

Атлас «рекомендуемых позиций» для проведения чрескостных элементов через стопу

Л.Н. Соломин^{1,2}, Н.Ф. Фомин³, С.В. Майков¹, К.А. Уханов¹

Atlas of “recommended positions” for insertion of transosseous elements through foot

L.N. Solomin, N.F. Fomin, S.V. Maikov, K.A. Ukhanov

¹ФГБУ РНИИТО им. Р.Р. Вредена «Минздрава России», г. Санкт-Петербург,

²Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург,

³ФГКВБОУ ВПО «ВМА им. С. М. Кирова» Минобороны России, г. Санкт-Петербург

Цель. Создание усовершенствованного атласа по проведению чрескостных элементов через кости стопы. **Материалы и методы.** Исследование проводилось в два этапа с использованием восьми замороженных (фиксированных) и десяти нефиксированных трупных препаратов комплекса голень-стопа. Стопа была разделена на 14 поперечных и 3 косых уровней. На каждом из уровней относительно каждой кости данного уровня определяли 12 позиций. На замороженных препаратах определяли позиции запрета (проекция значимых сосудов и нервов) и позиции доступности. На нефиксированных препаратах изучали величины смещения мягких тканей относительно костей стопы при движениях в голеностопном, плюсне-фаланговых и межфаланговых суставах. Позиции с минимальным смещением мягких тканей и отсутствием значимых сосудов и нервов были обозначены, как «Рекомендуемые позиции» для проведения при чрескостном остеосинтезе спиц и стержней-шурупов. **Результаты.** Полученные в ходе эксперимента данные были обработаны графически и представлены в виде атласа, содержащего на каждом из 17 уровней информацию о «Позициях запрета», «Позициях доступности» и «Рекомендуемых позициях» для проведения чрескостных элементов. На сегодняшний день это самый подробный атлас из известных. **Заключение.** Использование разработанного атласа окажется полезным для специалистов, работающих в области коррекции сложных деформаций стопы и использующих внешнюю фиксацию при переломах. **Ключевые слова:** стопа, анатомия, смещение мягких тканей, чрескостный остеосинтез, атлас по проведению чрескостных элементов.

Purpose. To create an improved atlas designed to insert transosseous elements through foot bones. **Materials and Methods.** The study performed in two stages using eight frozen (fixed) and ten non-fixed cadaveric preparations of leg-foot complex. The foot was divided in 14 transverse and 3 oblique levels. 12 positions were determined at each of the levels for each bone of the level. Both prohibited positions (the projection of significant blood vessels and nerves) and safe positions determined in the frozen preparations. The displacement amounts of soft tissues in the non-fixed preparations studied relative to foot bones for movements in the ankle, metacarpophalangeal, and interphalangeal joints. The positions with minimum displacement of soft tissues and with the absence of significant vessels and nerves were designated as “recommended positions” for insertion of wires and half-pins in transosseous osteosynthesis. **Results.** The data obtained during the experiment were processed graphically and presented as an atlas each of 17 levels in which included the information about “Contraindicated positions”, “Safe positions” and «Recommended positions” for transosseous element insertion. It is the most detailed atlas of those known today. **Conclusion.** The use of the developed atlas will be useful for specialists engaged in the field of correcting complex foot deformities and applying external fixation for fractures.

Keywords: foot, anatomy, soft-tissue displacement, transosseous osteosynthesis, atlas for transosseous element insertion.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Известны схемы для проведения чрескостных элементов через кости стопы [1, 8, 10, 11]. Все они предлагают информацию о безопасных с точки зрения опасности повреждения сосудов и нервов позициях и “коридорах”. К сожалению, составленные из данных схем атласы не лишены недостатков. Одним из них является недостаточное (не более 3-7) количество предлагаемых уровней. Принципы формирования системы координат указанных атласов затрудняют практическое использование изложенного материала. И самое главное – все известные атласы не учитывают смещение мягких тканей относительно костей стопы.

Как известно, использование позиций с минимальным смещением мягких тканей позволяет уменьшить опасность возникновения не только трансфиксационных контрактур, но и инфекционных осложнений – за счет снижения уровня хронической травматизации мягких тканей чрескостными элементами [6, 12]. Поэтому целью данного исследования было разработать атлас, лишенный указанных недостатков, в том числе, содержащий информацию о «Рекомендуемых Позициях» (РП), в проекции которых нет значимых сосудисто-нервных образований и минимально смещение мягких тканей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Количество уровней нами выбрано, исходя из принципов необходимости и достаточности. В качестве подготовки к данному исследованию были проанализированы данные основных руководств по чрескостному остеосинтезу стопы [1, 2, 8, 10, 11]. Установлено, что для того, чтобы обеспечить возможность сборки описываемых в них компоновок аппаратов, стопа должна

быть разделена не менее чем на 14 поперечных уровней (рис. 1, а). Учитывая анатомические особенности таранной и пяточной костей (относительно большие размеры по длине и высоте), а также требования к проведению через них чрескостных элементов, решено использовать три дополнительных «косых» уровня (рис. 2, б).

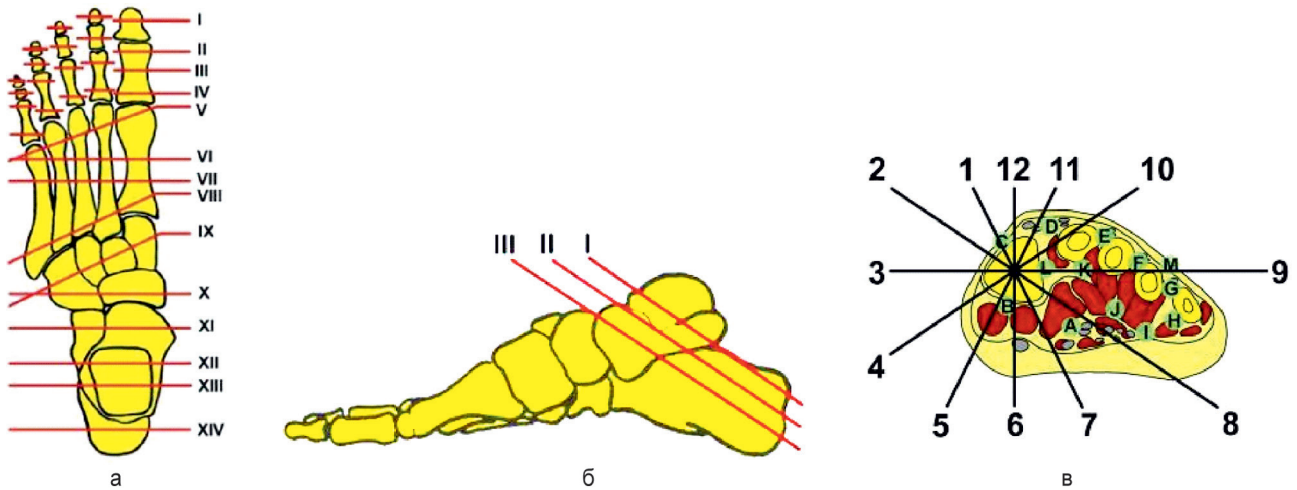


Рис. 1. Деление на уровни и позиции: а – поперечные уровни, б – косые уровни. в – схема позиций относительно I плюсневой кости, уровень VII

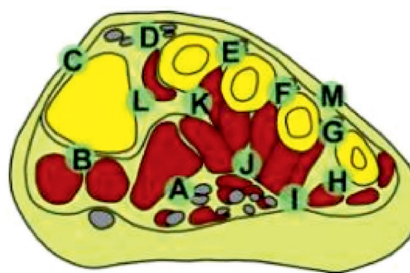
Для точного обозначения РП был использован модифицированный метод унифицированного обозначения чрескостного остеосинтеза (МУОЧО) [5, 6, 7, 12], в соответствии с которым на каждом уровне имеется 12 позиций; позиция 3 всегда изнутри; 12 – спереди (рис. 1, в). Определение «позиций доступности» производилось на 8 замороженных трупных препаратах (стопа и нижняя половина голени). Каждый из срезов фотографировался, изображение заносилось в компьютер, и посредством графического редактора «Photoshop» производилась зарисовка схем по фотографиям. В дополнение к этому, для контроля и сравнения, мы использовали 200 серий срезов, сделанных на трупном материале [13]. На всех уровнях (срезах) отмечались позиции, в которых проходят сосуды и нервы. Они были обозначены как «Позиции запрета». Остальные обозначались как «Позиции доступности». На рисунке 2, в качестве примера, приведена последовательность этапов определения «Позиций доступности» и «Позиций запрета» 1-й плюсневой кости, уровень VII.

В исследовании смещения мягких тканей стопы были исключены некоторые уровни. Так как на стопе имеются

зоны, где величина смещения мягких тканей при движениях в суставах практически равна «0» ввиду отсутствия сухожилий и мышц или непосредственного их прикрепления к костям на этом уровне, то эти участки не входили в исследование. К таким зонам можно отнести ногтевые фаланги и дистальные половины средних фаланг 2-5 пальцев (на 1-м пальце в эту зону входит ногтевая фаланга и головка основной фаланги), где происходит крепление сухожилий, и они большей частью статичны относительно костей (рис. 3, а), а также тело и бугор пяточной кости, где анатомически нет ни сухожилий, ни мышц (рис. 3, б). Поэтому уровни пальцев I и II, а также уровни пяточной кости XIII-XIV было решено не включать в исследование смещения мягких тканей. Кроме того, анатомически на уровне плюсневых костей стопы (рис. 3, в) мышцы разделяются на три группы, которые заключены в три фасциальных ложа и располагаются продольно [3, 4]. Следовательно, уровни плюсневых костей VI, VII и VIII будут иметь одни и те же величины смещаемости мягких тканей. Таким образом, для изучения смещаемости мягких тканей были выбраны уровни: III, IV, VI, IX, X, XI, XII и дополнительный косой уровень II.

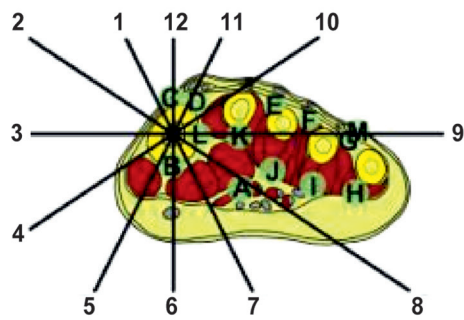


а



б

- A: R. profundus a. plantaris medialis et vv.; N. digitalis plantaris communis
- B: R. superficialis a. plantaris med. et vv. N. digitalis plantaris proprius
- C: V. saphena magna; N. saphenus
- D: A. metatarsalis dorsalis I; N. peroneus profundus
- E, F, G: Aa. metatarsalis dorsalis et vv.;
- H, I, J, K, L: Aa. metatarsalis et vv.;
- Nn. digitalis plantaris communis
- M: V. shaphena parva; N. cutaneus dorsalis lateralis



в

Позиции запрета: 1, 6, 8, 9, 11
Позиции доступности: 2, 3, 4, 5, 7, 10, 12

Рис 2. Последовательность определения «Позиций доступности» на уровне VII относительно 1-й плюсневой кости: а – фотография «пирогового» среза на уровне VII; б – схема среза с буквенным обозначением сосудов и нервов; в – обозначение позиций относительно 1-й плюсневой кости

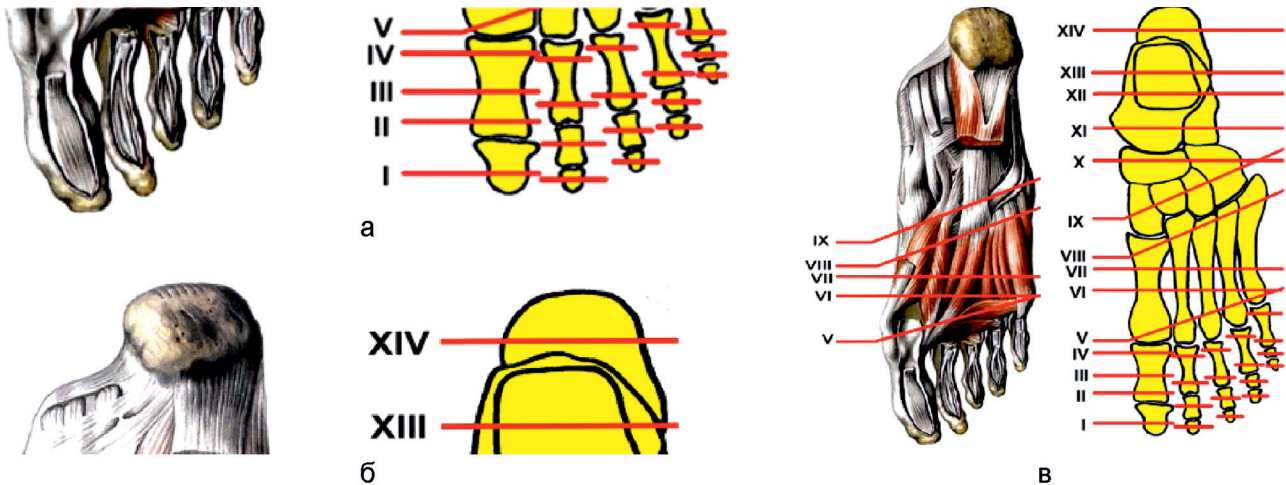


Рис. 3.: а-б – уровни I, II и XIV, анатомически не имеют значимой подвижности мягкотканых структур; в – продольное расположение мышц на уровне плюсневых костей уровень VI-VII

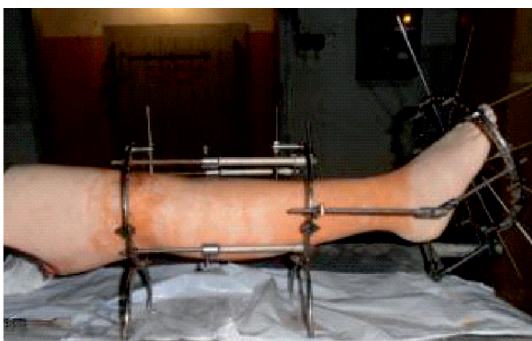
Изучение смещения мягких тканей выполнено в эксперименте на 10 трупных препаратах (комплекс голень-стопа вне состояния трупного окоченения) людей, умерших от причин, не связанных с патологией опорно-двигательного аппарата. Все комплексы были взяты у трупов людей возраста 27-54 года. Длина стоп составляла 23-28 см, ширина на уровне середины плюсневых костей 7-9,5 см, высота продольного свода – 2,4-3,7 см.

Исследование величин смещения мягких тканей на уровнях IV-VIII проводилось при сгибании и разгибании межфаланговых (40/0/0) и плюснефаланговых (40/0/30) суставов. На уровнях IX-XIV и косых уровнях I-III, к ним добавлялось сгибание/разгибание в голеностопном суставе (50/0/20).

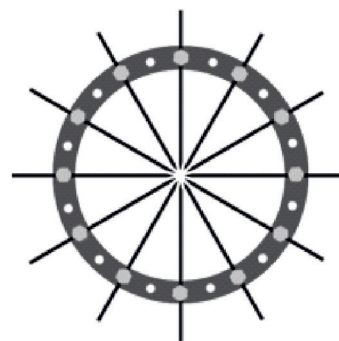
Для определения смещения мягких тканей были использовано оригинальное устройство и метод его использования [9]. Устройство для исследования величин смещения мягких тканей на стопе состоит из двух базовых опор, фиксирующихся на голени, и присоединенной к ним посредством шарниров контрольной опоры (рис. 4, а). Контрольная опора снабжена двенадцатью (по количеству позиций) щупами (рис. 4, б). При работе

с устройством контрольную опору устанавливали на исследуемом уровне. Щупы перемещали к центру опоры до соприкосновения с кожей. В проекции касания кончика щупа ставили точку маркером и щупы отводили. После этого делали “исследуемый” вид движения, например, подошвенное сгибание стопы. Щупы вновь подводили к коже и делали метки другого цвета. Щупы отводили и делали второе “исследуемое движение”, например, тыльное сгибание стопы. И вновь делали метки на коже, отражающие ее перемещение при тыльном сгибании стопы (рис. 4, в). Следующим этапом удаляли кожу и повторяли указанный алгоритм действий для фасции (рис. 4, г). После этого удаляли фасцию и проводили эксперимент на сухожилиях и мышцах (рис. 4, д).

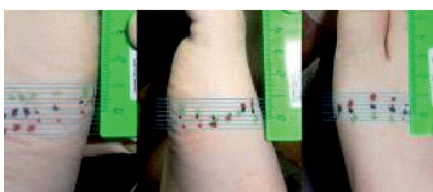
Расстояние между точками измеряли и формировали массив данных. Затем полученные данные анализировались с использованием программной системы STATISTICA for Windows (версия 8) (рис. 5, а-в) и строили на основе средних величин графики (рис. 5, г). На основе анализа результирующих графиков определяли, в каких позициях смещение кожи, фасции и мышц является наименьшим при каждом виде движения.



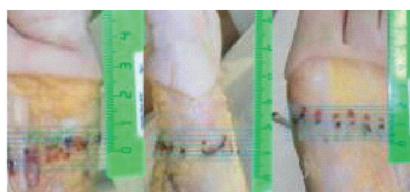
а



б



в



г



д

Рис. 4. Исследование смещения мягких тканей стопы: а – общий вид устройства для определения смещения мягких тканей стопы; б – контрольная опора со щупами; в – смещение кожи относительно 1-й плюсневая кости на уровне VI; г – смещение фасции относительно 1-й плюсневая кости на этом же уровне; д – смещение мышц

Данный алгоритм действий был использован на каждом исследуемом уровне для всех исследуемых видов движений. Позиции, в которых отсутствуют значимые сосуды и нервы, а смещение мягких тканей мини-

мально (кожа, фасция, мышцы и сухожилия), до 10 мм, отмечали как рекомендуемые позиции для проведения чрескостных элементов.

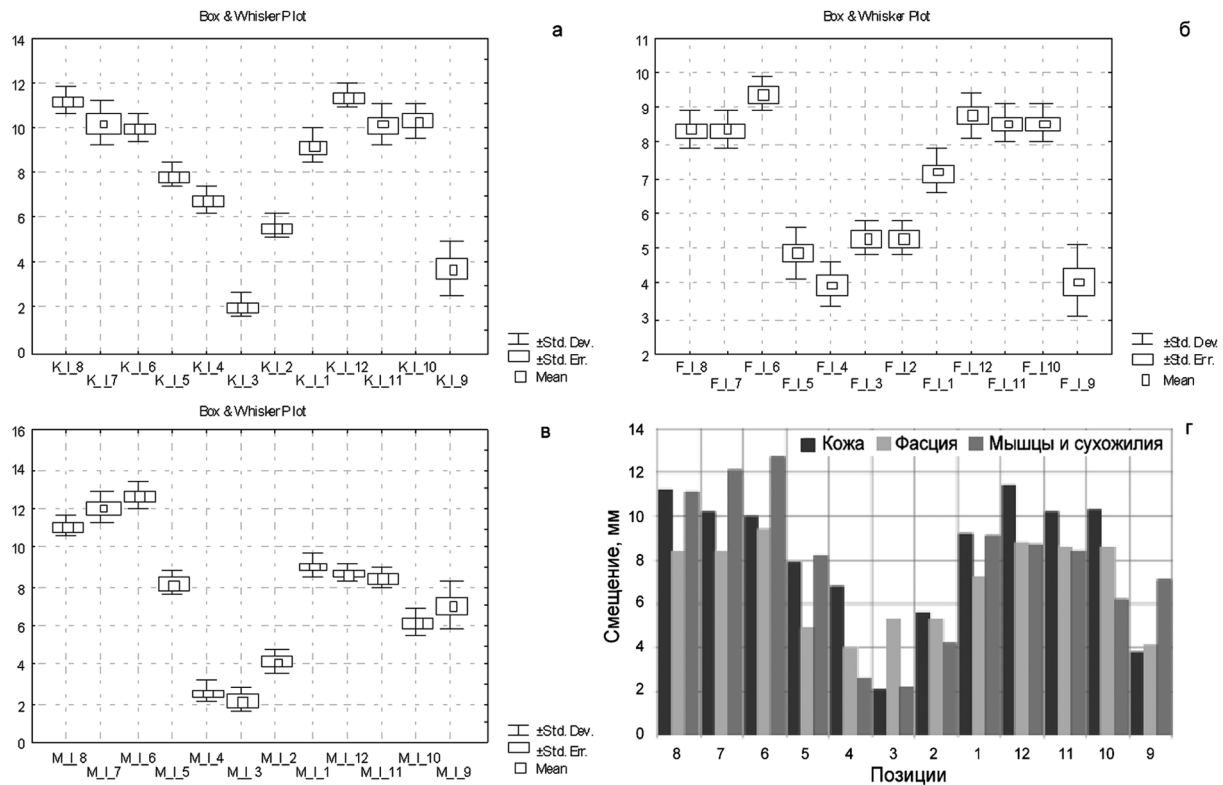


Рис. 5. Статистическая обработка величин смещения мягких тканей относительно 1 плюсневой кости, уровень VI: а – средние величины смещения кожи; б – средние величины смещения фасции; в – средние величины смещения мышц и сухожилий; г – график средних величин смещения мягких тканей относительно 1-й плюсневой кости на уровне VI

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В качестве примера на рисунке 6 приведен атлас проведения чрескостных элементов на уровне VI. По-

добные страницы атласа созданы для каждого из исследуемых уровней.

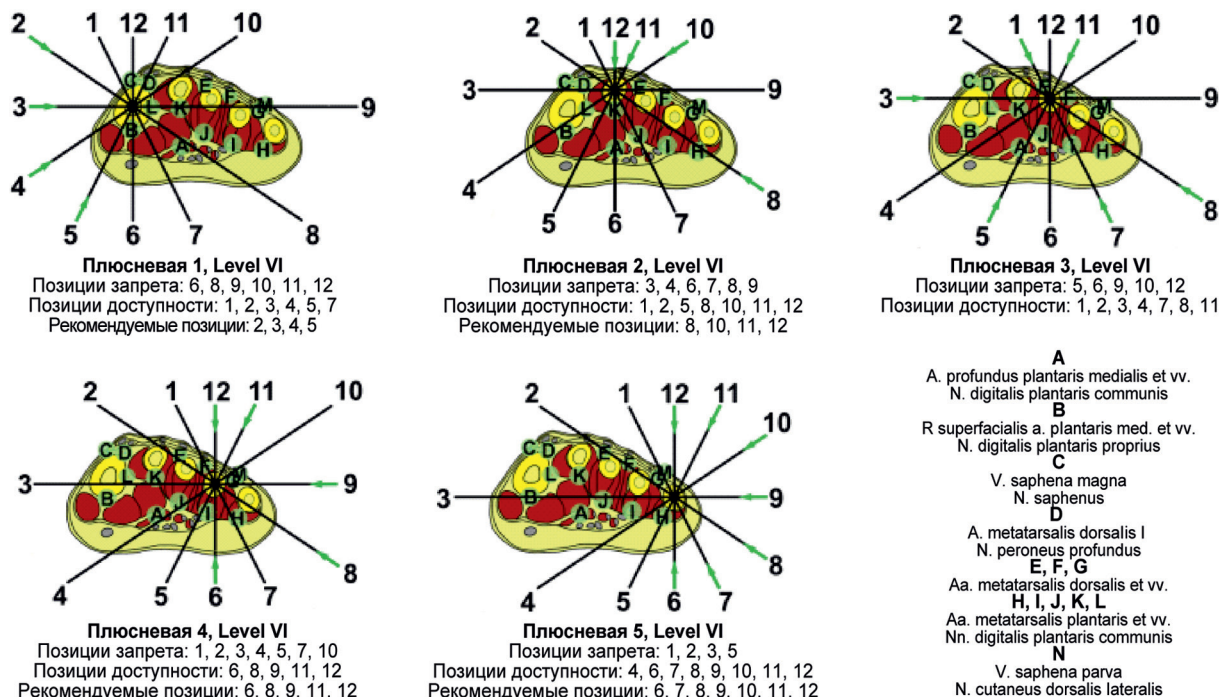


Рис. 6. Позиции запрета, позиции доступности и рекомендуемые позиции на уровне VI

По результатам проведенного исследования можно отметить следующее. Уровень I доступен для проведения чрескостных элементов по всем позициям, за исключением 12, где располагаются ногтевые пластинки. Так как смещаемость мягких тканей на этом участке практически равна «0».

На уровне II смещаемость мягких тканей также незначительна и не препятствует проведению ЧЭ, однако появляются значимые по калибру сосуды, которые и ограничивают доступность.

Уровень III не имеет значимых для чрескостного остеосинтеза величин смещения мягких тканей, однако на этом уровне в позициях 6 и 12 имеются сухожилия разгибателей и сгибателей соответственно. И прохождение через них чрескостных элементов может привести к контрактурам суставов пальцев, болевому синдрому, инфекционным осложнениям вследствие хронической знакопеременной травматизации мягких тканей. Позиции 2, 3, 4, 8, 9 и 10 исключены из позиций доступности из-за прохождения здесь артерий и вен.

Уровень IV практически совпадает с предыдущим уровнем по топографии расположения сосудов, но на этом сегменте смещаемость мягких тканей уже имеет большие величины, так как сухожилия увеличивают свою подвижность относительно фаланг пальцев.

Уровни V, VI, VII и VIII расположены на протяжении плюсневых костей. На этом участке уже появляется более выраженный массив мягких тканей, состоящий из мышц, сухожилий, фасциальных листков и довольно выраженной подкожно-жировой клетчатки. И в каждой позиции каждой из плюсневых костей выявлены очень разные величины смещения исследуемых слоев мягких тканей. Так, например, в проекции 2-й позиции второй плюсневой кости на уровне VI смещение фасции – 10 мм, а в проекции 3-й позиции – 7 мм; смещение мышцы – в проекции 2-й позиции на этом же уровне – 4 мм, а в проекции 3-й позиции – 7 мм. Кроме того, топография прохождения в этом сегменте магистральных сосудов и нервов снижает количество позиций доступности. Таким образом, на протяжении уровней V-VIII количество рекомендуемых позиций к костям стопы чаще всего не превышает 3-4-х.

На уровнях IX и X массив мягких тканей становится значительно меньше. Здесь, с точки зрения подвижности, значение имеют сухожилия. Сосуды объединяются в более крупные стволы с уменьшением общего из количества. Вследствие этого количество позиций доступности увеличивается – от 5 до 7.

На уровне XI расположены таранная и пяточная кости. Относительно них окружающие мягкие ткани имеют относительно больший объем, чем на уровнях IX и X. Величины смещения мягких тканей в большинстве случаев превышают 10 мм. Также на этих уровнях расположено множество СНП. Это обуславливает уменьшение позиций доступности к каждой из костей до 5.

На уровнях XII и XIII мягкие ткани по своему смещению можно условно разделить на 2 группы. Первую («динамическую») составляют проходящие на этом сегменте по задневнутренней поверхности голеностопного сустава сухожилия мышц сгибателей и проходящие по задненаружной поверхности сухожилия малоберцовых мышц. Эта группа является очень подвижной и проведение здесь чрескостных элементов крайне нежелательно. Вторая группа («статическая») – это мышцы, связки и апоневроз стопы, прикрепляющиеся к апофизам пяточной кости, смещение которых на этом сегменте практически равно «0». Сосуды и нервы проходят недалеко от подвижных сухожилий. Доступ чрескостных элементов к костям на этих уровнях открыт в проекции позиций: таранная кость, уровень XII – 1, 3, 6, 8, 9, 10, уровень XIII – 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10; пяточная кость, уровень XII – 6, 7, 8, 9, 10, 11, уровень XIII – 2, 5, 6, 7, 8, 10.

На уровне XIV находится только пяточная кость. Здесь из мягких тканей находится только дерма и гиподерма, не имеющие значимых величин смещения. Кроме того здесь не проходят крупные сосуды и нервы. Таким образом, этот отдел пяточной кости доступен по всем 12 позициям.

Косые уровни стопы I-III включают таранную и пяточную кости. Мягкие ткани вокруг них обладают разными величинами смещения, но наиболее значимые располагаются в позициях 1, 12 и 11. Прохождение сосудисто-нервных пучков незначительно ограничивает доступность к костям проведение чрескостных элементов. Поэтому количество позиций доступности таранной и пяточной костей на этом уровне довольно существенно: 4 и 8 соответственно. При этом доступ к таранной кости ограничен пяточной костью в позициях 5, 6 и 7.

В случае необходимости проведения спицы через несколько костей следует ориентироваться на рекомендуемые позиции костей, которые соответствуют проекции проведения спицы. Примером может служить спица, которую вводят на уровне IV в проекции позиции 9 четвертой плюсневой кости и выводят в проекции позиции 3 первой плюсневой кости.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный атлас по проведению чрескостных элементов через кости стопы будет размещен на сайте <http://gniito.org>. Мы предполагаем, что использование разработанного атласа окажется полезным для специалистов, работающих в области коррекции сложных деформаций стопы и использующих внешнюю фиксацию при переломах. И если целесообразность использования рекомендуемых позиций на стопе еще ждет своего клинического подтверждения, то необходимость использования позиций доступности сомнений

не вызывает. Преимуществами разработанного атласа являются сравнимо большее количество уровней и более совершенная система координат, чем у аналогов. В версии без указания рекомендуемых позиций атлас доступен как глава в руководстве по чрескостному остеосинтезу [12]. В заключение мы присоединяемся к мнению авторов других атласов [10, 11], которые в сложных случаях, особенно при врожденной патологии, рекомендуют дополнительно прибегать к МРТ, УЗИ, контрастным сосудистым исследованиям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анатомо-хирургические аспекты совершенствования способов внешней фиксации костей стопы при травмах и деформациях и унифицирование метода обозначения направлений введения стержневых фиксаторов / О.В. Бейдик, А.Ю. Цыплаков, К.К. Левченко, А.П. Любичкий, В.Н. Островский, А.И. Габаткин // Гений ортопедии. 2002. № 2. С. 19-22.
Beidik OV, Tsyplakov AY, Levchenko KK, Liubitsky AP, Ostrovsky VN, Gabatkin AI. Anatomic-khirurgicheskie aspekty sovershenstvovaniia sposobov vneshnei fiksatsii kostei stopy pri travmakh i deformatsiakh i unifikirovanie metoda oboznacheniiia napravlenii vvedeniia stержnevyykh fiksatorov [Anatomic-and-surgical aspects of improving of external fixation techniques of foot bones for injuries and deformities, and unification of the technique of direction indication for application of half-pin fixators]. Geniy Ortop. 2002;(2):19-22.
2. Оганесян О.В. Основы наружной чрескостной фиксации. М.: Медицина, 2005. 432 с.
Oganesian OV. Osnovy naruzhnoi chreskostnoi fiksatsii [Fundamentals of external transosseous fixation]. M.: Meditsina, 2005. 432 s.
3. Островерхов Г.Е. Оперативная хирургия и топографическая анатомия. М., 1972. 711 с.
Ostroverkhov GE. Operativnaia khirurgiia i topograficheskaia anatomiia [Operative surgery and topographic anatomy]. M, 1972. 711 s.
4. Синельников Р.Д., Синельников Я.Р. Атлас анатомии человека : в 4-х т. М., 1996. Т. 1. 343 с.
Sinel'nikov RD, Sinel'nikov IaR. Atlas anatomii cheloveka: v 4-kh t. M., 1996. T. 1. 343 s.
5. Соломин Л.Н. Метод унифицированного обозначения чрескостного остеосинтеза // Травматология и ортопедия : рук. для врачей : в 4-х т. / под ред. Н.В. Корнилова и Э.Г. Грязнухина. СПб: «Гиппократ», 2004. Т. 1, Гл. 5. С. 349-362.
Solomin LN. Metod unifikirovannogo oboznacheniiia chreskostnogo osteosinteza [Method of unified designation of transosseous osteosynthesis]. In: Travmatologiya i ortopediya: ruk. dlia vrachei: v 4-kh t. Pod red. N.V. Kornilova i E.G. Griaznukhina [Traumatology and Orthopaedics: a manual for physicians: in 4 volumes. Kornilov NV, Griaznukhin EG]. SPb: «Gippokrat», 2004;1(5):349-362.
6. Соломин Л.Н. Основы чрескостного остеосинтеза аппаратом Г.А. Илизарова : монография. СПб.: Морсав, 2005. 544 с.
Solomin LN. Osnovy chreskostnogo osteosinteza apparatom G.A. Ilizarova: monografiia [Basics of transosseous osteosynthesis with the Ilizarov fixator: a monograph]. SPb: Morsav, 2005. 544 s.
7. Метод унифицированного обозначения чрескостного остеосинтеза : метод. рекомендации / Л.Н. Соломин, Н.В. Корнилов, А.В. Войтович, В.И. Кулик, В.А. Лаврентьев. СПб., 2004
Solomin LN, Kornilov NV, Voitovich AV, Kulik VI, Lavrent'ev VA. Metod unifikirovannogo oboznacheniiia chreskostnogo osteosintez : metod. Rekomendatsii [Method of unified designation of transosseous osteosynthesis: a technical manual]. SPb, 2004.
8. Шевцов В.И., Исмаилов Г.Р. Чрескостный остеосинтез в хирургии стопы : рук для врачей. М.: Медицина, 2008. 360 с.
Shevtsov VI, Ismailov GR. Chreskostnyi osteosintez v khirurgii stopy: ruk dlia vrachei [Transosseous osteosynthesis in foot surgery: a manual for physicians]. M: Meditsina, 2008. 360 s.
9. Пат. 2218083 Российская Федерация, МПК А61В5/11, А61В17/56. Способ определения смещения мягких тканей относительно кости и устройство для его осуществления / Л.Н. Соломин, А.В. Войтович, М.В. Андрианов, В.А. Назаров, С.Г. Ткачев, Р.Е. Инюшин., Кулеш П.Н., Супрун К.С.: заявители и патентообладатели : ГУН РНИИТО им. Р.Р. Вредена. - № 2002122346/14 ; заявл. 15.08.2002 ; опубл. 10.12.2003.
Pat. 2218083 RF. Sposob opredeleniia smeshcheniia miagkikh tkanei otositel'no kosti i ustroistvo dlia ego osushchestvleniia [A technique for determining soft tissue displacement relative to bone, and a device for its realization]. Solomin LN, Voitovich AV, Andrianov MV, Nazarov VA, Tkachev SG, Inyushin RE, Kulesh PN, Suprun KS. No № 2002122346/14; zaiavl. 15.08.2002; opubl. 10.12.2003.
10. Catagni MA. Atlas for the insertion of transosseous wires and half-pins. Ilizarov method. Milan: Medicalplastic, 2002.
11. Kirienko A, Villa A, Calhoun JH. Ilizarov Technique for Complex Foot and Ankle Deformities. CRC Press, 2003. 461 p.
12. Solomin L. The Basic Principles of External Skeletal Fixation Using the Ilizarov and Other Devices. 2nd Edition. Milan: Springer-Verlag, 2012. 1593 p.
13. CD-диск:«1800 Cross-Section Images». The VISUAL MAN, 1995. URL: http://ebookey.org/Visual-Man-1800-Cross-Section-Images-of-an-Executed-Murderer_60309.html (accessed 9 September 2013)

Рукопись поступила 30.10.2013.

Сведения об авторах:

1. Соломин Леонид Николаевич – ФГБУ РНИИТО им. Р.Р. Вредена «Минздрава России», г. Санкт-Петербург, ведущий научный сотрудник функциональной научно-клинической группы чрескостного остеосинтеза, д. м. н., профессор; e-mail: solomin.leonid@gmail.com.
2. Фомин Николай Федорович – ФГКВОУ ВПО «ВМА им. С. М. Кирова» Минобороны России, г. Санкт-Петербург, начальник кафедры оперативной хирургии (с топографической анатомией), д. м. н., профессор; e-mail: fominmed@mail.ru.
3. Майков Сергей Валерьевич – ФГБУ РНИИТО им. Р.Р. Вредена «Минздрава России», г. Санкт-Петербург, младший научный сотрудник отдела спортивной травмы и реабилитации, к. м. н.; e-mail: info@rniito.org.
4. Уханов Константин Андреевич – ФГБУ РНИИТО им. Р.Р. Вредена «Минздрава России», г. Санкт-Петербург, врач приемного отделения; e-mail: uhanov-konst@yandex.ru.