

УДК 616.721–045.25–044.96(477)

Ремоделирование позвоночных сегментов при различных вариантах спондилолистеза

В.А. Куценко, Аль Рашед Мухаммад

ГУ «Институт патологии позвоночника и суставов им. проф. М.И. Ситенко АМН Украины», Харьков
Одесский медицинский государственный университет. Украина

In order to study some pathogenetic factors of different variants of spondylolisthesis, the authors analysed transformation parameters of lumbar vertebral bodies and sacrum, vertebral pedicles, arches and articular processes. The parameters of vertebral segment remodelling in patients with dysplastic and degenerative variants of spondylolisthesis principally differed and could serve as a differential criterion for identifying dysplastic and degenerative types of spondylolisthesis. The revealed differences explain distinctive features in the mechanisms of displacement in patients with degenerative spondylolytic and lysis-free spondylolisthesis.

З метою вивчення деяких патогенетичних факторів різних варіантів спондилолістезу було визначено параметри трансформації тіл поперекових хребців і крижів, ніжок хребців, дуг і суглобових відростків. Параметри ремоделювання хребтових сегментів принципово розрізняються у пацієнтів з диспластичними та дегенеративними варіантами спондилолістезу і можуть бути диференційним критерієм ідентифікації диспластичного і дегенеративного типів спондилолістезу. Виявлені відмінності пояснюють розрізнявальні особливості механізмів зміщення у пацієнтів з дегенеративним спондилолістезом і безлізисним спондилолістезом.

Ключевые слова: спондилолистез, ремоделирование костной ткани

Введение

Моделирование кости представляет собой процесс отложения костной ткани на поверхности кости без необходимости предшествующей резорбции.

Ремоделирование — это процесс трансформации костных органов и их элементов путем остеокластической резорбции костных пластинок с формированием дефектов, которые заполняются новообразованной костной тканью за счет остеобластической активности [1]. Трансформация (ремоделирование, перестройка) костной ткани происходит в соответствии с законом J. Wolff [2], служит основным механизмом структурной адаптации кости к изменившимся условиям функционирования [3] и является важным патогенетическим фактором заболеваний скелета [1].

Особенности ремоделирования позвонков при спондилолистезе отражают процессы адаптации и дезадаптации костной ткани под влиянием механических и метаболических патогенетических

факторов. Циклический процесс резорбционно-активационной трансформации костной ткани у человека завершается в течение 3–6 месяцев [1], поэтому по результату ремоделирования позвонков можно судить о действующих на позвонки и их элементы нагрузках и об активности костеобразования, то есть о некоторых механизмах патогенеза спондилолистеза. Так, спондилолиз и элонгация межсуставной части дуги LV при диспластическом спондилолистезе возникают под влиянием напряжений в костной ткани, генерируемых одинаковыми изгибающими и сдвиговыми силами, но при спондилолизе усталостное повреждение происходит в условиях более активной остеокластической и менее активной остеобластической реакции, а при элонгации межсуставной части дуги преобладают процессы активного костеобразования.

Цель работы — изучение рентгенометрических параметров трансформации тел позвонков и крестца, ножек позвонков, дуг и суставных отростков.

Таблица 1. Распределение пациентов со спондилолистезом по группам, полу и возрасту

Нозологическая форма заболевания	Кол-во (X±s)%	Пол		Возраст		
		М (P±s _{PM})%	Ж (P±s _{PF})%	min	max	Средний (X±s)
A – диспластический спондилолистез LV без спондилолиза	31 (11,5±2,7)	14 (45,2±8,9)	17 (54,8±8,9)	11	46	22,54±9,05
B – диспластический спондилолистез LV	53 (19,7±3,3)	28 (52,8±6,8)	25 (47,2±6,8)	11	36	20,1±6,6
C – диспластический спондилолистез LIV	19 (7,1±2,2)	13 (68,4±10,6)	6 (31,6±10,6)	13	54	30,7±11,1
D – дегенеративный спондилолистез LV	52 (19,3±2,5)	22 (42,3±9,7)	30 (57,7±9,7)	38	66	51,2±8,3
E1 – дегенеративный спондилолистез LIV(III)	44 (16,4±2,4)	20 (45,5±10,6)	24 (54,5±10,6)	32	64	45,7±7,1
E2 – дегенеративный спондилолистез LIV(III) без спондилолиза	42 (15,6±2,3)	10 (23,8±9,3)	32 (76,2±9,3)	45	66	54,8±6,3
F – дегенеративный лестничный спондилолистез	28 (10,4±1,9)	10 (35,7±12,8)	18 (64,3±12,8)	38	68	53,4±9,5
Всего больных	269 (100)	117 (43,5±3,6)	152 (56,5±3,6)	11	68	

Материал и методы

Проанализированы протоколы обследования и медицинская документация 269 пациентов с различными вариантами спондилолистеза.

В зависимости от нозологической формы заболевания все пациенты распределены на группы A, B, C, D, E1, E2, F, как представлено в табл. 1.

Контрольную группу (G) составили 100 человек с поясничным остеохондрозом, спондилоартрозом.

Рентгенометрию проводили однократно. Всем больным выполняли рентгенографию в двух стандартных проекциях, функциональную боковую спондилографию. Измеряли следующие параметры:

- степень трапециевидности деформации тела позвонка (DV) — соотношение переднего и заднего размера позвонка на профильных рентгенограммах;
- параметр DDV показывает разницу DV смещенного позвонка с DV соседних позвонков;
- параметры формы дуг позвонков и дугоотростчатых суставов измеряли на боковых и переднезадних рентгенограммах. Схема измерения величины элонгации дуги (EL), угла An (между продольной осью дуги и нижними суставными отростками и линией, параллельной заднему контуру тела позвонка), длины ножек дуг (Pd), спондилолиза (SpL) представлена на рис. 1;
- Fas, Faf, Fah — углы ориентации дугоотростчатых суставов в сагиттальной, фронтальной и горизонтальной плоскостях соответственно;
- DPd — разница Pd смещенного позвонка с Pd соседних позвонков;
- DEL — разница EL смещенного позвонка с EL соседних позвонков;

– DAn — разница An смещенного позвонка с An соседних позвонков.

О степени деформации проксимального отдела крестца судили по величине передневерхнего угла тела позвонка SI (Sa) и величине куполообразности проксимальной площадки позвонка SI (Sh) (рис. 2).

Всем пациентам была проведена МРТ и КТ поясничного отдела позвоночника.

Статистическую обработку проводили методом описательной статистики для количественных и качественных переменных с расчетом процентов и их ошибок.

Результаты и их обсуждение

Рассчитаны средние значения и стандартное отклонение параметров ремоделирования позвонков при различных вариантах спондилолистеза.

На боковых рентгенограммах тела позвонков выглядят в норме в виде прямоугольников, у которых высота переднего и заднего контура почти одина-

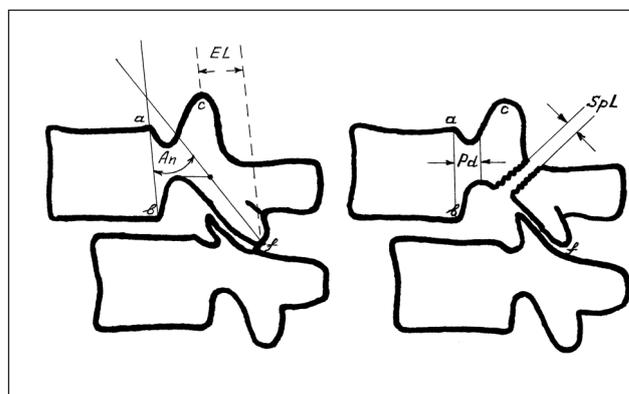


Рис. 1. Схема измерения показателей EL, An, Pd, SpL

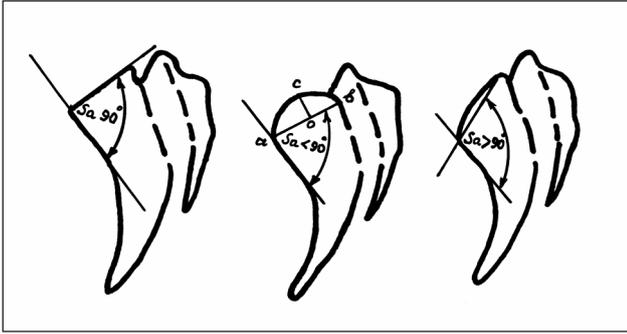


Рис. 2. Схема измерения передневерхнего угла SI и степени куполообразной формы верхней площадки SI (Sa)

кова ($DV=1,0$). Тело позвонка LV в норме имеет небольшую степень трапециевидности ($DV<1,0$). У пациентов с остеохондрозом и спондилоартрозом (гр. G) $DV5=0,92\pm 0,05$, а $DV4$ и $DV3$ — около единицы. На рис. 3 показаны средние значения параметра $DV5$. Из диаграммы видно, что у пациентов с диспластическим спондилолистезом LV (гр. А и В) показатель $DV5$ существенно меньше, чем в группах С, D, E1, E2 и F. У пациентов с диспластическим спондилолистезом LIV величина $Dv5$ больше, чем в группах А и В ($p<0,01$ и $p<0,001$ соответственно), однако существенно меньше, чем в группах D, E1, E2 и F, то есть с дегенеративным спондилолистезом ($p<0,05$).

Степень трапециевидности LIV также значительно больше (то есть параметр $DV4$ меньше) у пациентов групп А и В, что показано на рис. 4 а.

Параметр $DV4$ меньше в группе А по сравнению с группой E1, что статистически значимо на уровне ($p<0,001$) с группой E2 ($p<0,01$), а с группой F значимо на уровне ($p<0,05$).

Различия по параметру $DV4$ с группой С нет, хотя напомним, что в группе С имеется диспластический спондилолистез LIV, то есть $DV4$ характеризует форму смещенного позвонка, а в группах А и В — вышележащего позвонка. Иными словами, трапециевидная трансформация вышележащего позвонка LIV в группах А и В такая же, как и трапециевидная перестройка смещенного позвонка LIV в группе С. В группе D параметр $DV4$ отличается

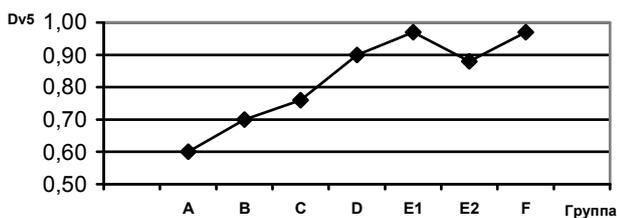
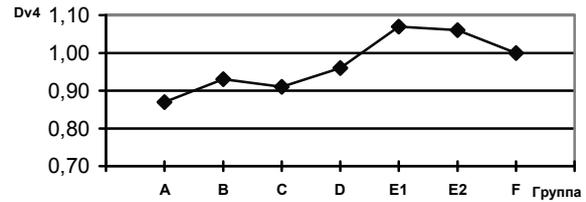
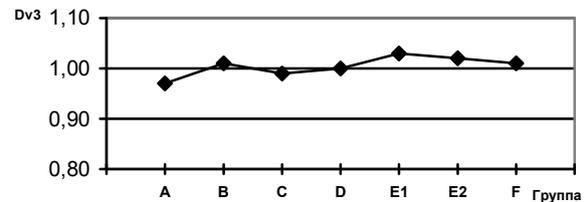


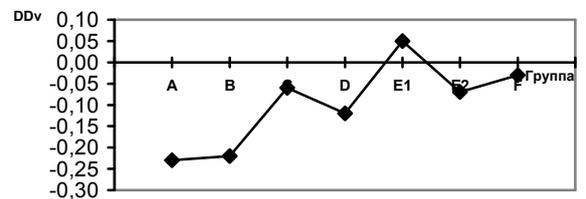
Рис. 3. График средних значений трапециевидной деформации тела LV ($Dv5$) при различных вариантах спондилолистеза



а



б



в

Рис. 4. График средних значений деформации тел позвонков при различных вариантах спондилолистеза: а) $DV4$; б) $DV3$; в) DDV

от этого параметра в группе А незначительно, однако $p = 0,063$, что близко к границе статистической значимости различия. Иными словами, при диспластическом спондилолистезе LV ремоделирование тела смещенного позвонка больше, чем при дегенеративном спондилолистезе LV, хотя статистически незначимо.

В группах дегенеративного спондилолистеза $DV4 \geq 1,0$, то есть мало отличается от нормальных значений, что свидетельствует о явно меньшей активности процессов ремоделирования тел позвонков, и значительно больше параметра $DV4$ в группе А. Более того, в группе А степень трапециевидности тела LIV также больше, чем в остальных группах (рис. 4 б), хотя статистически незначимо.

Параметр DDV (рис. 4 в) показывает разницу DV смещенного позвонка с Dv соседних позвонков. Оказывается, у пациентов с диспластическим спондилолистезом LV (гр. А и В) DDV существенно меньше, чем в группах с дегенеративным спондилолистезом LIV(III), то есть в группах E1, E2 и F ($p<0,001$). В этих группах DDV близок к нулю, то есть разницы величины DV смещенного и соседних позвонков практически нет.

Таким образом, трапециевидное ремоделирование смещенного позвонка происходит преимущественно у пациентов с диспластическим спондило-

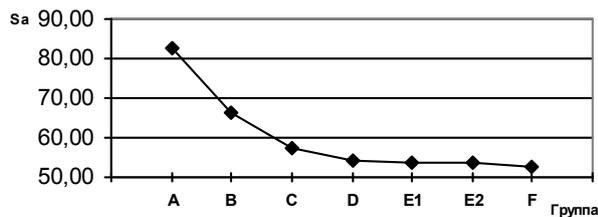


Рис. 5. График средних значений передневерхнего угла SI (Sa) при различных вариантах спондилолистеза

листезом, а при дегенеративном спондилолистезе явление ремоделирования смещенного позвонка отсутствует. Этот факт подтверждается тем, что степень ремоделирования коррелирует с возрастом: коэффициенты корреляции (r) возраста и DV5 — 0,497, DV4 — 0,620; DV3 — 0,312, а DDV — 0,520 при статистической значимости $p < 0,01$. Корреляция обратная, то есть чем меньше возраст, тем больше трапециевидное ремоделирование тел позвонков.

Особенно ярко ремоделирование у молодых пациентов с диспластическим спондилолистезом LV (гр. А и В) проявляется изменением формы проксимального участка крестца. Показатель Sa, то есть величина передневерхнего угла тела S1 (рис. 5), существенно больше, чем в группах С ($p < 0,05$), D, E1, E2, F ($p < 0,001$).

Заметим, что в контрольной группе G Sa равно ($55,22 \pm 5,83$)°, то есть при дегенеративных вариантах спондилолистеза и при диспластическом спондилолистезе LIV величина Sa не отличается от этого параметра в группе G, но достоверно меньше, чем в группе А и В. Степень ремоделирования проксимального участка крестца обратно коррелирует с возрастом ($r = -0,708$; $p < 0,01$). Таким образом, трапециевидное ремоделирование тел позвонков (DV) и сглаживание передневерхнего угла тела S1 могут служить достоверными критериями дифференциации диспластического и дегенеративного спондилолистеза LV. Ремоделирование тела LIV по параметру DV4 существенно больше при диспластическом спондилолистезе LIV, чем при дегенеративном, что может служить дифференциальным критерием идентификации диспластического и дегенеративного типов спондилолистеза.

Преобладание ремоделирования тел позвонков и проксимального участка крестца у пациентов с диспластическим спондилолистезом и обратная возрастная корреляция этих параметров служат веским подтверждением большей активности резорбтивных и меньшей активности остеосинтетических процессов у лиц с диспластическим спондилолистезом, что, скорее всего, связано с дисгормональными нарушениями в пубертатном периоде роста

и созревания скелета. Ремоделирование дуг позвонков при спондилолистезе особенно ярко проявляется в элонгации и усталостном (стрессорном) повреждении межсуставных участков. Заметим, что при диспластическом спондилолистезе существенно чаще встречаются спондилолизные варианты, чем безлизиные, а при дегенеративном спондилолистезе, наоборот, существенно преобладают безлизиные варианты. Этот факт также подтверждает гипотезу о преобладании остеорезорбтивных процессов над остеопродуктивными у лиц с диспластическим спондилолистезом, об относительно меньшей активности остеорезорбции и большей активности остеобластической реакции у взрослых пациентов детородного возраста и об умеренном усилении остеорезорбции и уменьшении остеопродукции у лиц климактерического возраста и старше.

Это факт скорее всего связан с дисгормональными нарушениями в пубертатном и климактерическом периодах, но проблема связи спондилолистеза с дисгормональными нарушениями может быть решена в рамках специального исследования. Заметим, что величина дефекта межсуставной части дуги у пациентов группы В существенно больше, чем в группе E1, D, и F ($p < 0,001$).

Ремоделирование тела позвонка LV (трапециевидная форма тела и куполообразная деформация проксимальной части крестца) [4–7], а также величина прямого сдвига и углового смещения — скорее результат прогрессирования диспластического спондилолистеза LV, а не причина его. Так, по данным W.M. Yue et al. [8], постоянным признаком прогрессирования спондилолистеза является куполообразная трансформация проксимальной части крестца, однако такая деформация лишь ретроспективно указывает на факт прогрессирования, но не служит критерием дальнейшего прогрессирования смещения [9].

Величина элонгации дуги LV (E15) существенно больше при диспластических вариантах спондилолистеза, чем при дегенеративных (значимость различий варьирует от $p < 0,05$ до $p < 0,001$). Естественно, показатель E14 существенно меньше при диспластическом спондилолистезе LV, чем при дегенеративных вариантах спондилолистеза (гр. D, E1, E2, и F). Степень значимости различий варьирует от $p < 0,05$ (гр. D) до $p < 0,001$ (гр. E1, E2 и F).

Весьма любопытные данные получены при изучении ремоделирования ножек дуг и суставных отростков. На рис. 6 представлены в виде графиков средние величины переднезадних размеров ножек дуг позвонков LV, LIV, LIII и величины различий показателей Pd смещенного и соседних позвонков (DPd).

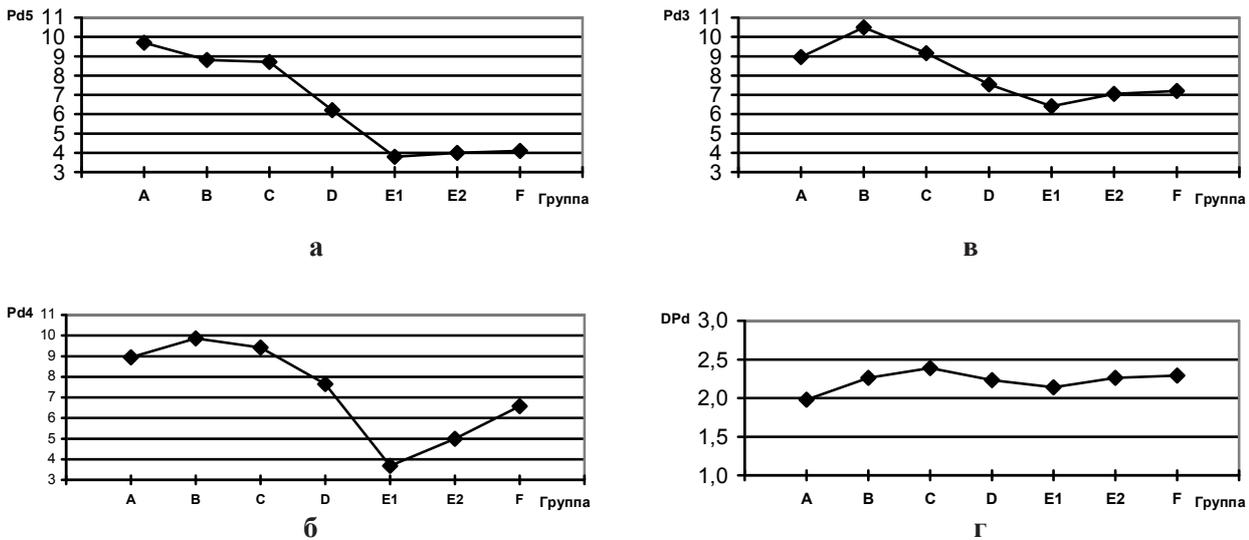


Рис. 6. График средних величин длины ножек дуг (Pd) при различных вариантах спондилолистеза: а) Pd5; б) Pd4; в) Pd3; г) DPd

Из графиков видно, что в группах А, В и С, то есть при диспластическом спондилолистезе, отмечается наибольшая элонгация ножек дуг позвонков LV, LIV, LIII.

Величины Pd5, Pd4 и Pd3 в группах А, В и С почти одинаковы, а различия статистически незначимы. В группе А Pd5 существенно больше, чем во всех группах с дегенеративными вариантами спондилолистеза ($p < 0,001$). В этой же группе диспластического безлизиного спондилолистеза отмечено существенное увеличение Pd4, чем в группах E1, E2 и F, но статистически незначимо больше, чем в группе D. Особенно велика статистическая значимость различий Pd4 в группе А по сравнению с группой E1 ($p < 0,001$), менее значима разница с группой E2 ($p < 0,01$) и наименьшая с группой F ($p < 0,05$). Даже на уровне позвонка LIII отмечается статистически значимая элонгация ножек дуг при диспластических вариантах спондилолистеза LV и LIV по сравнению с дегенеративным спондилолистезом LIV(III), то есть в группах E1 и E2 ($p < 0,01$ и $p < 0,05$ соответственно). Соотношение длины ножек дуг смещенного позвонка с показателем Pd в соседних позвонках (DPd) особенно мало в группе А, хотя статистические различия в группах по этому параметру недостоверны.

Исходя из закона трансформации J. Wolff [2], можно утверждать, что у пациентов с диспластическим спондилолистезом, особенно в группах А и В, в ножках дуг всех нижнепоясничных позвонков, особенно на уровне смещения, преобладают напряжения растяжения, что и приводит к их элонгации. Но для появления сил и напряжений растяжения в ножках дуг и в межсуставных частях

дуг устойчивость к сдвиговым нагрузкам должна быть меньшей, чем устойчивость в дугоотростчатых суставах. Такая биомеханическая ситуация особенно реальна при физолизе одного или обоих позвонков на уровне смещения, при дисплазиях, снижающих жесткость и устойчивость к переднему сдвигу: продольновытянутая форма тел позвонков, уменьшение длины и толщины поперечных отростков, высокое стояние позвонка LV относительно межгребневой линии, увеличение длины и уменьшение толщины пояснично-подвздошных связок. Напомним, что именно такие дисплазии существенно чаще встречаются при диспластических вариантах спондилолистеза. Угол An, то есть угол между продольной осью дуги и нижних суставных отростков и линией, параллельной заднему контуру тела позвонка, при всех типах и вариантах спондилолистеза существенно больше по сравнению с аналогичными значениями An в контрольной группе больных без спондилолистеза ($p < 0,01$).

На рис. 7 показаны средние значения угла An позвонков LV, LIV, LIII и соотношение An смещенного и соседних позвонков. Параметр An5 существенно больше в группах диспластического спондилолистеза LV (гр. А и В), чем при дегенеративном спондилолистезе LV (гр. D).

Отклонение дуги и суставных отростков позвонка LIV наибольшее в группе дегенеративного безлизиного спондилолистеза LIV (гр. E2) и при дегенеративном лестничном спондилолистезе (гр. F).

Таким образом, горизонтализация дуг и нижних суставных отростков, то есть увеличение угла An, на уровне смещения имеется при всех вариантах спондилолистеза, но численные значения угла An

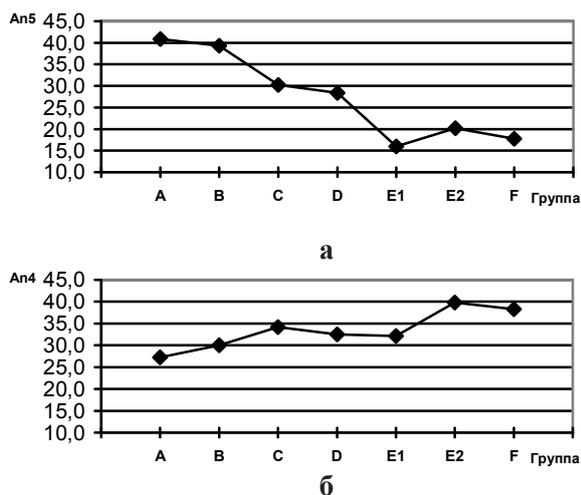


Рис. 7. График средних значений углового отклонения (An) дуг и нижних суставных отростков при различных вариантах спондилолистеза: а) LV; б) LIV

больше при диспластическом спондилолистезе LV. Особенно значительна горизонтализация дуг и нижних суставных отростков при безлизиных вариантах как диспластического, так и дегенеративного спондилолистеза. Горизонтализация суставных фасеток дугоотростчатых суставов проявляется уменьшением угла Fah : чем меньше значение угла Fah , тем более горизонтально ориентированы плоскости дугоотростчатых суставов на профильных рентгенограммах. Наиболее велика горизонтализация суставных фасеток (то есть уменьшение угла Fah) в группе больных с диспластическим безлизиным спондилолистезом LV (гр. А). В группе В угол $Fah5$ составляет $30,8^\circ$, что почти в 2,5 раза больше, чем в группе А. При дегенеративном спондилолистезе LV (гр. D) угол $Fah5$ в среднем равен $41,1^\circ$ и существенно больше, чем в группе А (в 3 раза). Горизонтализация суставных фасеток на уровне смещения в группах пациентов с дегенеративными вариантами спондилолистеза LIV имеется у всех обследованных, но степень такой трансформации дугоотростчатых суставов не столь велика.

Положение суставной щели дугоотростчатых суставов относительно сагиттальной плоскости определяется углом Fas : чем больше угол, тем более сагиттально ориентированы суставные щели, и наоборот, чем меньше Fas , тем фронтальнее плоскость сустава. Судя по нашим данным, дегенеративный спондилолистезный спондилолистез (гр. E1) и дегенеративный безлизиный спондилолистез (гр. E2) значительно отличаются по параметру Fas не только на уровне смещения, но и в соседних сегментах. На рис. 8 представлены графики средних значений Fas в сегментах LV-SI, LIV-LV и LIII-LIV у пациентов групп E1 и E2.

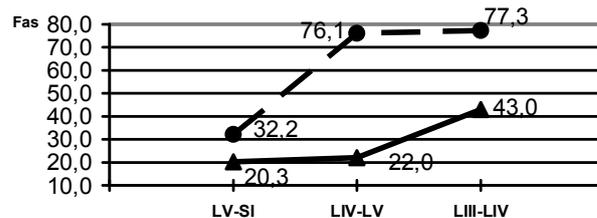


Рис. 8. График средних величин Fas в нижнепоясничных сегментах в группах E1 и E2

Известно, что в сегменте LV-SI в норме плоскость дугоотростчатых суставов приближается к фронтальной. Но даже в этом сегменте угол Fas существенно больше у пациентов группы E2, чем в группе E1 ($p < 0,05$).

На уровне смещения (LIV-LV) плоскость суставов у пациентов группы E1 ориентирована почти фронтально ($Fas4 = 22,0^\circ$), а в группе E2 — почти сагиттально ($Fas4 = 76,1^\circ$), различия достоверны ($p < 0,001$).

Сагиттализация суставов в сегменте LIII-LIV также значительно больше у пациентов группы E2 ($Fas3 = 77,3^\circ$) по сравнению с группой E1 ($Fas3 = 43,0^\circ$). Сагиттализация дугоотростчатых суставов в группе E2 больше, чем в группе E1, не только на уровне смещения, но и в соседних сегментах. Из этого следует, что в группе E2, то есть у больных с дегенеративным спондилолистезом LIV, не только наблюдается сагиттальное ремоделирование суставных фасеток, но сагиттальная ориентация нижнепоясничных сегментов предшествует формированию спондилолистеза, в отличие от дегенеративного спондилолистезного спондилолистеза, при котором предшествует более фронтальная ориентация нижнепоясничных дугоотростчатых суставов. Видимо, обнаруженные различия в группах E1 и E2 объясняют варианты механизмов смещения у пациентов с дегенеративным спондилолистезом и безлизиным спондилолистезом [10].

Заключение

Параметры ремоделирования позвоночных сегментов принципиально различаются и могут служить дифференциальным критерием идентификации диспластического и дегенеративного типов спондилолистеза. Полученные данные могут быть использованы при диагностике различных вариантов спондилолистеза и прогнозировании течения заболевания.

Литература

1. Sommerfeldt D.W. Biology of bone and how it orchestrates the form and function of the skeleton / D.W. Sommerfeldt, C.T. Rubin // Eur. Spine J. — 2001. — Vol. 10. — P. S86–S95.

2. Wolff J. Das Gesetz der transformation des khochens / J. Wolff. — Berlin: Hirschwald, 1892.
3. Гайко Г.В. Остеоартроз. Новий підхід до його профілактики / Г.В. Гайко, А.Т. Бруско, Є.В. Лимар // Вісн. ортоп., травматол. та протез. — 2005. — № 2. — С. 58.
4. Frennered A.K. Natural history of symptomatic isthmic low-grade spondylolisthesis in children and adolescents: A seven-year follow up study / A.K. Frennered, B.J. Danielson, A.L. Nachemson // J. Pediatr. Orthop. — 1991. — Vol. 11. — P. 209–213.
5. Wiltse L.L. Classification of spondylolysis and spondylolisthesis / L.L. Wiltse, P.H. Newman, J. Macnab // Clin. Orthop. — 1976. — Vol. 117, № 1. — P. 23–29.
6. Wiltse L.L. Treatment of spondylolisthesis and spondylolysis in children / L.L. Wiltse, D.W. Jackson // Clin. Orthop. Rel. Res. — 1976. — Vol. 117. — P. 23–29.
7. Changes of the sacrum in severe spondylolisthesis: a possible key pathology of the disorder / K. Takahachi, M. Jamagata, K. Takayanagi et al. // J. Orthop. Scien. — 2000. — Vol. 5, № 1. — P. 18–24.
8. Yue W.M. Abnormal spinal anatomy in 27 cases of surgically corrected spondyloptosis: proximal sacral endplate damage as a possible cause of spondyloptosis / W.M. Yue, W. Brodner, R. Gaines // Spine. — 2005. — Vol. 30, Supple 6. — P. 22–26.
9. DeWald R.L. Severe spondylolisthesis — introduction // Severe spondylolisthesis: Pathology, Diagnosis, Therapy / J. Harms, H. Sturs (eds). — Springer, 2003. — P. 1–13.
10. Куценко В.А. Поясничний спондилолистез (патогенез, діагностика, прогнозування і лікування): дис. ... докт. мед. наук / В.А. Куценко. — Харьков, 2009. — 555 с.

Статья поступила в редакцию 24.12.10

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ

В связи с тем, что журнал внесен в Перечень научных специализированных изданий, в которых могут публиковаться результаты диссертационных работ, обращаем ваше внимание на необходимость указывать на титульном листе статьи следующие сведения: 1) фамилию, инициалы; 2) название статьи; 3) полное название учреждения и отдела (кафедры, лаборатории), в котором выполнена работа. Фамилия автора и учреждение, в котором он(она) работает, должны быть снабжены одним цифровым индексом.

Кроме того, согласно требованиям ВАК, для публикации в журнале просьба предоставлять на отдельном листе сведения о каждом авторе: 1) фамилию, имя и отчество; 2) должность; 3) полный почтовый служебный адрес и e-mail; 4) номер служебного телефона и факса. Следует указать контактное лицо.

При подготовке статьи следует соблюдать правила для авторов, публикуемые в журнале.