Особенности биомеханики стопы при диабетической артропатии Шарко

В.Б. Бреговский, Т.Л. Цветкова, В.В. Лебедев, З.В. Крючкова, В.А. Кузьмина, И.А. Карпова, А.Г. Залевская

Территориальный диабетологический центр, ФГУП ГНТК «Модуль», Эндокринологический центр Калининского района, кафедра факультетской терапии СПбГМУ им. акад. И.П. Павлова, Санкт-Петербург

Под диабетической артропатией Шарко (нейроостеоартропатией) понимают неинфекционную деструкцию костей и суставов, ассоциированную с нейропатией [1]. Описанная впервые в 1868 г. как осложнение третичного сифилиса [2], в настоящее время артропатия Шарко (АШ) встречается преимущественно при сахарном диабете (СД). Частота этой патологии колеблется от 0,08 до 0,5%, что связано, в основном, с чувствительностью диагностических методик и контингентом обследуемых [3]. Преимущественно поражается средний отдел стопы – суставы Лисфранка, Шопара (60%). Реже выявляются деструкции в плюснефаланговых (31%) и голеностопных (9%) суставах [4].

АШ является состоянием, при котором риск развития язв стоп и ампутаций крайне высок [1]. Это связано с выраженной деформацией пораженной конечности в сочетании со значительным сенсорным дефицитом. Развитие язвенных дефектов чаще всего происходит при локализации артропатии в среднем отделе стопы и в голеностопном суставе, так как деформации при этих видах поражения наиболее выражены. Патогенез АШ до настоящего времени является предметом интенсивных исследований. К основным факторам развития этого осложнения относят полинейропатию, ряд изменений костной ткани, неферментативное гликирование связочного и суставного аппарата, обсуждается также роль других патологических состояний (хроническая почечная недостаточность, диабетическая энтеропатия). Пусковым механизмом асептической остеодеструкции является травма, нередко незначительная. В настоящее время большое значение в патогенезе АШ придаётся изменениям биомеханики пораженной конечности, которые, с одной стороны, приводят к перегрузке среднего отдела стопы и, с другой, являются одной из ведущих причин развития повреждений плантарной поверхности стопы. Целью данного исследования стало изучение биомеханики стоп при хронической стадии диабетической нейроостеоартропатии в среднем отделе.

Пациенты и методы

Клиническая характеристика обследованных больных представлена в табл. 1. Обследованы 160 больных ДС, у 15 из них выявлена хроническая стадия АШ среднего отдела (основная группа) и у 145 пациентов без проявлений АШ, выраженных деформаций (в частности, послеоперационных), но с наличием полинейропатии нижних конечностей (контрольная группа). Хроническая стадия артропатии верифицирована рентгенологически.

Оценка тяжести нейропатии проводилась 10-гр. монофиламентом Semmes-Weinstein по стандартной методике [3] и биотезиометром (Biothesiometer, США) на апикальной поверхности больших пальцев обеих стоп. У всех больных определялась отчётливая пульсация артерий стоп. Пациенты с АШ характеризовались более молодым возрастом, большей длительностью СД по сравнению с больными с полинейропатией. Соответственно частота и тяжесть хронических осложнений заболевания у пациентов с АШ были значительно больше.

Исследование распределения нагрузки под стопой (компьютерная педография) выполнено на платформе emed system (novel, Германия) по протоколу «первого шага». Для каждой стопы проводилось 5 измерений. Для анализа данных использовалось программное обеспечение, разработанное в novel.

Биомеханические параметры исследовали для целой стопы и её анатомических отделов: пальцы, передний отдел (область плюснефаланговых суставов), средний отдел (плюсневые кости, суставы Лисфранка и Шопара), пятка.

Оценивали следующие показатели: начало и конец контакта стопы с поверхностью платформы (в % от времени контакта всей стопы), время контакта (абсолютное, миллисекунды и в % от времени контакта всей стопы); площадь контакта ($см^2$); пиковые давления (максимальные давления) (кПа), интеграл давление-время (с учетом длительности воздействия давления) (кПа·с); момент времени, когда сила достигает максимальной величины, и момент времени, когда давление становится максимальным (в % от времени контакта всей стопы); сила вычисляется как произведение давления на площадь; арочный индекс (отношение площади среднего отдела к площади всей стопы без учёта пальцев) [5].

Таблица 1

Характеристика обследованных больных (n=160)		
Показатель	АШ (n=15)	Без АШ (n=145)
Мужчины/женщины	5/10	34/111
Возраст, лет	51,7±13,2	62,9 ±10,6
Тип диабета (1/2)	7/8	25/120
Длительность диабета, лет	23,4±9,6	13,7±10,1
Диабетическая ретинопатия	9 (60%)	42 (29%)
Диабетическая нефропатия	10 (66.7%)	41 (28.3%)
Язва стопы в анамнезе	6 (40%)	10 (6.9%)
Ампутация в пределах стопы в анамнезе	3 (20%)	-
Чувствительность к 10-гр. монофиламенту	20%	59,6%
Вибрационная чувствительность, Вольты (N: до 12)	45±9	29±11

Таблица 2

Пиковые давления (ПД) и интеграл «давление-время» (ИДВ) в зависимости от наличия артропатии								
	Пятка		Средний отдел		Передний отдел		Пальцы	
	АШ	Без АШ	АШ	Без АШ	АШ	Без АШ	АШ	Без АШ
ПД, кПа	159±75	207±79	474±316	131±91	339±215	445±274	171±129	327±207
ИДВ, кПа•с	85±69	134±77	259±212	95±65	150±111	288±190	65±56	217±151

Данные представлены как средние величины с указанием стандартного отклонения. Для оценки достоверности различий применён тест ANOVA ($p<0,05$).

Результаты и обсуждение

Биомеханическая характеристика обследованных пациентов представлена в табл. 2 и 3 и на рис. 1. Приведены только те показатели, различия между которыми достоверны.

Распределение давления под стопой значительно различалось между группами для всех отделов (табл. 2). Так, у больных без артропатии максимальная нагрузка приходилась на передний отдел и пальцы. У пациентов с артропатией наибольшие показатели пикового давления и интегралы «давление-время» определялись в среднем отделе, в то время как пальцы и пятка нагружались в наименьшей степени.

Анализ площади контакта показал, что площади пяточных областей и переднего отдела достоверно не различались. В то же время у больных с АШ отмечалось увеличение площади среднего отдела и уменьшение площади пальцев по сравнению с больными без артропатии (см. рис. 1). При этом арочный индекс у больных с артропатией Шарко значительно выше (0.31±0.05), чем арочный индекс у больных без артропатии (0.24±0.05).

Хронометрия процесса переката также выявила ряд особенностей при АШ. Более ранний контакт под пяткой у больных с АШ компенсируется более ранним окончанием контакта, за счет чего значимых различий во времени контакта для пяточных областей нет. Значимые отличия во времени окончания контакта для среднего и переднего отделов и для пальцев также отсутствуют. Поэтому бо́льшая продолжительность контакта под средним отделом и меньшая продолжительность контакта под передним отделом и пальцами целиком определяется временем начала контакта (табл. 3).

Время достижения максимальных нагрузок на средний отдел также различалось между группами (рис. 2). Максимальная сила и пиковое давление в среднем отделе у больных с АШ достигаются раньше по сравнению с контрольной группой: 53.3±14.8 против 49.7±13.6% и 51.7±17.0 против 47.5(14.7% соответственно ($p<0.05$ для обоих параметров).

При ходьбе процесс переката начинается с контакта пятки с поверхностью, далее последовательно загружаются средний отдел, передний отдел и пальцы, которые осуществляют толчок, играющий значительную роль в формировании ходьбы (в частности, от него зависит скорость движения). У пациентов с хронической стадией артропатии Шарко в среднем отделе по сравнению с больными СД, страдающими только нейропатией, выявлено увеличение нагрузки на средний отдел стопы и уменьшение нагрузки на остальные отделы, что согласуется с данными других исследователей [4, 5]. Особенно выраженным оказалось уменьшение участия в процессе ходьбы переднего отдела и пальцев.

Таблица 3

Временные показатели (в % от времени переката)						
	Средний отдел		Передний отдел		Пальцы	
	АШ	Без АШ	АШ	Без АШ	АШ	Без АШ
Время контакта	77±9	74±11	84±7	90±6	68±22	83±9
Начало контакта	7±4	9±6	12±6	6±5	32±21	17±9

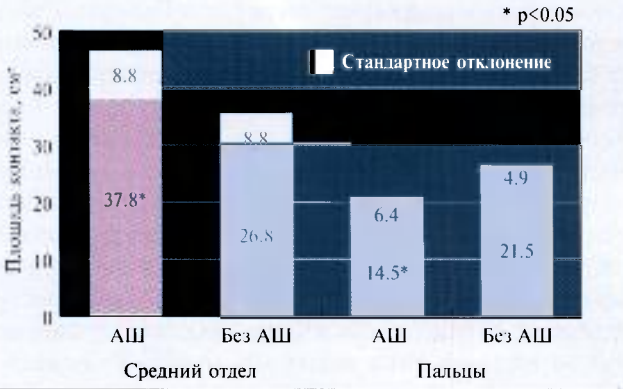

Рис. 1. Соотношение площадей контакта среднего отдела и пальцев у больных с артропатией Шарко и без артропатии.

Рис. 2. Время достижения максимальной силы и пикового давления в среднем отделе (% от времени контакта всей стопы)

Преобладание нагрузки среднего отдела стопы, с одной стороны, объясняется увеличением площади контакта этого отдела с поверхностью ходьбы у больных с АШ за счёт типичной для поражения суставов Лисфранка и Шопара деформации по типу «валикообразной» стопы, при которой костные образования пролабируют в плантарную сторону. Подобная деформация также сопровождается девиацией пальцев к тылу и уменьшением их соприкосновения с поверхностью ходьбы, что проявляется уменьшением площади и времени контакта пальцев. Кроме того, выступающий в плантарную сторону средний отдел приводит к уменьшению нагрузки на пятку и передний отдел. С другой стороны, перегрузка среднего отдела у больных с АШ вызвана и более длительным воздействием пиковых давлений за счёт более раннего контакта, что нашло своё подтверждение в увеличении интеграла «давление-время».

Снижение нагрузки на передний отдел стопы и пальцы отмечено не только за счёт уменьшения пиковых давлений, но и вследствие более позднего включения этих отделов в процесс ходьбы. При этом время контакта в среднем отделе у больных с АШ больше, чем в контрольной группе. Толчковая функция стопы у данной категории пациентов существенно ослаблена за счет недостаточного участия пальцев в процессе переката. Различия во времени достижения максимальной силы и давления в обследованных группах также обусловлены характером деформаций при поражении среднего отдела. При АШ первый пик давления отмечается в момент нагрузки на наиболее выступающую в плантарную сторону часть пораженной стопы. Второй пик давления совпадает с нагрузкой на сустав Лисфранка в случае поражения или с нагрузкой на плюснефаланговые суставы [4]. У пациентов с АШ максимальное давление определяется в большинстве случаев величиной второго пика давления, что и объясняет более позднее развитие максимальной силы и давления по сравнению с контрольной группой.

В связи с тем, что рессорная функция стопы (способность амортизировать нагрузки) у больных с АШ нарушена, развиваются значительные перегрузки поражённого отдела, что в определённой степени объясняет развитие трофических язв в области артропатических деформаций.

Обращает на себя внимание вариабельность оцениваемых параметров (коэффициент вариации вычислялся как отношение стандартного отклонения к среднему значению). Это связано, с одной стороны, с неоднородностью обследованных выборок по ряду признаков, не поддающихся стандартизации: особенности деформаций стоп, разные масштабы поражения суставов при артропатии, особенности походки и др., а с другой стороны, с тем, что значительное число обследованных пациентов (все в основной группе и 41% больных контрольной группы) имели тяжёлую диабетическую полинейропатию. Результаты ряда исследований свидетельствуют о том, что у данной категории больных отмечается постуральная нестабильность и неустойчивость походки, что и является источником значительных колебаний исследуемых показателей при сохраняющейся общей тенденции [6].

Заключение

У больных сахарным диабетом с артропатией Шарко в сравнении с пациентами с диабетической полинейропатией выявлены следующие особенности биомеханики поражённой стопы: снижение нагрузки на пятку; выраженная нагрузка на средний отдел за счет высоких давлений, увеличения времени и площади контакта стопы с поверхностью; существенное уменьшение нагрузки и времени контакта в переднем отделе; уменьшение участия пальцев в процессе переката.

Очевидно, что ортопедическая коррекция у данной категории больных должна учитывать особенности биомеханики стоп и перераспределять нагрузку со среднего отдела стопы на передний отдел и пальцы, а также путём модификации подошвы способствовать ускорению процесса ходьбы и усилению толчковой функции. Кроме того, рациональное перераспределение нагрузки под стопой приведет к более раннему достижению максимальной нагрузки и снижению вероятности повторных остеодеструкций в пораженной конечности.

Литература

1. Международное соглашение по диабетической стопе.- М., 2000.
2. Charcot J. // Arch Physiol Norm Pathol. – 1868. – №1. – P.161 – 178.
3. International Guidelines on the Out-patient Management of Diabetic Peripheral neuropathy. Abingdon: The Medicine Group (Education) Ltd., 1998.
4. Wolfe L, Stess RM, Graf PM: Dynamic Pressure Analysis of the Diabetic Charcot Foot. Journal of American Podiatric Medical Association 81: 281, 1991.
5. Cavanagh PR and Rodgers MM: The arch index: a useful measure from footprints. J. Biomech. 20: 547, 1987.
6. Simoneau G, Ulbrecht J, Derr J, at al. Postural instability in patients with diabetic sensory neuropathy. Diabetes Care 1994;17:1411-1421.