Original Article

Evaluation of biomechanical alteration of the spinal intervertebral discs due to the degenerative process

Ahmadzadeh-Heshmati A[1], Ilka Sh[1], Saeed AR[2*]

1- Department of Orthopedics, Faculty of Medicine, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, I. R. Iran.
2- Kerman Neuroscience Research Centre, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, I. R. Iran.

Received July 4, 2016; Accepted April 18, 2017

Abstract:

Background: With the progression of aging process, the degenerative process affect all organs throughout the body, including the intervertebral discs. The degeneration of intervertebral discs is the most important etiology for the back pain in human. Hence, having the knowledge of alterations in biomechanics of this structure due to the degeneration is of special importance.

Materials and Methods: In this cross sectional study all patients referred to the Spinal Cord Clinic of Bahonar hospital (Kerman, Iran) because of their back pain were participated. The upright anteroposterior and lateral flexion-extension radiographs and MRI of the spine have been ordered for the diagnosis and treatment of the patients with back pain. The sagital translation and rotation and also anterior and posterior disc height in different grades of degenerations was analyzed.

Results: The severity of the intervertebral disc degeneration has direct relation to aging. Anterior and posterior disc height was decreased with the progression of the degeneration. Translation and rotation in the sagital plane were decreased along with the progression of the grade of the degeneration and in direct relation to the posterior disc height.

Conclusion: The degeneration trend is progressing with the advancement of aging and the disc space is decreasing along with the severity of degeneration, followed by a reduction in the translational and rotational movements of the spinal segments, so the grade 3 degeneration has been assumed to be equivalent to the stabilization phase of the motion segment.

Keywords: Disc, Radiography, Translation, Rotation

*** Corresponding Author.**
Email: arsaiedmd@yahoo.com
Tel: 0098 913 341 0521
Fax: 0098 341 244 8546

Conflict of Interests: ***No***

Feyz, Journal of Kashan University of Medical Sciences, August, 2017; Vol. 21, No 3, Pages 286-291

Please cite this article as: Ahmadzadeh-Heshmati A, Ilka Sh, Saeed AR. Evaluation of biomechanical alteration of the spinal intervertebral discs due to the degenerative process. ***Feyz*** 2017; 21(3): 286-91.

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-11-10]

بررسی تغییرات بیومکانیک ستون فقرات در اثر روند دژنراسیون دیسک‌های بین مهره‌ای

افشین احمدزاده حشمتی [۱]، شهاب ایلکا [۱]، علیرضا سعید [۲*]

خلاصه:

سابقه و هدف: روند دژنراسیون در اثر مرور زمان تمام اندام‌های بدن را تحت تاثیر قرار می‌دهد و دیسک‌های بین مهره‌ای نیز از این قائده مستثنی نیستند. دژنراسیون دیسک بین مهره‌ای مهمترین علت دردهای کمر در انسان است، لذا آگاهی از تغییرات بیومکانیک ناشی از آن اهمیت ویژه‌ای دارد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه مقطعی تمام بیمارانی که به‌دلیل کمردرد به کلینیک ستون فقرات بیمارستان باهنر شهر کرمان مراجعه کرده بودند و حداقل یک ماه درمان برای آن‌ها ناموفق بوده، وارد شدند. جهت تشخیص و درمان، رادیوگرافی‌های ایستاده ستون فقرات به‌صورت روبه‌رو و نیم‌رخ فلکشن-اکستنشن و نیز ام‌آرآی درخواست می‌شد. میزان ترنسلیشن و روتیشن در صفحه ساجیتال و هم‌چنین ارتفاع قدامی و خلفی دیسک بر حسب گریدهای مختلف دژنراسیون ارزیابی می‌گردید.

نتایج: شدت دژنراسیون دیسک با افزایش سن نسبت مستقیم داشت. با پیشرفت دژنراسیون ارتفاع دیسک بین مهره‌ای در قدام و خلف کاهش پیدا می‌کرد. با افزایش گرید دژنراسیون میزان جابه‌جایی و چرخش در صفحه ساجیتال کاهش یافته بود و شدت این کاهش با ارتفاع خلفی دیسک ارتباط مستقم داشت.

نتیجه‌گیری: روند دژنراسیون با افزایش سن تشدید می‌گردد و با افزایش شدت دژنراسیون در سگمان‌های حرکتی ستون فقرات فضای دیسک به‌طور پیش‌رونده کاهش می‌یابد؛ به‌دنبال آن حرکات ترنسلیشنی و روتیشنی ستون فقرات کاهش پیدا می‌کنند، به‌طوری‌که گرید ۳ دژنراسیون را می‌توان معادل فاز رسیدن به ثبات سگمان حرکتی دانست.

واژگان کلیدی: دیسک، رادیوگرافی، جابه‌جائی، چرخش

دو ماه‌نامه علمی– پژوهشی فیض، دوره بیست و یکم، شماره ۳، مرداد و شهریور ۱۳۹۶، صفحات ۲۹۱-۲۸۶

مقدمه

ستون فقرات از تعدادی مهره تشکیل شده که به‌وسیله دیسک بین مهره‌ای و رباط‌های متعدد بهم متصل شده‌اند. کوچک-ترین واحد حرکتی در ستون فقرات از دو مهره مجاور و دیسک بین مهره‌ای و لیگامان‌هایی که این دو مهره را بهم متصل می‌سازند تشکیل شده است و اصطلاحا به آن یک سگمان حرکتی (Motion Segment) گفته می‌شود. دیسک بین مهره‌ای نیز مانند بسیاری از قسمت‌های دیگر بدن به مرور زمان دچار تغییرات دژنراسیون شده و این روند باعث تغییر در بیومکانیک ستون فقرات می‌گردد؛ شایع‌ترین علامت آن درد در ستون فقرات است، به-طوری‌که گفته می‌شود دیسک بین مهره‌ای مهمترین منشا درد در ستون فقرات می‌باشد [۳-۱]. اولین تغییر در روند دژنراسیون دیسک بین مهره‌ای کم شدن آب دیسک است، لذا اولین علامت دژنراسیون دیسک در ام‌آرآی به‌صورت کاهش سیگنال قسمت مرکزی دیسک در سکانس‌های T2 می‌باشد.

به‌دنبال کم شدن آب دیسک، ارتفاع دیسک کاهش پیدا می‌کند و در نتیجه تمام لیگامان‌هایی که بین دو مهره مجاور قرار دارند، شل می‌شوند و لذا مهره دچار ناپایداری می‌شود. این ناپایداری باعث می‌شود مهره بالایی به سمت قدام لیز بخورد که حاصل آن افزایش بیشتر فشار بر مفاصل فاست و پیدایش تغییرات دژنراسیون در این مفاصل می‌باشد و بدن با هایپرتروفی لیگامان‌های بین دو مهره سعی در اصلاح این ناپایداری می‌نماید، اما همین هایپرتروفی لیگامانی خود منشأ یکسری مشکلات دیگر از جمله تنگ شدن کانال نخاعی می‌گردد [۴]؛ مجموعه تغییرات فوق باعث تغییر در بیومکانیک طبیعی ستون فقرات می‌گردند [۵]. برای اولین بار Kirkaldy-Willis و Farfan [۶] در سال ۱۹۸۲ برای روند دژنراسیون دیسک ۳ مرحله پیشنهاد کردند که بر اساس پاتوفیزیولوژی ذکر شده می‌باشد. این سه مرحله عبارتند از: ۱- مرحله اختلال موقتی عملکرد (Temporary Dysfunction)؛ ۲- مرحله بی‌ثباتی (Unstable Phase)؛ و ۳- مرحله به‌دست آوردن ثبات (Stabilization) که این تغییرات هرکدام باعث ایجاد اختلالات خاص خود در حرکات ستون فقرات می‌گردد و در هر مرحله علائم بیماری متفاوتی ممکن است در بیمار مشاهده شود. از آن زمان تا امروز مطالعات بسیاری در زمینه دژنراسیون دیسک و علائم ایجاد شده و ناپایداری‌های ناشی از آن و درمان-های هر کدام انجام شده [۱۳،۳،۲-۵]، اما اختلافات بسیار زیادی

[۱] استادیار، گروه ارتوپدی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کرمان

[۲] دانشیار، مرکز تحقیقات علوم اعصاب کرمان، دانشگاه علوم پزشکی کرمان

* **نشانی نویسنده مسئول:**

کرمان، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، مرکز تحقیقات علوم اعصاب کرمان

تلفن: ۰۹۱۳۳۴۱۰۵۲۱ **دورنویس:** ۰۳۴۱۲۴۴۸۵۴۶

پست الکترونیک: arsaiedmd@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۵/۴/۱۴ **تاریخ پذیرش نهایی:** ۹۶/۱/۲۹

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-11-10]

در این پژوهش‌ها مشاهده می‌شود و هنوز نتیجه واحدی به‌دست نیامده است و لذا بحث و مطالعه در این زمینه هنوز یکی از رایج‌ترین موارد در زمینه بیماری‌های مربوط به ستون فقرات می‌باشد. اهمیت انجام این مطالعات استفاده‌های بالینی برای بیماران به‌خصوص در اعمال جراحی است، زیرا اغلب جراحان از جابه‌جایی و چرخش مهره‌ها به‌عنوان معیارهایی از ناپایداری سگمان حرکتی یاد می‌کنند و اگر این ناپایداری وجود داشته باشد، آنگاه در عمل جراحی مدنظر باید ثابت کردن سگمان ناپایدار نیز گنجانده شود.

مواد و روش‌ها

در این مطالعهٔ مقطعی تمام بیمارانی که به‌دلیل کمردرد به کلینیک ستون فقرات بیمارستان باهنر شهر کرمان مراجعه کرده بودند و حداقل یک ماه درمان برای آنها ناموفق بوده، وارد شدند. به‌منظور تشخیص و ادامه درمان برای آنها ام‌آرآی و رادیوگرافی ایستاده ستون فقرات در حالت روبه‌رو و رادیوگرافی نیم‌رخ در حالت فلکشن و اکستنشن درخواست شد. معیارهای خروج از مطالعه عبارت بودند از: ۱- ابتلا به بیماری‌های ستون فقرات ناشی از تروما؛ ۲- ابتلا به بیماری‌های التهابی ستون فقرات؛ ۳- ابتلا به تومورهای ستون فقرات؛ ۴- داشتن هرگونه سابقه جراحی در ستون فقرات؛ ۵- موارد اسپوندیلولیستزیس‌های ایستمیک و تروماتیک؛ و ۶- وجود مهره‌های ترنزیشنال. برای تعیین شدت دژنراسیون از طبقه‌بندی که توسط Pfirrmann و همکاران ارائه شده است استفاده شد [۱۴] و بر اساس آن سگمان‌های حرکتی در ۳ گروه طبقه‌بندی شدند. در گرید ۱ دیسک‌های نرمال قرار داده شد که آنها دارای مرکز سفید بودند و مرز بین نوکلئوس و آنولوس کاملا واضح و مشخص بود. در گرید ۲ دیسک‌هایی قرار می‌گرفتند که مرکز آن‌ها خاکستری یا تیره بود و مرز بین نوکلئوس و آنولوس کاملا واضح نبود، ولی ارتفاع دیسک کاهش پیدا نکرده بود، اگر ارتفاع فضای دیسک کاهش پیدا کرده بود در گرید ۳ طبقه‌بندی می‌شد. برای اندازه‌گیری جابه‌جایی در پلان ساجیتال در فلکشن و اکستنشن از تکنیک Dupuis و همکاران استفاده شد [۱۵]. برای این منظور دو خط مماس بر صفحهٔ انتهایی فوقانی مهره و دو خط مماس با لبه خلفی مهره رسم می‌شد تا زاویه خلفی جسم مهره مشخص شود، سپس یک خط از زاویه خلفی تحتانی مهره عمود بر خط صفحه انتهایی فوقانی مهره پایینی رسم می‌شد. در موارد جابه‌جایی مهره به سمت جلو از اعداد مثبت و در موارد جابه‌جایی مهره به عقب از اعداد منفی استفاده می‌گردید و از اصطلاح ناپایداری حرکتی ساجیتال (Sagittal Translational Instability) برای نشان دادن کل حرکت در فلکشن و اکستنشن استفاده می‌گردید. عدد به‌دست آمده بر طول صفحه انتهایی فوقانی تقسیم گردید تا نتیجه به‌صورت درصد نمایش داده شود (شکل شماره ۱).

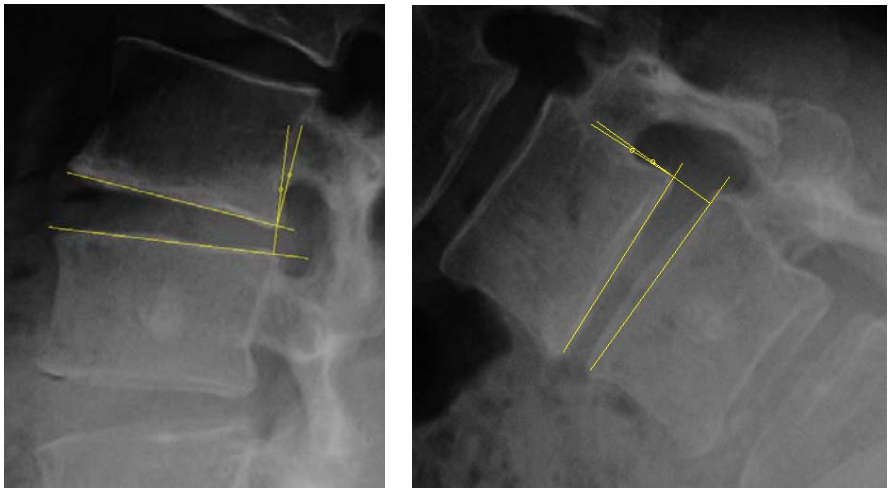


شکل شماره ۱- جابه‌جایی در اکستنشن= ۰/۴۲ میلی‌متر و جابه‌جایی در فلکشن= ۴/۰۴ میلی‌متر، بنابراین مقدار حرکت در صفحه ساجیتال یا همان ناپایداری حرکتی ساجیتال برابر است با ۳/۶۲ میلی‌متر.

برای اندازه‌گیری زاویه بین مهره‌ها از روش Cobb استفاده گردید؛ بدین منظور خطی مماس بر صفحه‌های انتهایی دو مهره مجاور رسم شد و خطی عمود بر آن‌ها کشیده شد، سپس زاویه بین این دو خط عمود اندازه‌گیری شد. برای بررسی زوایای لوردوتیک از اعداد مثبت و برای زوایای کایفوتیک از اعداد منفی استفاده شد. از اصطلاح ناپایداری چرخشی ساجیتال (Sagittal Rotational Instability) برای نشان دادن کل حرکت در فلکشن و اکستنشن استفاده گردید (شکل شماره ۲). برای محاسبه ارتفاع قدامی و خلفی دیسک از کات‌های ساجیتال میانی در نماهای T2 weighted fast spin echo کلیشه‌های ام‌آرآی ۱/۵ تسلا استفاده

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-11-10]

گردید. برای تعیین گریدهای دژنراسیون دیسک نیز از همین کات ام‌آرآی استفاده شد. کلیه کلیشه‌ها با رزولوشن بالا اسکن می‌شدند و تمام پارامترها به‌وسیله یک نفر توسط نرم‌افزار کامپیوتری ۳ بار اندازه‌گیری شد و میانگین آن‌ها برای بررسی‌های آماری ثبت گردید. برای ارزیابی‌های آماری با توجه با وابستگی میان متغیرها از تست GEE (Generalized Estimating Equations) همراه با تصحیح بونفرونی در نرم‌افزار SPSS ویرایش ۲۲ استفاده شد. مقدار P کمتر از ۰/۰۵ به‌عنوان سطح معنی‌دار درنظر گرفته شد.



شکل شماره ۲- زاویه در اکستنشن= ۷/۵۲ درجه و زاویه در فلکشن= ۳/۳۵- درجه، بنابراین کل مقدار چرخش در صفحه ساجیتال یا همان ناپایداری چرخشی ساجیتال برابر است با ۱۰/۸۷ درجه.

نتایج

تعداد ۶۷ زن و ۲۳ مرد با میانگین سنی ۱۳/۳±۴۷/۳ (۱۸ تا ۸۹) سال وارد مطالعه شدند که در مجموع ۳۶۰ سگمان حرکتی از L2 تا S1 برای بررسی فراهم گردید. بین سن و شدت دژنراسیون ارتباط مستقیم مشاهده شد (P=۰، r=۰/۵۸۱)، ولی فراوانی پیدایش دژنراسیون در زن و مرد با هم تفاوت معنی‌دار نداشت (P=۰/۹۶۵). بیشترین فراوانی دژنراسیون مشاهده شده گرید ۲ بود. فراوانی گریدهای دژنراسیون در سگمان‌های حرکتی مختلف در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. میانگین ناپایداری حرکتی ساجیتال، ناپایداری چرخشی ساجیتال، ارتفاع قدامی و ارتفاع خلفی دیسک در گریدهای مخالف دژنراسیون در جدول شماره ۲ نشان داده شده است. مقایسه آماری داده‌های مطالعه به شرح زیر است: ۱- در مورد ناپایداری حرکتی ساجیتال بین دیسک‌های نرمال و دیسک‌های دژنره گرید ۲ و ۳ اختلاف آماری معنی‌دار بود. هم‌چنین، بین گریدهای ۲ و ۳ نیز اختلاف آماری معنی‌دار مشاهده شد (P<۰/۰۰۰۱ برای هر سه حالت)؛ ۲- در مورد ناپایداری چرخشی ساجیتال اختلاف مشاهده شده بین تمام گریدها معنی‌دار بود (P<۰/۰۰۰۱ بین گریدهای ۱ با ۳ و ۲ با ۳ و P=۰/۰۳۱ برای گرید ۱ با ۲)؛ ۳- در مورد ارتفاع دیسک در قسمت قدامی و خلفی نتایج مشابه هم بود؛ بدین‌صورت که بین گریدهای ۱ با ۳ و هم‌چنین ۲ با ۳ اختلاف آماری معنی‌دار بود (P<۰/۰۰۰۱ در همه موارد)، اما بین گرید ۱ و ۲ اختلاف آماری معنی‌دار نبود (P=۰/۱۶۷ برای ارتفاع قدامی و P=۰/۰۷۶ برای ارتفاع خلفی دیسک)؛ بین ارتفاع خلفی دیسک و ناپایداری حرکتی ساجیتال ارتباط معنی‌داری مشاهده نشد (P=۰/۲۳۷، r=۰/۰۶۳)، اما بین ارتفاع خلفی دیسک و ناپایداری چرخشی ساجیتال ارتباط مستقیم مشاهده شد (P=۰/۰۰۲، r=۰/۱۹۳).

جدول شماره ۱- فراوانی گریدهای مختلف دژنراسیون در سگمان‌های حرکتی مختلف

	گرید ۱	گرید ۲	گرید ۳	کل
L2-L3	۳۲	۴۸	۱۰	۹۰
L3-L4	۳۱	۵۰	۹	۹۰
L4-L5	۲۲	۵۳	۱۵	۹۰
L5-S1	۲۰	۴۲	۲۸	۹۰
کل	۱۰۵	۱۹۳	۶۲	۳۶۰

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-11-10]

جدول شماره ۲- میزان فراوانی پارامترهای مورد مطالعه در سگمان-های حرکتی

	دژنراسیون گرید ۱	دژنراسیون گرید ۲	دژنراسیون گرید ۳
ناپایداری حرکتی ساجیتال (میلی‌متر)	۶/۲۳±۰/۳۶ (۲ –۱۶/۴)	۵/۴۶±۰/۲۸ (۰ –۲۴/۸)	۴/۱۸±۰/۴۵ (۰ –۱۲/۹)
ناپایداری چرخشی ساجیتال (درجه)	۱۱/۶۵±۰/۵۴ (۱/۲–۲۵/۶)	۱۰/۱۴±۰/۴۲ (۰ –۲۶/۷)	۶/۷۴±۰/۵۸ (۰ –۱۸/۸)
ارتفاع قدامی دیسک (میلی‌متر)	۱۱/۳۹±۰/۲۴ (۶/۴ –۱۸/۱)	۱۱/۶۷±۰/۲۱ (۲۰–۴)	۹/۰۷±۰/۴۱ (۳/۲ –۱۶/۷)
ارتفاع خلفی دیسک (میلی‌متر)	۷/۵۶±۰/۱۸ (۳/۱–۱۴/۵)	۷/۲۹±۰/۱۵ (۱/۲ –۱۶)	۴/۴۹±۰/۲۴ (۱/۶–۹/۷)

بحث

بیماری‌های دژنراتیو دیسک یکی از شایع‌ترین مشکلات ستون فقرات در بیماران می‌باشد که آن‌ها را به کلینیک‌های ارتوپدی و ستون فقرات می‌کشاند. این بیماری‌ها همان‌طور که از نامشان پیداست وابسته به سن هستند؛ به‌عبارت دیگر با افزایش سن شیوع آن‌ها نیز پیشرفت می‌کند و در مطالعه ما نیز این مسئله آشکار بوده، چراکه بین شدت دژنراسیون و سن بیمارن ارتباط مستقیم وجود داشت. امروزه بسیاری از منابع مقدار جابه‌جایی مهره در پلان ساجیتال بیشتر از ۴ میلی‌متر و چرخش مهره بیشتر از ۱۰ درجه را نشانهٔ ناپایداری می‌دانند [۱۷،۱۶]، اما در مقابل تحقیقاتی نیز وجود دارند که این اعداد را زیر سوال می‌برند. Hayes و همکاران در مطالعه‌ای روی ۵۹ فرد داوطلب نشان دادند که در ۲۰ درصد داوطلبین جابه‌جائی بیشتر از ۴ میلی‌متر مشاهده می‌شود و هم‌چنین محدوده وسیعی از چرخش از ۱ تا ۲۷ درجه را در داوطلبین نشان دادند [۱۸]. از طرف دیگر مقادیر ذکر شده برای ناپایداری مقادیر استاتیک هستند. Leone و همکاران در مطالعه‌ای که روی بیماران دچار اسپوندیلولیستزیس دژنراتیو انجام شد، نشان دادند دیده شدن جابه‌جایی مهره در پلان ساجیتال الزاما دلیل ناپایداری سگمان حرکتی نیست، چراکه ممکن است مهره در وضعیت فعلی خود پایدار شده باشد [۷] که علت آن کاهش فضای دیسک است؛ به‌عبارت دیگر با کاهش فضای دیسک، دو مهره مجاور کاملا بهم نزدیک شده و در موارد پیشرفته حتی بهم می-چسبند که در این موارد هرچند در رادیوگرافی ساده لغزندگی مهره مشاهده می‌شود، اما در رادیوگرافی‌های فلکشن-اکستنشن جابه‌جایی بیشتری مشاهده نمی‌شود. با توجه به مطالعات ذکر شده ما برای اولین بار تصمیم گرفتیم از یک معیار دینامیک استفاده کنیم و به همین منظور از اصطلاحات ناپایداری حرکتی و چرخشی ساجیتال استفاده کردیم؛ منظور از این اصطلاحات، مقدار حرکتی است که سگمان‌های حرکتی در فلکشن و اکستنشن انجام می‌دهند. در این مطالعه با پیشرفت روند دژنراسیون کاهش در حرکات سگمان‌های حرکتی مشاهده گردید، به‌طوری‌که عبور از هر گرید دژنراسیون و وارد شدن به گرید بعدی با اختلاف معنی‌دار همراه بود. محسوس‌ترین کاهش حرکت مربوط به گرید ۳ دژنراسیون بود و تفاوت اصلی این گرید با سایر گریدها کاهش فضای دیسک است، لذا با مشاهده این نتیجه ارتباط بین پارامترهای حرکتی با ارتفاع دیسک جستجو شد که ارتباط بین گرید ۳ با دو گرید دیگر معنی‌دار بود، اما بین گریدهای ۱ و ۲ که کاهش فضای دیسک وجود نداشت، این ارتباط معنی‌دار نبود. در تئوری ارائه شده توسط Kirkaldy-Willis و Farfan [۶] بین مرحله اختلال موقتی عملکرد و مرحله آوردن ثبات، یک مرحلهٔ بی‌ثباتی وجود دارد. در تحقیق ما می‌توان گفت که گرید ۳ دژنراسیون معادل فاز به‌دست آوردن ثبات است، ولی وجود مرحله اختلال موقتی عملکرد اثبات نگردید و نمونه‌های ما یک روند پیش‌رونده در کاهش حرکات سگمان‌های حرکتی را بروز داده بودند، ولی از طرف دیگر هیچ مطالعه دیگری روی حرکات ستون فقرات در گریدهای مختلف دژنراسیون انجام نشده است تا بتوانیم مطالعه خود را با آن مقایسه کنیم، لذا در این زمینه نیاز برای تحقیقات بیشتر وجود دارد و مطالعات بعدی پاسخ‌گوی نظریات بیشتر خواهند بود.

نتیجه‌گیری

روند دژنراسیون با افزایش سن تشدید می‌گردد و با افزایش شدت دژنراسیون در سگمان‌های حرکتی ستون فقرات فضای دیسک به‌طور پیش‌رونده کاهش می‌یابد و حرکات چرخشی و جابه‌جایی ستون فقرات کاهش پیدا می‌کنند.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پایان نامه دانشجویی خانم دکتر محبوبه زیدآبادی‌نژاد در دانشگاه علوم پزشکی کرمان می‌باشد و بدین-وسیله از زحمات ایشان قدردانی می‌نماییم.

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-11-10]

References:

[1] Kuslich S, Ulstrom C, Michael C. The tissue origin of low back pain and sciatica: a report of pain response to tissue stimulation during operations on the lumbar spine using local anesthesia. ***Orthopedic Clinics North America*** 1991; 22(2): 181.

[2] Mimura M, Panjabi MM, Oxland TR, Crisco JJ, Yamamoto I, Vasavada A. Disc degeneration affects the multidirectional flexibility of the lumbar spine. ***Spine (Phila Pa 1976)*** 1994; 19(12): 1371-80.

[3] Luoma K, Riihimäki H, Luukkonen R, Raininko R, Viikari-Juntura E, Lamminen A. Low back pain in relation to lumbar disc degeneration. ***Spine (Phila Pa 1976)*** 2000; 25(4): 487-92.

[4] Urban JP, Roberts S. Degeneration of the intervertebral disc. ***Arthritis Res Ther*** 2003; 5(3): 120-38.

[5] Niosi CA, Oxland TR. Degenerative mechanics of the lumbar spine. ***Spine J*** 2004; 4(6 Suppl): S202-S8.

[6] Kirkaldy-Willis WH, Farfan HF. Instability of the lumbar spine. ***Clin Orthop Relat Res*** 1982; (165): 110-23.

[7] Leone A, Cassar-Pullicino VN, Guglielmi G, Bonomo L. Degenerative lumbar intervertebral instability: what is it and how does imaging contribute? ***Skeletal Radiol*** 2009; 38(6): 529-33.

[8] Soini J, Antti-Poika I, Tallroth K, Konttinen Y, Honkanen V, Santavirta S. Disc degeneration and angular movement of the lumbar spine: comparative study using plain and flexion-extension radiography and discography. ***J Spinal Disord Techniques*** 1991; 4(2): 183-7.

[9] Lawrence J. Disc degeneration. Its frequency and relationship to symptoms. ***Ann Rheum Dis*** 1969; 28(2): 121-38.

[10] Fujiwara A, Lim TH, An HS, Tanaka N, Jeon CH, Andersson GB, et al. The effect of disc degeneration and facet joint osteoarthritis on the segmental flexibility of the lumbar spine. ***Spine (Phila Pa 1976)*** 2000; 25(23): 3036-44.

[11] Grobler LJ, Robertson PA, Novotny JE, Pope MH. Etiology of spondylolisthesis: assessment of the role played by lumbar facet joint morphology. ***Spine (Phila Pa 1976)***1993; 18(1): 80-91.

[12] Dvorak J, Panjabi M, Chang D, Theiler R, Grob D. Functional radiographic diagnosis of the lumbar spine: flexion-extension and lateral bending. ***Spine (Phila Pa 1976)*** 1991; 16(5): 562-71.

[13] Murata M, Morio Y, Kuranobu K. Lumbar disc degeneration and segmental instability: a comparison of magnetic resonance images and plain radiographs of patients with low back pain. ***Arch Orthop Trauma Surg*** 1994; 113(6): 297-301.

[14] Pfirrmann CW, Metzdorf A, Zanetti M, Hodler J, Boos N. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration. ***Spine (Phila Pa 1976)*** 2001; 26(17): 1873-8.

[15] Dupuis PR, Yong-Hing K, Cassidy JD, Kirkaldy-Willis WH. Radiologic diagnosis of degenerative lumbar spinal instability. ***Spine (Phila Pa 1976)*** 1985; 10(3): 262-76.

[16] Boden SD, Wiesel SW. Lumbosacral Segmental Motion in Normal Individuals Have We Been Measuring Instability Properly? ***Spine (Phila Pa 1976)*** 1990; 15(6): 571-6.

[17] Leone A, Guglielmi G, Cassar-Pullicino VN, Bonomo L. Lumbar Intervertebral Instability: A Review 1. ***Radiology*** 2007; 245(1): 62-77.

[18] Hayes MA, Howard TC, Gruel CR, Kopta JA. Roentgenographic evaluation of lumbar spine flexion-extension in asymptomatic individuals. ***Spine (Phila Pa 1976)***1989; 14(3): 327-31.

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2026-11-10]