3つの異なる座位保持課題が腰椎分節の 角度変化に及ぼす影響

Lumbar Intervertebral Angles and Back Muscle Activities of Three Different Types of Sitting

野田 敏生¹⁾ 齊藤 大介²⁾ 古川 公宣³⁾

TOSHIKI NODA, RPT, MS¹⁾, DAISUKE SAITO, RPT²⁾, KIMINOBU FURUKAWA, RPT, PhD³⁾

¹⁾ Department of Rehabilitation, Toyohashi Orthopedic Takaoka Clinic: 106-1 Nakagou, Ushikawa-cho, Toyohashi-shi, Aichi 440-0016, Japan TEL +81 5-3274-8881 E-mail: t.noda@seiyukai.or.jp

²⁾ Department of Rehabilitation, Toyohashi Orthopedic Surgery Esaki Hospital

³⁾ Division of Physical Therapy, School of Care and Rehabilitation, Seijoh University

Rigakuryoho Kagaku 32(5): 645-649, 2017. Submitted Apr. 7, 2017. Accepted May 25, 2017.

ABSTRACT: [Purpose] This study aimed to define the region where load is concentrated and to observe the temporal changes in the intervertebral angles of the lumbar spine of three types of sitting: lumbopelvic upright sitting, slump sitting, and thoracic upright sitting. [Subjects and Methods] The subjects were 16 healthy adult men who maintained each of the three sitting postures for 20 min with a 20% body weight load regulated by belts suspending the shoulders bilaterally. Intervertebral angle changes from L2 to S1 were measured using a three-dimensional ultrasonic motion analysis system. [Results] Significant kyphotic changes during lumbopelvic upright sitting were sequentially observed after 4, 5, 7 and 11 min from the upper segment downwards. In thoracic upright and slump sitting, no significant changes in intervertebral angles were observed. [Conclusion] The results of this study suggest that intervertebral angles of the lumbar spine during lumbopelvic and thoracic upright sitting converge with those of slump sitting. It is speculated that the mechanical demands of supporting the spinal structure are transferred from the spinal musculature to the passive tissues, which undergo elongation stress during slump sitting. Hence, sedentary workers should change their posture frequently.

Key words: Lumbopelvic upright sitting, lumbar intervertebral angle changes, passive tissues of the spine

要旨:〔目的〕本研究の目的は、Lumbo-pelvic upright sitting, Slump sitting, Thoracic upright sitting を保持する間の腰椎分節角度の経時的変化を観察し、その特徴について検討することである。〔対象と方法〕健康成人男性 16 人を対象とした。体重の 20% の重錘を両側肩関節に懸垂した、3 種類の座位姿勢を 20 分間保持することで腰椎への経時的な負荷を短時間で再現した。〔結果〕Lumbo-pelvic upright sitting は、下位腰椎から順に屈曲方向に有意な角度増加を示したが、その他の座位姿勢は、有意な変化を示さなかった。〔結語〕Lumbo-pelvic upright sitting を長時間保持することは困難であり、脊柱を支持する力源の割合が、筋から脊柱の受動性組織に徐々に移行していることが明らかとなった。

キーワード: Lumbo-pelvic upright sitting, 腰椎分節の角度変化, 脊柱の受動性組織

¹⁾ 医療法人整友会 豊橋整形外科 鷹丘クリニック リハビリテーション科: 愛知県豊橋市牛川町字中郷 106-1 (〒440-0016) TEL 05-3274-8881

²⁾ 医療法人整友会 豊橋整形外科 江崎病院 リハビリテーション科

³⁾ 星城大学 リハビリテーション学部 理学療法学専攻

I. はじめに

慢性腰痛症は、「3 ヶ月以上持続する腰痛」と定義されている¹⁾。Katz ら²⁾は、これが全米における就労欠如要因の第1位であり、その社会的損失は1,000 億ドルから2,000 億ドルと試算でき、大きな社会問題となっていると報告した。腰痛症は84%の人が一生のうち一度は経験すると言われており³⁾、我が国においても、男性では有訴率が最も多く、女性では肩こりに次いで2 番目に多い愁訴であった⁴⁾。今や腰痛症は、患者の社会参加を妨げることによる経済損失も莫大であり、今後、医療費の高騰とともに就労困難による生産性の低下など、社会経済に与える損失が増大していくことが予想される⁵⁾。

また、本疾患は職業性疾病の6 割を占め、長時間のデスクワークを行う事務職や長距離運転を行う運輸職での有症率が高いとも言われている⁶⁾。作業中の不適切な姿勢や定期的に姿勢を変えられない作業は症状を増悪させるとの報告もあり⁷⁾、労働者の健康確保にとっても予防対策が大きな課題となっている。そのため、厚生労働省は職業性疾病的腰痛予防対策の必要性を訴えており⁸⁾、現代社会においてその治療法や予防法を確立することは重要な課題である。

疫学研究より、長時間の座位姿勢を強いられる職業は、腰痛やヘルニアの発生率を高めると言われており⁹⁻¹¹⁾、McGill ら¹²⁾は、腰椎を前方に最大屈曲させた座位姿勢を長時間保つことにより、腰部受動性組織が徐々に伸張され菲薄化する（クリープ現象）ことで強度低下を起こし、脊柱の安定性が損なわれたと報告している。

また、座位の相違によって起こる体幹の筋活動と脊柱の可動域の変化について、O'Sullivan ら¹³⁾は、腰椎の生理的前弯を保つ Lumbo-pelvic upright sitting、肩甲骨間を近づけて胸腰部を努力性に伸展させる Thoracic upright sitting、胸腰部を脱力して骨盤を後傾する Slump sitting の3 つに分類して解析している。この報告では、Lumbo-pelvic upright sitting は、他に比べて腰椎の前弯角度が有意に大きく、腰部深層筋筋活動が有意に高い。Thoracic upright sitting は、腰椎の前弯角度が Lumbo-pelvic upright sitting より有意に小さく、表層筋が有意に高い。Slump sitting は、脊柱起立筋に屈曲弛緩現象（Flexion Relaxation Phenomenon：以下、FRP）が発生し、腰椎を生理的前弯に保つ力源を非収縮性の受動性組織に依存しているとなっており、姿勢の違いによって、腰椎の構造体や筋に加わる負担度が異なることが示された。

以上の報告より、腰椎の生理的前弯を保つ Lumbo-pelvic upright sitting は、深層筋を有意に働かせ、脊柱の靱帯軟部組織、椎間板への負担が少なく、推奨される座位である。一方、脊柱を最大屈曲した Slump sitting は、腰部受動性組織の負担が大きく推奨されない姿勢である

表1 対象者の特性

人数	16 人
年齢	30.5 ± 6.8 歳
身長	171.1 ± 5.8 cm
体重	65.1 ± 8.8 kg
利き手	右：15 人、左：1 人
利き足	右：15 人、左：1 人

平均値 ± 標準偏差。全て健常男性。

と言われている。長時間の座位保持中に腰椎の屈曲角度を観察した先行研究は、そのほとんどが腰椎全体を測定しており、分節における角度変化を調査したものはない。そのため、座位を長時間保持している間の経時的な腰椎分節の角度変化は、現在のところ明らかにされていない。

そこで今回は、Lumbo-pelvic upright sitting、Slump sitting および努力性に腰椎を伸展位にする Thoracic upright sitting を保持する間の腰椎分節の経時的な角度変化を観察し、その特徴について検討した。長時間座位保持をしている間、分節における角度変化を経時的に調査する臨床的意義は、腰部組織の強度が低下する関節の位置を同定でき、慢性腰痛症を予防するための適切な作業姿勢、作業時間などの指導を行う一助になると考えている。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は健常男性16人とした。それらを表1に示す。包含基準は、1年以内に強い腰部痛を経験していない、かつ腰部に障害を残遺する疾患および外傷の既往がない者とした。

2. 方法

大腿骨をベッドに対して平行、股関節内外旋0°、膝関節屈曲90°とし、下腿は下垂して足底を床から離すように治療用ベッドに着座した。そして、長時間の座位保持で生じる腰椎への経時的な負荷を短時間で再現するために、Kanlayanaphotporn ら¹⁴⁾が行った重量負荷にて再現する方法を改変し、体重の20%の重錘を両側肩関節に掛けた懸垂ベルトに装着した（図1）。

この状態で、図2に示す Lumbo-pelvic upright sitting、Slump sitting、Thoracic upright sitting を20分間保持した。課題遂行中に、被験者の頭頸部の動きが腰椎の分節角度や筋活動に影響することを避けるため、目線の高さを一定にして前方の壁を見つめるように指示した。被験者には、測定前に3つの座位姿勢の保持が再現できるよ

図1 長時間座位保持再現のための実験設定

a: 側面, b: 後面.

図2 3種類の座位姿勢

a: Lumbo-pelvic upright sitting, b: Slump sitting, c: Thoracic upright sitting.

うに, Lumbo-pelvic upright sitting は立位姿勢時の腰の反りを座位姿勢でも保つように, Slump sitting は身体を脱力し, 骨盤を後ろに傾けて背中が丸くなるように, Thoracic upright sitting は肩甲骨間を近づけ, 背中を最大に反るようにと口頭指示を行った. 加えて, 開始時の姿勢が確実に遂行できるよう, 十分な練習時間を確保し, 椎間板や受動性組織の十分な復元期間を設けるために, 各課題の試行には7日間以上の期間を設けた.

腰椎分節間の角度変化は, 超音波式3次元動作解析システム (WINSPINE: CMS-70P, Zebris 社製) の Single Lumbar Mode を用いて調べた. 本機器はメジャーリング・センサーから発生する連続した超音波パルスを体表に貼付した小型軽量のマイクロホンで受信することによって, 2者間の距離の変化によるパルス到達時間の変化を検出し, 三角測量によって三次元座標をサンプリングレート 60 Hz でリアルタイムに記録するシステムである. WINSPINE の Single Lumbar Mode の仕様にしたがって, 第2腰椎棘突起から第5腰椎棘突起, 第2および第3仙椎, 左右上後腸骨棘の皮膚上にマイクロホンを設置し, 4分節を測定した (図3および4). 得られ

図3 マイクロホンの貼付部位

たデータから, 1分ごとの20区間の平均値を算出して比較検討に用いた.

統計的解析には StatView Ver.5.0 for windows を使用した. 有意水準は5%に設定し, 腰椎各分節の角度の開始時に対する経時的变化を反復測定分散分析と多重比較

図4 マイクロホンの貼付部位

検定 (Dunnett 法) を用いて有意性の検討を行った。

なお、全ての被検者には実験参加の前に、研究の目的、課題内容などについて、書面および口頭にて説明し、同意書に署名を得た。また、本研究の一連の手順は、星城大学研究倫理専門委員会の承認を受けた (承認番号: 2014C0004)。

III. 結 果

各座位姿勢の腰椎の経時的な角度変化を表2に示す。Lumbo-pelvic upright sitting において、腰椎全体の角度変化は、開始4分後から屈曲方向に有意な角度の増加を示し、各分節の角度変化の時期は、L2/3間が11分後、L3/4間が7分後、L4/5間が5分後、L5/S1間が4分後から屈曲方向に有意な増加を示した。Slump sitting と Thoracic upright sitting は、20分間を通し腰椎全体と各分節において有意な変化を示さなかった。

IV. 考 察

本研究は、長時間にわたる座位保持中の腰椎の角度を、初めて分節ごとに観察することに取り組んだ研究である。その結果、Lumbo-pelvic upright sitting の腰椎全体および各分節の角度変化は、個人差は大きいもののほとんどの被験者に観察された。これは、脊柱を支持する主な力源が、筋から脊柱の靭帯組織 (棘間、棘上靭帯、椎間関節包など) や腰背腱膜などの受動性組織に徐々に移行していると考えられ、時間経過とともに負担度が増加していくためと考えられる。さらに、Slump sitting 時に観察される角度に近づく程、脊柱を支持する力源のほとんどをこの部位に依存することになる。また、有意な角度増加が出現する時期が、下位から順に上位へ移行していたことから、下位の負担が大きいと考えられる。

Slump sitting は、腰椎全体、各分節の屈曲方向への角度変化は観察されなかった。しかしながら、先行研究では Slump sitting が FRP、クリープ現象を生じると報告している¹⁵⁾。開始直後から FRP のメカニズムにより、受動性組織に負荷を依存していることが推測されるが、クリープ現象は生じなかったことが示唆された。この結果は、本研究で設定した座位保持時間と重量負荷が影響していると考えられ、受動性組織に十分な負荷を与えられなかった可能性がある。また、Adams ら¹⁶⁾は、早朝と午後で腰椎可動域を比較した時、後者の方が5°の増加を示した。これは、椎間板の液体内容物の日内変動であり、負荷が加わると椎間板の水分含有量が減少し、縦径が減少するため受動性組織に緩みが出現したためと説明している。また、この現象は、長時間の持続的な負荷でも同様に生じると報告されており¹⁷⁾、本研究の測定時間が19時以降であったため対象者にも同様の変化が起きていた可能性もある。よって、今回、Slump sitting により負担の集中する腰椎分節の位置は、明らかにならなかったのではないかと考えられる。

Thoracic upright sitting は、各分節の屈曲方向への角度変化は観察されなかった。O'Sullivan ら¹³⁾は、Lumbo-pelvic upright sitting とは異なり表層筋が有意に働いて座位保持をしていると報告している。よって、本研究で設定した座位保持時間と重量負荷では屈曲方向への角度変化が観察されなかったのではないかと考えられる。

現在の腰痛予防対策は、主に各腰部組織に過負荷を生じないことを目的として、生理的前弯を保持する姿勢指導や座面と背もたれの角度を調整などの環境整備が推奨されている。しかしながら、本研究は、推奨される座位の重要性を証明したと同時に、それを保持することが困難であるという結果を示したため、姿勢を頻繁に変えることが効果的な対策であると思われる。

表2 各座位姿勢時の腰椎角度変化

経過時間 (分)	腰椎全体 (°)			L2 / L3 間 (°)			L3 / L4 間 (°)			L4 / L5 間 (°)			L5 / S1 間 (°)			Thoracic
	Lumbo-pelvic	Slump	Thoracic	Lumbo-pelvic	Slump	Thoracic	Lumbo-pelvic	Slump	Thoracic	Lumbo-pelvic	Slump	Thoracic	Lumbo-pelvic	Slump	Thoracic	
1	1.16 ± 0.47	6.50 ± 3.57	4.47 ± 2.80	0.31 ± 0.21	1.60 ± 0.84	1.08 ± 1.15	0.34 ± 0.30	1.84 ± 1.88	1.05 ± 0.76	0.28 ± 0.22	1.68 ± 1.25	1.62 ± 1.54	0.24 ± 0.08	1.39 ± 1.20	0.74 ± 0.61	
2	1.41 ± 0.62	6.41 ± 3.48	4.03 ± 2.57	0.31 ± 0.19	1.57 ± 0.80	1.03 ± 0.98	0.39 ± 0.37	1.82 ± 1.80	0.98 ± 0.70	0.38 ± 0.34	1.65 ± 1.21	1.39 ± 1.37	0.34 ± 0.20	1.3 ± 1.21	0.64 ± 0.57	
3	1.73 ± 0.72	6.39 ± 3.68	3.85 ± 2.27	0.34 ± 0.25	1.54 ± 0.81	1.05 ± 0.82	0.46 ± 0.39	1.85 ± 1.86	0.92 ± 0.76	0.47 ± 0.40	1.64 ± 1.26	1.26 ± 1.22	0.45 ± 0.27	1.36 ± 1.25	0.63 ± 0.55	
4	2.14 ± 0.89*	6.50 ± 3.77	4.13 ± 2.22	0.43 ± 0.29	1.50 ± 0.80	1.07 ± 0.86	0.54 ± 0.40	1.87 ± 1.85	1.13 ± 1.04	0.61 ± 0.50	1.72 ± 1.29	1.25 ± 1.10	0.57 ± 0.32*	1.41 ± 1.29	0.69 ± 0.54	
5	2.41 ± 1.04*	6.51 ± 3.91	3.82 ± 2.04	0.49 ± 0.29	1.49 ± 0.84	1.04 ± 0.83	0.59 ± 0.40	1.90 ± 1.86	1.02 ± 0.87	0.74 ± 0.58*	1.74 ± 1.36	1.12 ± 0.97	0.60 ± 0.32*	1.39 ± 1.28	0.65 ± 0.54	
6	2.38 ± 1.01*	6.50 ± 3.91	3.97 ± 2.34	0.44 ± 0.28	1.48 ± 0.86	0.99 ± 0.84	0.58 ± 0.37	1.85 ± 1.82	1.13 ± 1.05	0.76 ± 0.59*	1.71 ± 1.35	1.19 ± 1.05	0.61 ± 0.34*	1.45 ± 1.30	0.66 ± 0.58	
7	2.60 ± 1.10*	6.40 ± 3.69	3.87 ± 2.16	0.52 ± 0.37	1.47 ± 0.85	0.98 ± 0.82	0.64 ± 0.40*	1.85 ± 1.74	1.09 ± 1.04	0.78 ± 0.64*	1.64 ± 1.31	1.15 ± 0.96	0.66 ± 0.36*	1.44 ± 1.23	0.66 ± 0.60	
8	2.56 ± 1.25*	6.35 ± 3.78	4.13 ± 2.52	0.56 ± 0.45	1.46 ± 0.83	1.01 ± 0.88	0.64 ± 0.37*	1.84 ± 1.80	1.16 ± 1.28	0.74 ± 0.71*	1.65 ± 1.31	1.20 ± 1.04	0.63 ± 0.40*	1.39 ± 1.27	0.76 ± 0.61	
9	2.64 ± 1.46*	6.28 ± 3.70	4.50 ± 3.06	0.56 ± 0.45	1.51 ± 0.90	1.08 ± 0.94	0.66 ± 0.40*	1.80 ± 1.74	1.28 ± 1.71	0.77 ± 0.80*	1.58 ± 1.30	1.36 ± 1.19	0.66 ± 0.44*	1.37 ± 1.28	0.78 ± 0.60	
10	2.91 ± 1.18*	6.42 ± 3.77	4.52 ± 2.90	0.65 ± 0.46	1.53 ± 0.90	1.06 ± 0.92	0.69 ± 0.37*	1.90 ± 1.81	1.29 ± 0.63	0.84 ± 0.69*	1.57 ± 1.38	1.39 ± 1.14	0.74 ± 0.39*	1.42 ± 1.31	0.79 ± 0.59	
11	3.01 ± 1.10*	6.48 ± 3.84	4.66 ± 2.75	0.71 ± 0.48*	1.55 ± 0.91	1.12 ± 1.01	0.69 ± 0.38*	1.88 ± 1.82	1.36 ± 1.55	0.83 ± 0.63*	1.56 ± 1.37	1.37 ± 1.08	0.79 ± 0.40*	1.49 ± 1.39	0.81 ± 0.54	
12	2.92 ± 1.22*	6.48 ± 3.80	4.46 ± 2.49	0.71 ± 0.54*	1.57 ± 0.90	1.11 ± 0.96	0.65 ± 0.44*	1.82 ± 1.70	1.20 ± 1.37	0.80 ± 0.67*	1.59 ± 1.37	1.28 ± 0.97	0.77 ± 0.46*	1.49 ± 1.43	0.87 ± 0.52	
13	3.22 ± 1.38*	6.52 ± 3.86	4.30 ± 2.43	0.86 ± 0.64*	1.50 ± 0.88	1.16 ± 1.28	0.70 ± 0.43*	1.86 ± 1.83	1.09 ± 1.22	0.89 ± 0.72*	1.59 ± 1.35	1.20 ± 0.86	0.77 ± 0.48*	1.57 ± 1.57	0.85 ± 0.49	
14	2.99 ± 1.24*	6.60 ± 3.98	4.44 ± 2.30	0.78 ± 0.60*	1.49 ± 0.91	1.18 ± 1.19	0.66 ± 0.45*	1.85 ± 1.85	1.14 ± 1.18	0.80 ± 0.70*	1.65 ± 1.38	1.27 ± 0.82	0.75 ± 0.49*	1.6 ± 1.82	0.84 ± 0.52	
15	3.14 ± 1.38*	6.60 ± 3.86	4.34 ± 2.24	0.79 ± 0.66*	1.56 ± 0.98	1.14 ± 0.95	0.71 ± 0.50*	1.77 ± 1.60	1.09 ± 1.13	0.85 ± 0.72*	1.65 ± 1.42	1.30 ± 0.79	0.79 ± 0.48*	1.62 ± 1.84	0.82 ± 0.53	
16	3.20 ± 1.40*	6.48 ± 3.63	4.07 ± 1.89	0.78 ± 0.64*	1.54 ± 0.87	1.17 ± 1.14	0.78 ± 0.51*	1.81 ± 1.83	1.01 ± 0.93	0.96 ± 0.69*	1.65 ± 1.27	1.22 ± 0.70	0.69 ± 0.52*	1.48 ± 1.33	0.68 ± 0.47	
17	3.33 ± 1.47*	6.35 ± 3.46	4.38 ± 2.24	0.83 ± 0.66*	1.55 ± 0.90	1.21 ± 1.32	0.77 ± 0.48*	1.80 ± 1.83	1.14 ± 1.12	1.05 ± 0.69*	1.59 ± 1.21	1.29 ± 0.76	0.69 ± 0.50*	1.40 ± 1.13	0.74 ± 0.51	
18	3.47 ± 1.90*	6.40 ± 3.58	4.64 ± 2.56	0.85 ± 0.79*	1.57 ± 0.94	1.21 ± 1.36	0.75 ± 0.51*	1.84 ± 1.90	1.29 ± 1.31	1.09 ± 0.87*	1.56 ± 1.15	1.31 ± 0.83	0.78 ± 0.48*	1.44 ± 1.15	0.83 ± 0.61	
19	3.68 ± 1.91*	6.37 ± 3.58	4.64 ± 2.83	0.90 ± 0.82*	1.57 ± 0.94	1.19 ± 1.40	0.82 ± 0.49*	1.85 ± 1.89	1.33 ± 1.40	1.15 ± 0.86*	1.52 ± 1.10	1.27 ± 0.86	0.82 ± 0.55*	1.43 ± 1.09	0.86 ± 0.63	
20	3.71 ± 2.14*	6.36 ± 3.60	4.67 ± 2.95	0.94 ± 0.88*	1.59 ± 0.94	1.23 ± 1.47	0.85 ± 0.51*	1.84 ± 1.91	1.34 ± 1.42	1.16 ± 0.90*	1.51 ± 1.08	1.20 ± 0.83	0.76 ± 0.60*	1.43 ± 1.11	0.91 ± 0.71	

均値 ± 標準偏差。* : p<0.05。

平均値 ± 標準偏差。*: p<0.05。

引用文献

- 1) 日本整形外科学会, 日本腰痛学会, 日本整形外科学会診療ガイドライン委員会: 腰痛診療ガイドライン2012. 南江堂, 東京, 2012, pp12-14.
- 2) Katz JN: Lumbar disc disorders and low-back pain: Socioeconomic factors and consequences. J Bone Joint Surg Am, 2006, 88: 21-24.
- 3) Cassidy JD, Carroll LJ, Côté P: The Saskatchewan health and back pain survey. The prevalence of low back pain and related disability in Saskatchewan adults. Spine, 1998, 23: 1860-1866, discussion 1867.
- 4) 厚生労働省: 平成25年国民生活基礎調査. <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa13/> (閲覧日2014年7月15日).
- 5) Suka M, Yoshida K: The national burden of musculoskeletal pain in Japan: Projections to the year 2055. Clin J Pain, 2009, 25: 313-319.
- 6) 帖佐悦男, 田島直也, 松元征徳・他: 職業性腰痛の疫学. 日本腰痛学会誌, 2001, 7: 100-104.
- 7) Guo HR: Working hours spent on repeated activities and prevalence of back pain. Occup Environ Med, 2002, 59: 680-688.
- 8) 厚生労働省: 職場における腰痛予防対策指針の改訂及びその普及に関する検討会報告書. <http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r98520000034qq1-att/2r98520000034qs0.pdf> (閲覧日2013年6月18日).
- 9) Kelsey JL, White AA 3rd: Epidemiology and impact of low-back pain. Spine, 1980, 5: 133-142.
- 10) Williams MM, Hawley JA, McKenzie RA, et al.: A comparison of the effects of two sitting postures on back and referred pain. Spine, 1991, 16: 1185-1191.
- 11) Videman T, Nurminen M, Troup JD: 1990 Volvo Award in clinical sciences. Lumbar spinal pathology in cadaveric material in relation to history of back pain, occupation, and physical loading. Spine, 1990, 15: 728-740.
- 12) McGill SM, Brown S: Creep response of the lumbar spine to prolonged full flexion. Clin Biomech (Bristol, Avon), 1992, 7: 43-46.
- 13) O'Sullivan PB, Dankaerts W, Burnett AF, et al.: Effect of different upright sitting postures on spinal-pelvic curvature and trunk muscle activation in a pain-free population. Spine, 2006, 31: E707-E712.
- 14) Kanlayanaphotporn R, Trott P, Williams M, et al.: Effects of chronic low back pain, age and gender on vertical spinal creep. Ergonomics, 2003, 46: 561-573.
- 15) Dolan P, Shandall S, Hodges K, et al.: 'Creep' in spinal tissues impairs spinal proprioception and delays activation of the back muscles. 51st Annual Meeting of the Orthopaedic Research Society, 2005, Washington, Paper No: 0275.
- 16) Adams MA, Dolan P, Hutton WC: Diurnal variations in the stresses on the lumbar spine. Spine, 1987, 12: 130-137.
- 17) Urban JP, McMullin JF: Swelling pressure of the lumbar intervertebral discs: Influence of age, spinal level, composition, and degeneration. Spine, 1988, 13: 179-187.