

Содержание

Введение.....	4
1. Биомеханические особенности голеностопного сустава.....	10
1.1. Общие вопросы биомеханики голеностопного сустава.....	10
1.2. Биомеханика опорной функции голеностопного сустава при вальгусной установке стопы.....	52
1.3. Биомеханика опорной функции голеностопного сустава при варусной установке стопы.....	61
1.4. Биомеханика активных стабилизирующих элементов голеностопного сустава.....	65
1.5. Биомеханика пассивных стабилизирующих элементов.....	77
1.6. Прочностные характеристики костно-связочного аппарата голеностопного сустава.....	91
1.7. Фотоупругие модели голеностопного сустава с искусственными связками.....	101
2. Биомеханика механогелиза переломов лодыжек и повреждений связочного аппарата голеностопного сустава.....	112
2.1. Клинико-биомеханическая характеристика повреждений голеностопного сустава.....	112
2.2. Биомеханика повреждений голеностопного сустава пронационного типа.....	122
2.3. Биомеханика повреждений голеностопного сустава супинационного типа.....	138
2.4. Биомеханика повреждений голеностопного сустава ротационного типа.....	146
2.5. Биомеханика переломов заднего края большеберцовой кости.....	151
3. Клинико-биомеханический анализ диагностики и лечения повреждений голеностопного сустава.....	155
3.1. Общая характеристика клинических наблюдений.....	155
3.2. Биомеханическое обоснование диагностики повреждений межберцового синдесмоза и дельтовидной связки.....	162
3.3. Биомеханика репонирующих сил при переломах лодыжек и повреждениях связок голеностопного сустава.....	195
3.4. Аппаратные методы лечения повреждений голеностопного сустава.....	210
3.5. Биомеханика стабильной фиксации при разрывах межберцового синдесмоза.....	227
3.6. Давсанопластика связок голеностопного сустава.....	239
Заключение.....	251
Литература.....	256

1.2. Биомеханика опорной функции голеностопного сустава при вальгусной установке стопы

Голеностопный сустав находится в особом положении: 1) на него передается тяжесть тела на стопу; 2) центр вращения блуждающей кости является биомеханическим центром, из которого по линиям передаются на поверхность опоры стопы [110].

Из работы братьев W. и E. Weber [478] известно, что устойчивость двухсторонней опоры в два раза больше, чем односторонней, следовательно тело человека достаточно длительное время находится в контакте с площадью опоры.

Г.А.Коган [104] ввел следующий анализ статики стопы: жести тела, производя давление сверху вниз на таранную кость, передается в месте сочленения таранной и пяточной костей на две направленные к передней и задней точкам опоры стопы (рис.21).

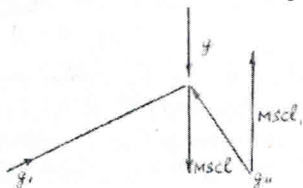


Рис.21. Анализ статики стопы по Г.А.Когану [104]: g - направленные тяжести сверху вниз; g_1-g_{11} - противодействие силе тяжести в опоры снизу вверх; Msc_1 - сила тяги икроножных мышц, противодействие силе тяжести в центре голеностопного сустава.

На основании этих данных Я.Б.Рывлин [211] пришел к выводу, что существует главная сила, точкой приложения которой является суставная поверхность пяточной кости, и две составляющие, являющиеся результатом ее разложения по двум направлениям к точкам опоры стопы (рис.22).

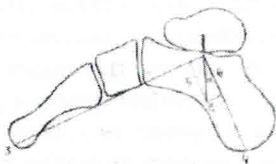


Рис.22. Анализ статики стопы методом параллелограммов Я.Б.Рывлину [211]: a - вектор силы, 1 - начало вектора, 2 - конец вектора, 1-3 и 1-4 - составляющие силы вектора, 5 и 6 - параллельные проведенные для образования параллелограмма сил.

По J.H.Stevens [400] в статике наружная лодыжка испытывает боковое давление вследствие образования рычага эксцентриситета при вальгусном положении пяточной кости (рис.23)..

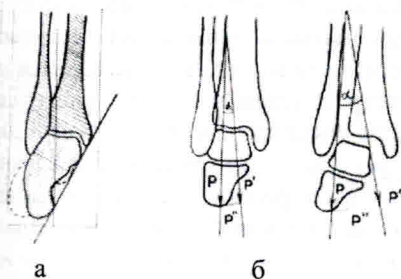


Рис.23. Схема образования рычага эксцентриситета по J.H.Stevens [400]: а – перевод пятки в положение вальгуса при образовании рычага эксцентриситета; б – возникновение силы бокового давления наружной лодыжки; в – увеличение рычага эксцентриситета при неправильно сросшихся переломах лодыжек

Путем математических расчетов J.H.Stevens доказал, что при весе тела в 150 фунтов внутренняя лодыжка испытывает давление 300 фунтов, а наружная – 600 фунтов на дюйм суставной поверхности. В своих расчетах он исходил из того, что мы ходим на наружном крае стопы, и потому в опорной колонке голени стопа располагается эксцентриситетно кнаружи от средней линии колонки. Такое положение стопы образует рычаг эксцентриситета, который стремится перевести пятку в положение вальгуса.

E.Teubner [404] сравнивает голеностопный сустав с балкой на двух опорах: твердым ложем – внутренней лодыжкой и подвижным ложем – наружной лодыжкой (рис.24).

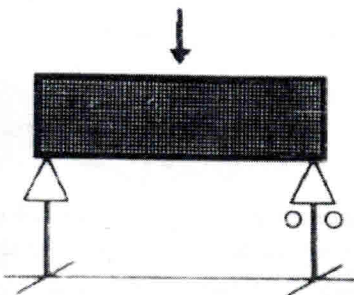


Рис.24. Схема голеностопного сустава по E.Teubner с соавт. [404].

В работе В.И. Вебера [479] приводится, что в норме при давлении, приходящееся на лодыжки, составляет 200 - 300 кг.

В биомеханике опорной функции голеностопного сустава роль играет сила веса тела P , действующая в виде статической нагрузки как в норме движения в голеностопном суставе возможны только в плоскости, то вес тела P , как вектор силы, передается по оси голени в тяжести таранной кости O , независимо от ее положения.

Центр тяжести таранной кости O , ввиду однородности структуры, совпадает с ее геометрическим центром. Для определения геометрического центра таранной кости O , представили ее в виде выпуклого многогранника в 3-х проекциях: сагиттальной, фронтальной и опорной. В каждой из проекций таранная кость имеет форму многоугольника, геометрический центр которого находится графическим координатным способом.

Графический способ заключается в разбивке многоугольника на треугольники с последовательным нахождением центров тяжести каждого из этих треугольников. Центр тяжести каждого треугольника находится в точке пересечения его медиан. Найдя центр тяжести каждого из треугольников, рассматривают далее центры тяжести отрезков, образованных соединением найденного центра тяжести и неиспользованных вершин треугольников в отношениях, пропорциональных числу использованных вершин.

Координатный способ заключается в построении произвольной системы координат и нахождении на ней координат узловых точек.

На рис. 25 и 26 показано нахождение центра тяжести таранной кости O во фронтальной и сагиттальной плоскостях графическим координатным способами.

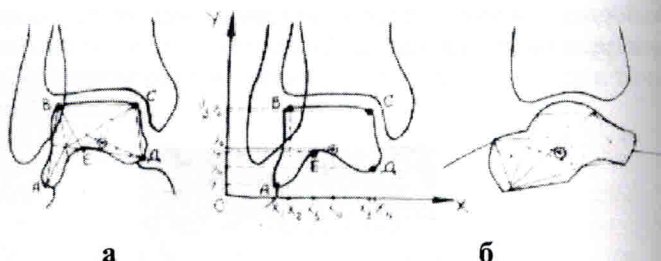


Рис.25. Нахождение центра тяжести таранной кости O во фронтальной и сагиттальной плоскостях графическим методом:

$A(x_1y_1); B(x_2y_2); C(x_3y_3); D(x_4y_4); E(x_5y_5)$.

$P = X_o = (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5)/5; Y_o = (y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5)/5;$

$P = (X_oY_o)$.

Как видно из схем на рис. 25, центр тяжести O таранной кости находится в sinus tarsi.

Третья проекция центра тяжести таранной кости O на опорной поверхности находится методом параллельного перенесения (рис.26).

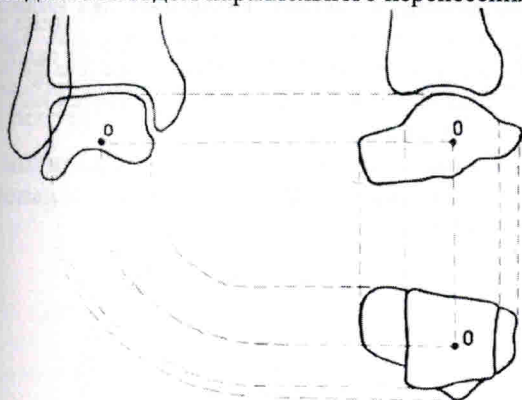


Рис. 26. Нахождение центра тяжести таранной кости O на опорной поверхности методом параллельного перенесения

Таким образом получено, что центр таранной кости O находится в sinus tarsi. Одновременно этот центр тяжести является и центром вращения таранной кости вокруг фронтальной оси при тыльном и подошвенном сгибании стопы.

Следовательно, вектор силы веса тела P по оси голени, независимо от углов тыльного и подошвенного сгибания стопы, с любой точки суставных поверхностей большеберцовой и таранной костей переносится в центр ее тяжести sinus tarsi - точку O (рис.27).

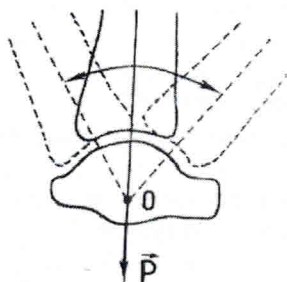


Рис. 27. Биомеханические особенности центра тяжести таранной кости.
Вектор P – вектор нагрузки веса тела, O – биомеханический центр в sinus

Центр тяжести таранной кости O является биомеханическим центром, из которого силовые линии нагрузки P распределяются по стопе. Распределение силы веса тела P определяется видом и величиной нагрузки голеностопного сустава. Различают два вида нагрузки голеностопного сустава: статическую и динамическую. При статической нагрузке голеностопного сустава и стопы имеем две фазы:

1 фаза – опорная – вес тела P распределяется на составляющие в сагиттальной плоскости стопы;

2 фаза – пронационная – вес тела P при наличии угла физиологического вальгуса стопы (γ), передается из сагиттальной плоскости в фронтальную плоскость.

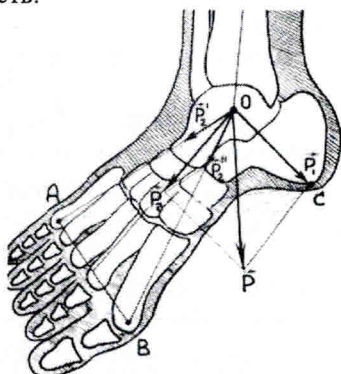


Рис.28. Распределение силы веса тела P на составляющие в опорной фазе статической нагрузки голеностопного сустава и стопы.

В опорной фазе статической нагрузки голеностопного сустава и стопы ($\gamma = 0$), имеем две составляющие силы веса тела P : P_1 и P_2 , расположенные в сагиттальной плоскости (рис.28). Сила P_1 направлена по пяточной оси к задней точке опоры стопы, сила P_2 – по плюсневым осям к передним точкам опоры стопы. Причем силу P_2 можно представить в виде двух составляющих $P'_2 = P''_2$, направленных к точкам опоры переднего плеча рычага стопы, которыми являются головки I и II плюсневых костей.

Приводим расчет распределения сил, действующих в опорной фазе нагрузки голеностопного сустава.

По теореме синусов имеем: $P_2 / \sin \xi = P_1 / \sin \beta = P / \sin(\xi + \beta)$; откуда $P_1 = P_2 \cdot \sin \beta / \sin \xi$, следовательно, если $\angle \xi > \angle \beta$, то $\sin \beta / \sin \xi > 1$, то есть $P_1 > P_2$.

Значение силы, действующей в опорной фазе по пяточной оси:

$$P_1 = P \cdot \sin \beta / \sin(\xi + \beta).$$

Биомеханика репозирующих сил при переломах лодыжек и повреждениях связок голеностопного сустава

Важным вопросом является учет биомеханических особенностей голеностопного сустава при лечении его повреждений. Еще в начале 19 века были внедрены в практику оригинальные методы репозиции и иммобилизации переломов лодыжек, явившиеся основой консервативного метода лечения [273,309,327].

Первым на анатомо-физиологической основе сформулировал принципы лечения при переломах костей Н.И.Пирогов [201], предлагая накладывать неподвижную «налепную алебастровую» повязку. Н.И.Пирогов особо подчеркивал, что за «лечение сложных переломов может взяться только опытный хирург, он должен и сам наблюдать за процессом гипсовой повязки».

С тех пор для лечения переломов лодыжек было предложено большое количество разнообразных гипсовых повязок.

В 1896 году Н.М.Волкович [32] стал использовать для лечения переломов лодыжек стремянную картонно-гипсовую шину, допускающую движения в коленном и голеностопном суставах в передне-заднем направлении (рис.139), а Браун в 1900 году применил «У»-образную гипсовую шину [по 39] (рис.140).

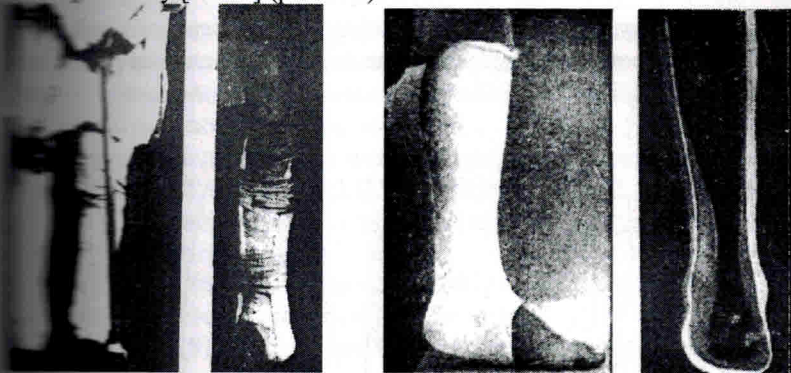


Рис.139. Шина Н.М.Волковича Рис.140. Шина Брауна [по 39].

Н.Н.Бурденко [25] внедрил лонгетно-циркулярную гипсовую повязку с металлическим стременем, позволяющую производить раннюю нагрузку на конечность.

В 1912 году F.Legars [345] сообщил о предложенном им амбулаторном приборе для лечения переломов голени (рис.141).

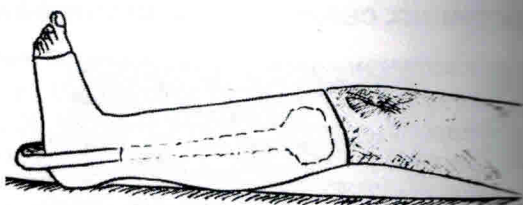


Рис.141. Амбулаторный прибор для голени F.Legars [345].

В 1928 году В.Д.Чаклин для лечения переломов лодыжек ложил «У – образную» гипсовую повязку, которая с некоторыми усовершенствованиями применяется до настоящего времени [240].

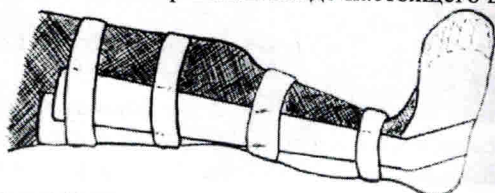


Рис.142. Гипсовые лубки Мезоневы [356].

В монографии G.Maisonet [356] приводятся различные типы гипсовых повязок, предложенных для лечения переломов лодыжек (рис.142, 143, 144, 145, 146).

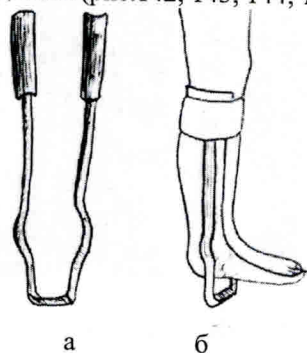


Рис.143. Аппарат для ходьбы G.Maisonet [356]:
а – стремя, б – наложенный аппарат.

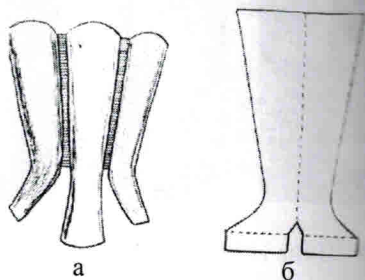


Рис.144. Створчатые гипсовые повязки для голени: а – гипсовый створчатый аппарат Пора; б – створчатый аппарат Дюбюжэ.

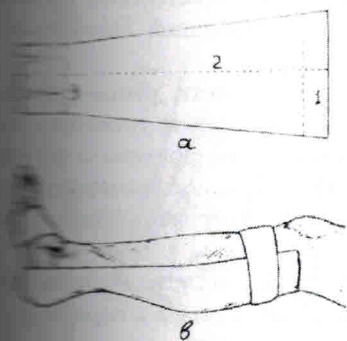


Рис. 145. Желоб Герготта (по 356):
 1 — ширин желоба;
 2 — окружность голени;
 3 — длина голени и ступни;
 4 — окружность голени;
 5 — желоб Герготта наложен.

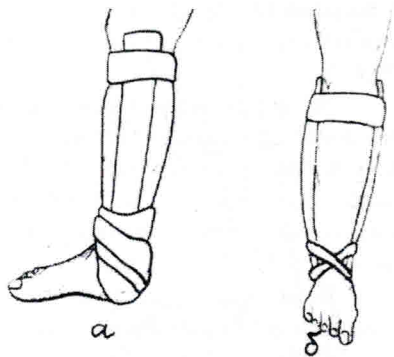


Рис. 146. Аппарат для ходьбы Дельбе с пяточным колпачком. (по 356)
 а — вид в профиль; б — вид в фас.

Все травматологи, описывающие технику и этапы закрытой одномоментной репозиции переломов лодыжек, подчеркивают, что она должна осуществляться минимально травматичными приемами, механизмом, противоположным механизму травмы, и заканчиваться фиксацией стопы в репозиционном положении. Вопрос о положении стопы после репозиции до сих пор является спорным. Большинство авторов [35, 37, 40, 43, 44, 85, 90, 110, 112, 115, 186, 200, 209, 213, 219, 240, 271, 344, 387, 407] при пронационных видах повреждений придают стопе супинацию и легкое тыльное сгибание.

St.Lussana [351] и F.D.Dickson [307] при супинационных переломах фиксируют стопу в положении пронации.

Я.М.Басс [9] и Л.Г.Позднухов [204] при смещении таранной кости наружу после репозиции придают заднему отделу стопы супинацию, а переднему — пронацию.

А.В.Каплан [99], П.В.Мишко [184] и А.N.Witt [484] рекомендуют устанавливать после репозиции стопу под прямым углом к продольной оси голени в среднем положении между пронацией и супинацией.