筋電図および筋ひずみを測定した。高さ方向の測定位置は、腰椎下部の負担が現れた第5腰椎と第1仙椎の中間位置、肩部の負担が現れた第1胸椎位置とした(Fig. 7)。

筋ひずみの変化を観察するためには、基準となるひずみ値が必要となる。そこで、測定中にひずみ値が変化しないジェルパッド(ハイドロエイド、日本ビー・エックス・アイ社製)を測定部位の体表面上に貼り付け、筋肉組織のひずみ値とジェルパッドのひずみ値(基準値)を同時に測定した。

4.2. 測定結果の解析方法

筋負担を評価するため、筋電図を周波数解析し、中央周波数(MPF)を求めた。一般的には、筋負担の蓄積によりMPFの値が低下する。本実験では、着座終了前の5分間のMPFと着座開始直後の5分間のMPFとの差を支持条件間で比較した。

また、筋肉組織のひずみ値をジェルパッドのひずみ値で除した値を筋ひずみ比とし、着座後の筋ひずみ比と着座前の筋ひずみ比の差を支持条件間で比較した。

肩部における筋肉は層を成していることから、Fig. 8に示すように、体表面から深さ10 - 20 mmを表層、深さ20 - 30 mmを深層とし、それぞれの深さで筋ひずみ比を求めた。

シートによるMPF、筋ひずみ比への影響を調べるために、支持条件を要因とする一元配置の分散分析(反復測定)をおこなった。有意水準は5%とした。

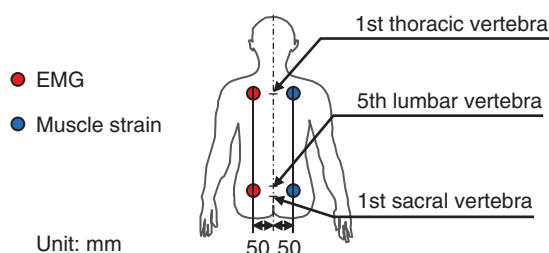


Fig. 7 Measurement points

4.3. 腰椎下部で測定した生理指標の解析結果

腰椎下部負担群において、腰椎下部で測定した筋電図、筋ひずみを支持条件間で比較した結果、Fig. 9に示すように、腰椎下部のMPFには支持条件間で有意な差は見られなかった。

また、Fig. 10に腰椎下部の筋ひずみ比を示す。いずれの支持条件においても、筋ひずみ比の平均値は負になっており、着座により筋肉組織が硬化する傾向にあることがわかった。しかし、(a)表層、(b)深層ともに支持条件間で有意な差は見られなかった。

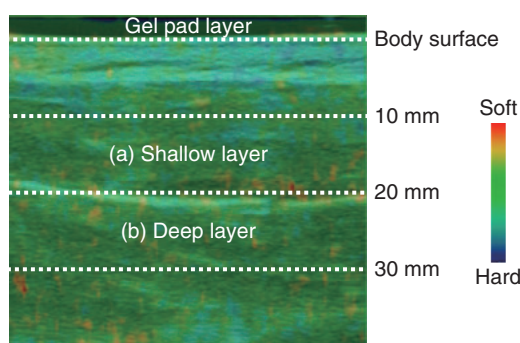


Fig. 8 Area for analysis of muscle strain

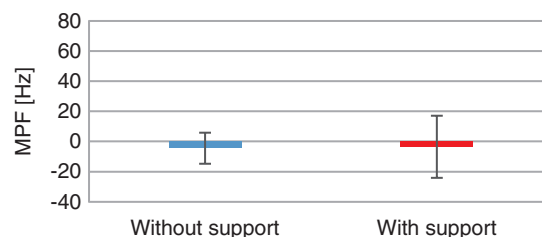


Fig. 9 EMG of lower lumbar area

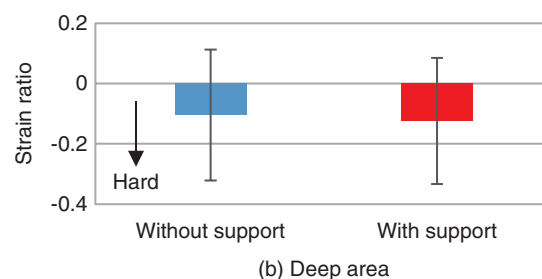
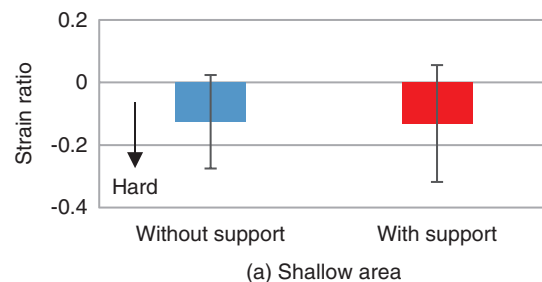


Fig. 10 Muscle strain ratio of lower lumbar area

4.4. 肩部で測定した生理指標の解析結果

肩部負担群において、肩部で測定した筋電図、筋ひずみを支持条件間で比較した結果、Fig. 11 に示すように、肩部のMPFには支持条件間で有意な差が見られなかった。

また、Fig. 12(a) に示すように、肩部表層における筋ひずみ比には支持条件間で有意な差が見られなかった。一方、Fig. 12(b) に示すように、肩部深層における筋ひずみ比は支持なし条件の方が有意に小さかった。これは、支持なし条件の方が、肩部深層における筋肉が硬化したことを示している。

4.5. 着座負担の原因の考察

主観評価では、支持なし条件の方が、腰椎下部の負担は有意に大きかったが、筋負担を表す指標では、支持条件間で有意な差が見られなかった。よって、腰椎下部の負担は筋疲労が原因でない可能性がある。この原因を調査するためには、筋疲労以外の別のアプローチが必要と考える。

一方、支持なし条件の方が、主観評価において、肩部の負担は有意に大きく、肩部の深層筋肉が有意に硬かった。よって、深層筋肉の硬化が肩部の負担に影響していることが考えられる。

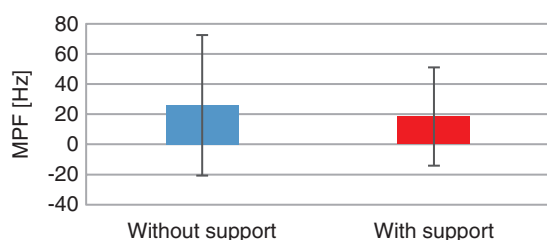
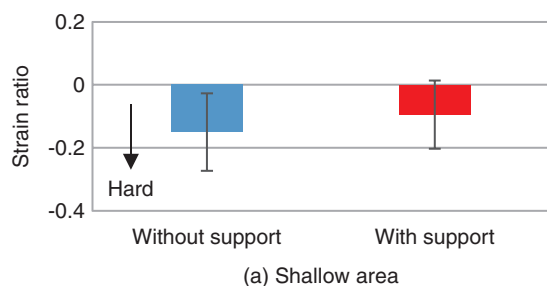
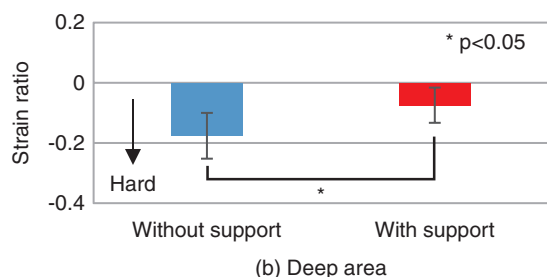


Fig. 11 EMG of shoulder area



(a) Shallow area



(b) Deep area

Fig. 12 Muscle strain ratio of shoulder area

5. 着座負担を低減する姿勢の検討

5.1. 姿勢の測定方法

着座負担を低減する姿勢を検討するため、3章で負担が大きかった支持なし条件、負担が小さかった支持あり条件について、スパイナルマウスを用いて、実験シート着座時の脊柱形状を測定した。着座条件は3章と同様とし、測定部位は2章と同様とした。

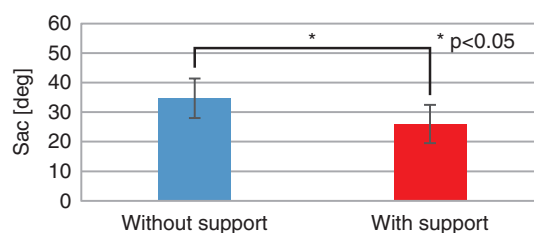
5.2. 測定結果の解析方法

シートによる着座時の脊柱形状への影響を調べるため、支持条件を要因とする一元配置の分散分析(反復測定)をおこなった。有意水準は5%とした。

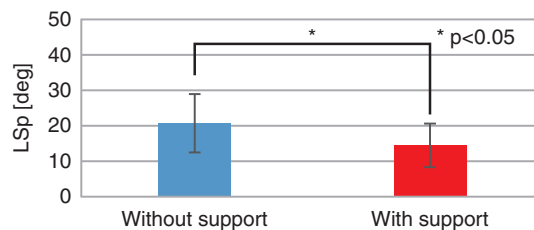
5.3. 脊柱形状の解析結果

腰椎下部負担群、肩部負担群のそれぞれにおいて、実験シート着座時の脊柱形状を支持条件間で比較した。

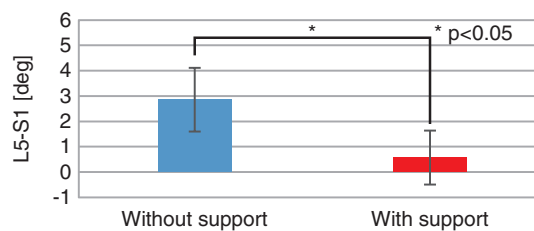
その結果、腰椎下部負担群では、Fig. 13 に示すように、支持あり条件の方が、骨盤の傾斜を示す Sac、腰椎の彎曲



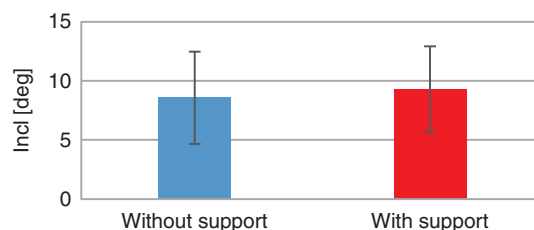
(a) Inclination of pelvis



(b) Lumbar curvature



(c) Flexion of lower lumbar area



(d) Inclination of upper body

Fig. 13 Spine shape for lower lumbar group

を示す LSp, 腰椎下部の屈曲を示す L5-S1 は有意に小さかった。

また、肩部負担群では、Fig. 14 に示すように、支持あり条件の方が、Sac, LSp は有意に小さかった。

これは、腰椎下部負担群、肩部負担群ともに、支持あり条件の方が、骨盤の後傾、腰椎の後弯の両方を抑制できていることを示している。

5.4. 着座負担を低減する姿勢の考察

支持あり条件の方が、主観評価において、腰椎下部の負担は有意に小さく、骨盤の後傾角、腰椎の後弯に伴う腰椎下部の屈曲は有意に小さかった。よって、骨盤の後傾、腰椎の後弯を抑制することで、腰椎下部の負担を低減できると考えられる。

また、支持あり条件の方が、主観評価において、肩部の負担は有意に小さく、骨盤の後傾角、腰椎の後弯角は有意

に小さかった。

一般的には、骨盤が後傾し、腰椎が後弯すると、上体が前傾した姿勢になるといわれているが、本実験では、支持条件により、骨盤の後傾角、腰椎の後弯角に違いがあったにもかかわらず、上体の角度に違いが見られなかった。

よって、支持なし条件では、上体が前傾しないように筋力を使っていた可能性があり、これにより、肩部の深層筋肉が硬化したことが考えられる。

以上より、骨盤の後傾、腰椎の後弯を抑制することで、肩部の負担を低減できることが考えられる。

6. まとめ

着座負担を感じやすい身体特徴を有する人を対象に、着座負担を低減する腰、骨盤部の姿勢および支持方法について検討した。その結果を以下にまとめる。

- (1) 着座負担を低減する支持方法を検討した結果、第3腰椎から第3仙椎までを適正に支持することにより、腰椎下部、および、肩部に負担を感じやすい身体特徴を有する人であっても、着座負担を低減できることがわかった。
- (2) 着座負担の原因を筋ひずみの測定により分析した結果、肩部に負担を感じやすい身体特徴を有する人において、肩部の負担が大きい方が、肩部の深層筋肉が硬化していた。超音波診断装置を用いることにより、これまで評価できなかった深層筋肉の負担を評価することがわかった。
- (3) 腰椎下部、および、肩部に負担を感じやすい身体特徴を有する人において、着座負担が小さい方が、骨盤の後傾、腰椎の後弯の両方を抑制できていた。

参考文献

- (1) 平尾章成, 加藤和人, 北崎智之, 山崎信寿: 長時間運転時の肉体疲労の定性および定量的評価, 自動車技術会論文集, Vol.39, No.4, p.153-158, (2008)
- (2) 大島正敏: 自動車用シートに於けるエルゴノミクスとコンフォート, バイオメカニズム学会誌, Vol.33, No.3, p.159-165, (2009)
- (3) 桂木道裕, 諏訪敦彦, 村上聡謙, 永島淑行: 快適性向上のための最適座面形状の解析—疲労軽減に適した「骨盤・腰椎複合支持」の提案—, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.936, p.85-88, (1993)
- (4) 小山秀紀, 本田啓太, 関口雄介, 石川博明, 村木孝行, 太田誠, 平山健太, 伊藤智, 櫻井篤実, 出江紳一: 自動車シートの背もたれ下部の支持が脊柱アライメントと身体負担に及ぼす影響, 人間工学, Vol.53, No.5, p.157-166, (2017)

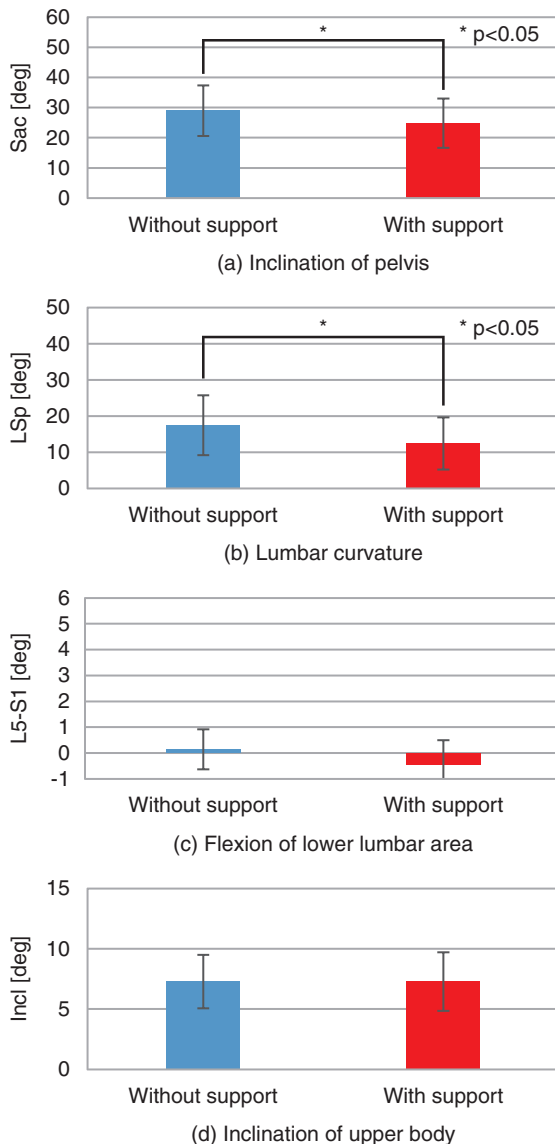


Fig. 14 Spine shape for shoulder group

- (5) 山川拓巳, 浅野克啓, 山本幸史郎, 吉田優海, 堤成可, 早川聡一郎, 池浦良淳, 筒井孝夫, 戸畑秀夫: 背面支持位置変化による長時間運転時のドライバの疲労蓄積低減効果の検証, 自動車技術会 2019 年春季大会学術講演会講演予稿集, No.67-19, p.1-5, (2019)
- (6) 金東鉉, 林章弘, 佐々木良隆, 松岡由幸: タイムアクシスデザインの視点を考慮した長時間着座時における疲労低減シートの開発, 自動車技術会 2019 年春季大会学術講演会講演予稿集, No.66-19, p.1-6, (2019)
- (7) 西垣佳臣, 川野健二: 着座姿勢の個人差を表現するマネキンモデルの開発, 自動車技術会論文集, Vol.44, No.2, p.641-646, (2013)
- (8) 平山健太, 太田誠, 伊藤智, 吉川賢一, 櫻井篤実: 脊柱アライメントと自動車シート着座時の疲労感との関係調査, 人間工学, 54 巻, Supplement 号, p. 2H4-2, (2018)
- (9) 山川誠: 超音波エラストグラフィの原理, バイオメカニズム学会誌, Vol.40, No.2, p.73-78, (2016)

■ 著 者 ■



太田 誠



平山 健太



櫻井 篤実