

Содержание

Предисловие	9
Предисловие к шестому изданию	9

Глава 1. Бедро и тазобедренный сустав 10

Тазобедренный сустав – сустав у основания нижней конечности	12
Сгибание в тазобедренном суставе	14
Разгибание в тазобедренном суставе	16
Отведение в тазобедренном суставе	18
Приведение в тазобедренном суставе	20
Ротационные движения в тазобедренном суставе	22
Круговые движения в тазобедренном суставе	24
Ориентация головки бедра и вертлужной впадины	26
Взаимоотношения сочленяющихся суставных поверхностей	28
Строение бедренной кости и таза	30
Губа вертлужной впадины и связка головки бедра	34
Суставная капсула тазобедренного сустава	36
Связки тазобедренного сустава	38
Роль связок в осуществлении сгибания и разгибания	40
Роль связок в обеспечении наружной и внутренней ротации	42
Роль связок в осуществлении приведения и отведения	44
Физиологические функции круглой связки головки бедра	46
Коаптация суставных поверхностей тазобедренного сустава	48
Мышечные и костные факторы, определяющие стабильность тазобедренного сустава	50
Мышцы-сгибатели бедра	54
Мышцы-разгибатели бедра	56
Отводящие мышцы бедра	58
Отведение	60
Стабильность таза в поперечном направлении	62
Приводящие мышцы	64
Наружные ротаторы бедра	68
Мышцы-ротаторы бедра	70
Изменение действия мышц на обратное	72
Последовательное привлечение абдукторов	76

Глава 2. Коленный сустав 78

Оси коленного сустава	80
Латеральные смещения в коленном суставе	82
Движения сгибания и разгибания	84
Осевая ротация коленного сустава	86
Общее строение нижней конечности и ориентация суставных поверхностей	88
Суставные поверхности, участвующие в движениях сгибания и разгибания	92
Суставные поверхности при осевой ротации	94
Форма мыщелков бедренной и большеберцовой костей	96
Факторы, определяющие форму дистального конца бедренной кости	98
Движения мыщелков бедра по суставной поверхности большеберцовой кости во время сгибания и разгибания ..	100
Движения мыщелков бедра по суставной поверхности большеберцовой кости во время осевой ротации	102
Капсула коленного сустава	104
Жировая прокладка, складки и емкость суставной полости	106
Мениски коленного сустава	108
Движения менисков во время сгибания и разгибания	110

Движения менисков при осевой ротации. Повреждения менисков	114
Движения надколенника по отношению к бедренной кости	116
Взаимоотношения между бедренной костью и надколенником	118
Движения надколенника по отношению к большеберцовой кости	120
Коллатеральные связки коленного сустава	122
Стабильность коленного сустава в поперечной плоскости	124
Стабильность коленного сустава в переднезаднем направлении	128
Периферическая защитная система коленного сустава	130
Крестообразные связки коленного сустава	134
Взаимоотношения между суставной капсулой и крестообразными связками	136
Направление крестообразных связок	138
Механическая роль крестообразных связок	140
Ротационная стабильность коленного сустава во время разгибания	146
Обеспечение ротационной стабильности коленного сустава при разгибании	150
Динамическое обследование коленного сустава при внутренней ротации	152
Динамические тесты на повреждение передней крестообразной связки	154
Динамическое исследование коленного сустава при наружной ротации	156
Мышцы-разгибатели голени	158
Физиологические функции прямой мышцы бедра	160
Мышцы-сгибатели голени	162
Мышцы-ротаторы голени	164
Автоматическая ротация в коленном суставе	166
Динамическое равновесие коленного сустава	170

Глава 3. Голеностопный сустав 174

Суставной комплекс стопы	176
Сгибание и разгибание	178
Суставные поверхности голеностопного сустава	180
Связки голеностопного сустава	184
Переднезадняя стабильность голеностопного сустава и факторы, ограничивающие сгибание и разгибание	186
Поперечная стабильность голеностопного сустава	190
Межберцовые сочленения	192
Физиологические функции межберцового сочленения	194
Почему голень состоит из двух костей?	196

Глава 4. Суставы стопы 198

Ротационные движения стопы по продольной оси и боковые движения по поперечной оси	200
Суставные поверхности подтаранного (таранно-пяточного) сустава	202
Подтаранный сустав: конгруэнтность и дисконгруэнтность суставных поверхностей	204
Таранная кость – необычная кость	206
Связки подтаранного сустава	208
Поперечное предплюсневое сочленение и его связки	210
Движения в подтаранном суставе	212
Движения в подтаранном суставе и поперечном предплюсневом сочленении	214
Движения в поперечном предплюсневом сочленении	216
Общее функционирование суставов заднего отдела предплюсны	218
Гетерокинетический универсальный сустав заднего отдела предплюсны	220
Участие связок в инверсии и эверсии стопы	222
Клиновидно-ладьевидный, межклиновидные и предплюсно-плюсневые суставы	224
Движения в переднем отделе предплюсны и предплюсно-плюсневых суставах	226
Разгибание пальцев стопы	228
Анатомические ложа голени	230
Межкостные и червеобразные мышцы	236
Подошвенные мышцы стопы	238
Фиброзные каналы тыльной и подошвенной поверхностей стопы	242

Сгибатели стопы	246
Трехглавая мышца голени	248
Прочие разгибатели стопы	254
Абдукторы-пронаторы стопы: малоберцовые мышцы	256
Аддукторы-супинаторы стопы: большеберцовые мышцы	258

Глава 5. Свод подошвы стопы 260

Общая архитектура подошвенного свода	262
Внутренняя арка	264
Наружная арка	266
Передняя арка и поперечная дуга стопы	268
Распределение сил и статические деформации подошвенного свода	270
Архитектурное равновесие стопы	272
Динамические изменения арок стопы при ходьбе	274
Динамические изменения, связанные с наклоном голени по отношению к стопе при ее наклоне кнутри	276
Динамические изменения, связанные с наклоном голени по отношению к стопе при ее наклоне кнаружи	278
Адаптация подошвенного свода к плоскости опоры	280
Полая (вогнутая, клешнеобразная) стопа	282
Плоская стопа	286
Дисбаланс передней арки	288
Типы стоп	290

Глава 6. Биомеханика ходьбы 292

Переход к прямохождению	294
Чудо прямохождения	296
Начальный и последующие шаги	298
Колеблющийся шаг	300
Развитие шага	302
Шаг	304
Колебательные движения таза	306
Наклоны таза	308
Поворот туловища	310
Колебания верхних конечностей	312
Мышцы, участвующие в ходьбе	314
Мышечные цепи и бег	316
Различные виды ходьбы и прыжков	318
Военные марши и танцы	320
Ходьба... Это свобода!	322

Дополнительные материалы 324

Нервы нижней конечности	324
Чувствительные зоны нижней конечности	326
Некоторые анатомические термины	328
Библиография	330
Алфавитный указатель	333
Механические модели суставов	335
Рекомендации	335
Изготовление моделей	335
Модель 1	339
Модель 2	339
Модель 3	340
Модель 4	342

Коаптация суставных поверхностей тазобедренного сустава

В отличие от плечевого сустава, склонного к вывихам под действием силы тяжести, в тазобедренном суставе **сила тяжести**, наоборот, способствует стабильности, по крайней мере, при прямостоянии (рис. 93). Там, где крыша вертлужной впадины покрывает головку бедра, последняя прижимается к ней под действием силы (**белая стрелка, направленная вверх**), равной весу туловища и противонаправленной ему (**белая стрелка, направленная вниз**).

Так как вертлужная впадина – это полусфера, то с механической точки зрения не может быть **истинного замыкания** сочленяющихся поверхностей, поскольку по законам механики полусферическая костная впадина не в состоянии удержать головку бедра, что отчетливо видно при рассмотрении скелета без мягких тканей. Но суставная губа расширяет и углубляет вертлужную впадину, так что в итоге объем полости *превышает полусферу* (**черные стрелки**). Таким путем тазобедренный сустав превращается в истинный шаровидный сустав с *фиброхрящевой губой, удерживающей головку бедренной кости*. Эта фиброзная структура еще более усиливается круговой зоной капсулы, охватывающей головку бедра (**показано на срезе маленькими синими стрелками**).

Атмосферное давление играет важную роль в сохранении контакта суставных поверхностей, о чем свидетельствуют *эксперименты братьев Веберов (Weber)*. Они заметили, что после пересечения всех мягкотканых связей между тазом и бедренной костью, включая суставную капсулу, головка бедра не покидает самопроизвольно вертлужную впадину, ее удается вывихнуть с большим трудом (рис. 94). С другой стороны (рис. 95), если просверлить в глубине вертлужной впадины даже маленькое отверстие, головка выпадет из нее под действием веса конечности. Если, вправив головку во впадину, это отверстие заделать, то бедренная кость будет держаться в вертлужной впадине сама и вывихнуть ее будет сложно. Этот эксперимент можно сравнить с классическим экспе-

риментом с полусферами Магдебурга (Magdebourg). Он показал, что нельзя разделить две полусферы, если внутри этого шара создан вакуум (рис. 96), но, если в этот шар впустить воздух, его половины легко разъединятся (рис. 97). Это доказывает роль атмосферного давления.

Связки и околосуставные мышцы играют очень важную роль в обеспечении структуральной целостности сустава. Обратите внимание (рис. 98, горизонтальный срез) на то, что все их функции взаимно уравновешены. Так, на передней поверхности мышцы очень немногочисленны (**синяя стрелка**), а связки мощные (**черная стрелка**), а на задней поверхности, наоборот, преобладают мышцы (**красная стрелка**). Их скоординированное взаимодействие удерживает головку (**зеленая стрелка**) в вертлужной впадине.

Стоит отметить, что действие связок изменяется в зависимости от *положения конечности в тазобедренном суставе*. При **разгибании** (рис. 99) связки натянуты и удерживают суставные поверхности в положении коаптации. При **сгибании** (рис. 100) связки расслаблены (см. стр. 41), и контакт между суставными поверхностями не столь плотный. Этот механизм легко понять на примере механической модели (рис. 101). Параллельные нити проходят между двумя деревянными кругами **a**, и, когда один круг движется по окружности по отношению к другому **b**, расстояние между ними уменьшается.

Таким образом, положение сгибания является **нестабильным положением** для тазобедренного сустава, так как связки расслабляются. Если к сгибанию добавляется приведение, как это бывает в положении сидя, закинув ногу на ногу (рис. 102), достаточно относительно небольшой силы, воздействующей по оси бедра (**коричневая стрелка**), чтобы привести к заднему вывиху в тазобедренном суставе с *переломом или без заднего края вертлужной впадины* (например, переломы, обусловленные ударом о приборную доску при автомобильных авариях).

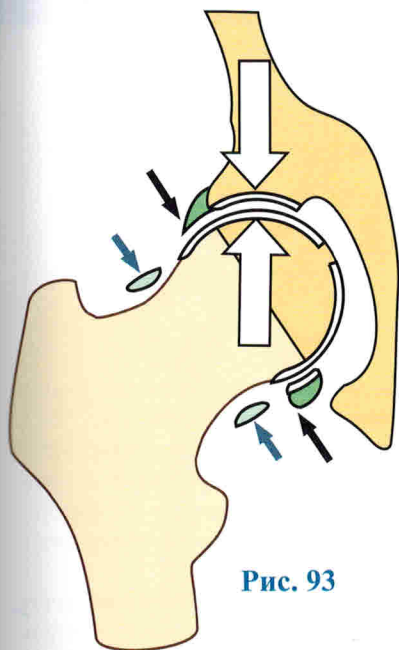


Рис. 93

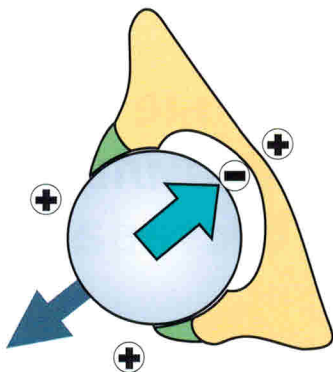


Рис. 94

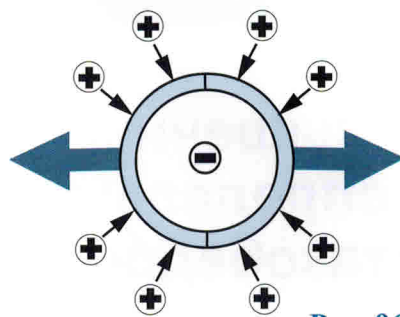


Рис. 96

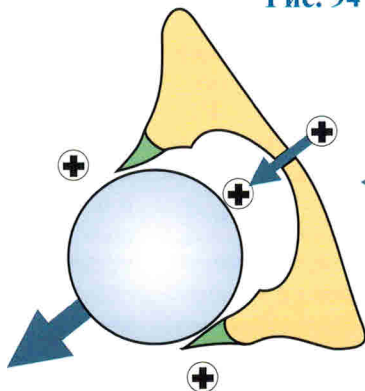


Рис. 95

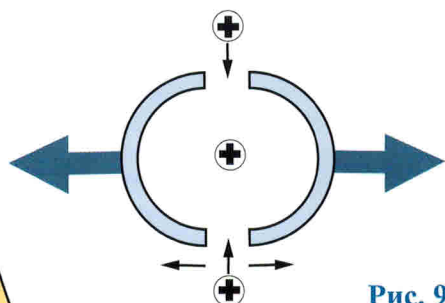


Рис. 97

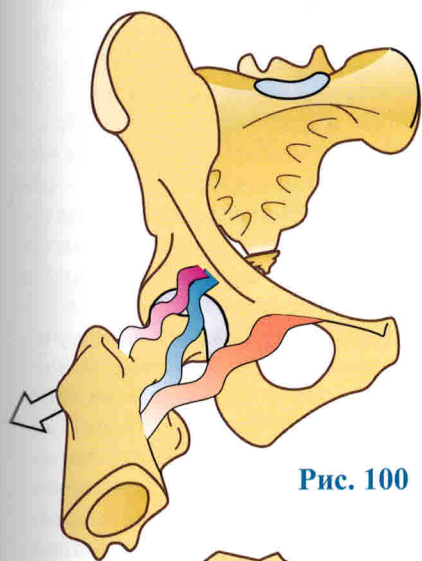


Рис. 100

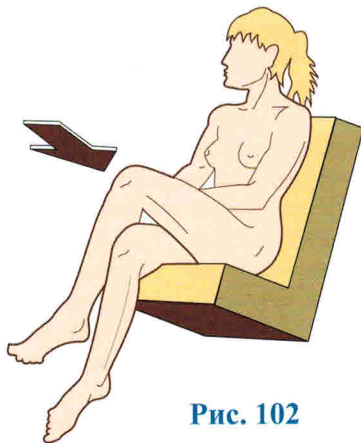


Рис. 102

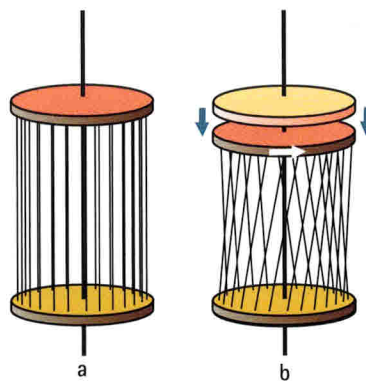


Рис. 101

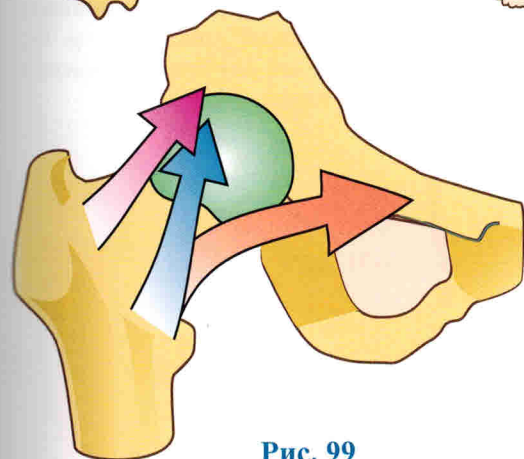


Рис. 99

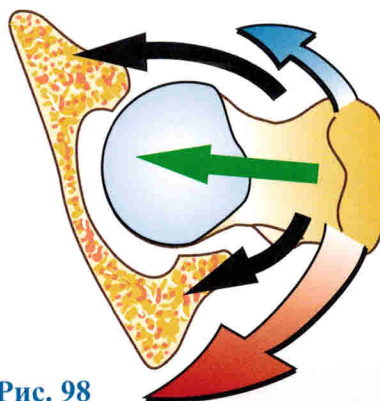


Рис. 98

Мышечные и костные факторы, определяющие стабильность тазобедренного сустава

Околосуставные мышцы играют существенную роль в обеспечении стабильности тазобедренного сустава, но при том условии, что они идут в *поперечном направлении*. По сути, мышцы, проходящие более или менее параллельно шейке бедра, *удерживают головку в вертлужной впадине* (рис. 103). Например, лобково-вертельные мышцы – грушевидная **1** и наружная запирательная **2** (на этой схеме показаны только они), ягодичные, особенно малая и средняя **3**, в значительной степени создают силу (*синяя стрелка*), обеспечивающую коаптацию головки бедра с вертлужной впадиной. Поэтому они называются мышцами, обеспечивающими контакт сочленяющихся поверхностей.

С другой стороны, *продольно ориентированные мышцы*, такие как аддукторы **4**, стремятся вывихнуть головку бедра из вертлужной впадины кверху (рис. 103), особенно если ее крыша скошена. Скошенность крыши вертлужной впадины имеется при врожденном вывихе бедра и легко распознается на переднезадней рентгенограмме таза (рис. 104). В норме угол Хильгенрайнера (Hilgenreiner) между горизонтальной линией, проходящей через хрящи на уровне **У**, и линией, проведенной тангенциально к крыше вертлужной впадины, составляет 25° у новорожденных и 15° в возрасте одного года. Наличие угла свыше 30° свидетельствует о врожденном дефекте вертлужной впадины. Диагноз вывиха ставится на основании наличия смещения «ядра» головки бедра кверху выше *У-линии* (симптом Путти (Putti)) и изменения угла Виберга (Wiberg) (см. рис. 37, стр. 27). В случае деформации вертлужной впадины вывих

может произойти под действием приводящих мышц **4'**, особенно если конечность приведена (рис. 103). С другой стороны, «вывихивающий» компонент приводящих мышц *уменьшается с увеличением отведения*, причем при полном отведении аддукторы способствуют сближению суставных поверхностей (рис. 105).

Ориентация шейки бедра как во фронтальной, так и в горизонтальной плоскости играет существенную роль в обеспечении стабильности сустава. Ранее было показано (стр. 26), что **во фронтальной плоскости** ось шейки бедра образует угол в 120–125° с осью диафиза (**а**, рис. 106, *схема тазобедренного сустава, вид спереди*). При врожденном вывихе бедра *этот угол* может доходить до 140° **б**, т.е. имеется соха valga – деформация шейки бедра с увеличением угла между шейкой и телом кости, так что при приведении **с** ось шейки уже «имеет фору» в 20° перед нормальным суставом. Поэтому 30° приведения в патологическом тазобедренном суставе **Р** соответствует 50° приведения в нормальном суставе. Сейчас известно, что приведение *усугубляет вывихивающее действие аддукторов*, поэтому соха valga способствует развитию вывиха бедра. С другой стороны, такой патологически измененный тазобедренный сустав будет *стабильным в положении отведения*. Это объясняет использование определенных положений, в которых осуществляется иммобилизация нижней конечности при лечении врожденного вывиха бедра, и первое из этих положений – отведение конечности на 90° (рис. 107, стр. 53, *схематическое изображение поз для предупреждения вывиха бедра у новорожденных*).

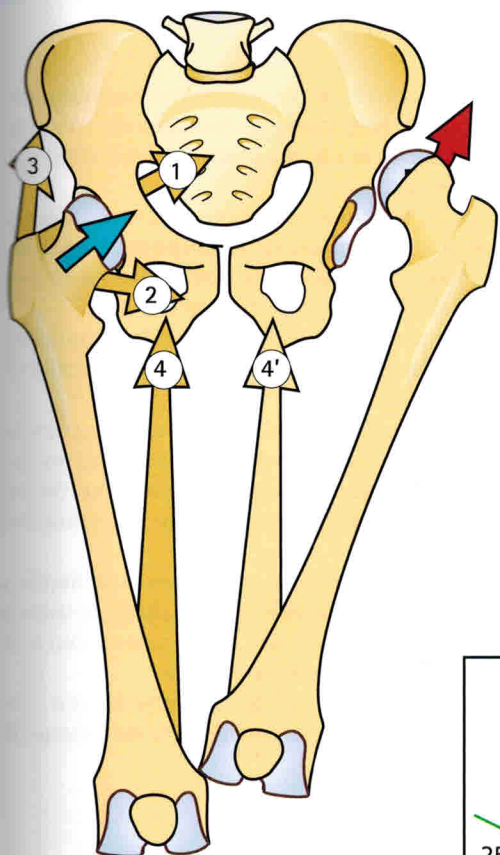


Рис. 103

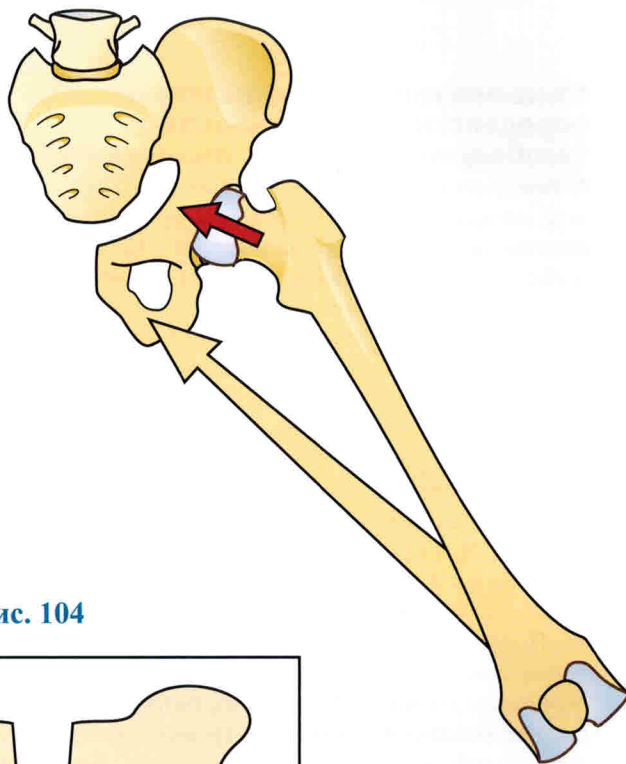


Рис. 105

Рис. 104

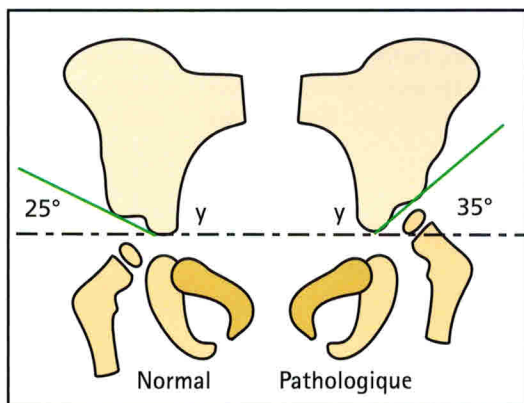
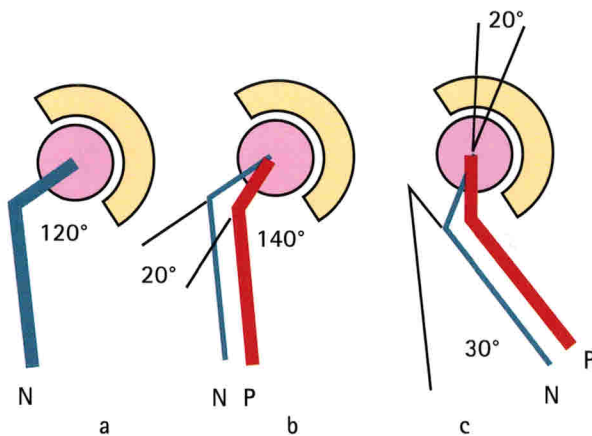


Рис. 106



Мышечные и костные факторы, определяющие стабильность тазобедренного сустава (продолжение)

В горизонтальной плоскости (рис. 108, вид сверху) угол между осью шейки бедра и фронтальной плоскостью **а** в среднем составляет 20° . Поскольку оси шейки бедра и вертлужной впадины при прямохождении не совпадают, передняя часть головки бедренной кости оказывается покрытой вертлужной впадиной. Если этот угол *увеличивается*, скажем, до 40° и шейка бедра ориентирована более кпереди **б**, говорят об *антеверсии шейки* (переднее положение головки). В этих случаях возрастает опасность переднего вывиха. Действительно, при наружной ротации в 25° ось шейки **с** в норме «*смотрит*» в глубину вертлужной впадины **Н**, а при избыточной антеверсии шейки **Р** с «форой» на 20° смещается к краю вертлужной впадины, т.е. появляется *тенденция к переднему вывиху*. Поэтому наличие избыточной антеверсии шейки бедра способствует возникновению вывиха в тазобедренном суставе. И наоборот, ретроверсия шейки (заднее положение), как и внутренняя ротация **д** бедра, способствуют стабильности сустава. Вот почему

показанное на рис. 107 третье положение конечности, используемое для удержания вправленной головки бедра в вертлужной впадине, сочетает разгибание с *внутренней ротацией*.

Эти структурные и мышечные факторы очень важны для обеспечения **стабильности эндопротезов** тазобедренного сустава. Производя его тотальное эндопротезирование, хирург должен обеспечить:

- *правильную ориентацию шейки*: без избыточной антеверсии, если операция проходит передним доступом и наоборот;
- *правильную ориентацию чашки эндопротеза*, которая, как и натуральная вертлужная впадина, должна быть ориентирована книзу под углом не более $45\text{--}50^\circ$ к горизонтали и слегка кпереди под углом не более 15° ;
- восстановление «*функциональной длины*» шейки бедра, чтобы плечо рычага действия ягодичных мышц было близким к норме, так как это существенно для стабильности искусственного сустава.

Большое значение имеет выбор хирургического доступа, сопряженного с наименьшей травматизацией околосуставных мышц.

Рис. 107

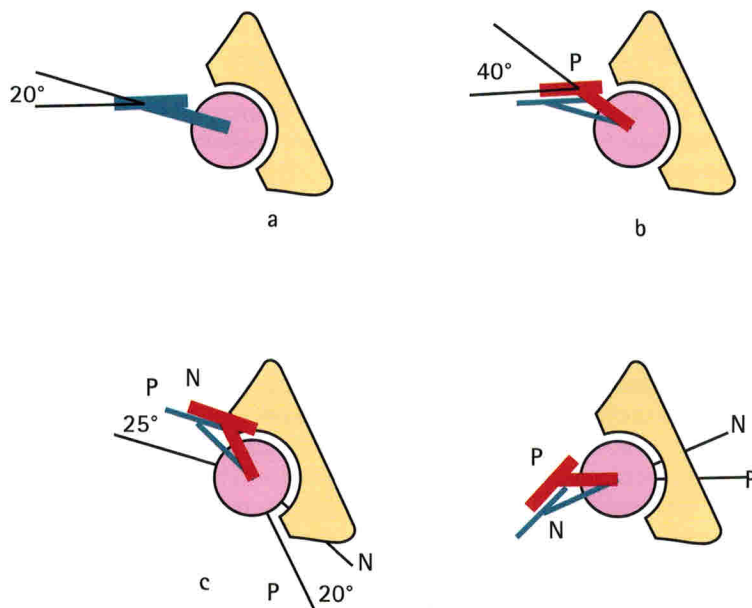
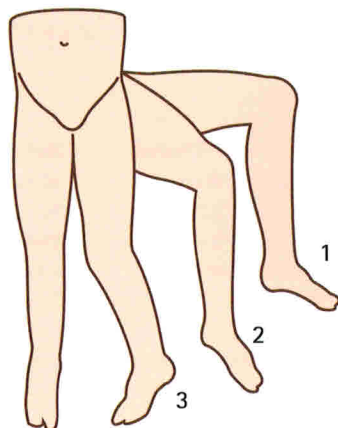


Рис. 108

Динамическое обследование коленного сустава при внутренней ротации

Помимо классических статических тестов на стабильность коленного сустава, выявляющих **патологические движения в поперечной и переднезадней плоскостях**, существуют общепризнанные **динамические тесты на стабильность** (или нестабильность), демонстрирующие *патологические компоненты исследуемых движений*. Эти тесты столь многочисленны (каждая хирургическая школа предлагает все новые на каждом конгрессе), что лучше всего объединить их в группы и назвать наиболее важные.

Целесообразно разделить эти тесты на две группы:

- тесты, сочетающие **вальгусное смещение и внутреннюю ротацию**,
- тесты, сочетающие **вальгусное смещение и наружную ротацию**.

Первая группа включает в себя следующие тесты:

Наиболее известным и широко используемым является **тест МакИнтоша (McIntosh)** или **Lateral Pivot Shift Test**. Пациента укладывают на спину (рис. 223) или на бок под углом 45° к плоскости кушетки (рис. 224). В первом случае рукой, лежащей на подошвенной поверхности стопы, врач создает форсированную внутреннюю ротацию; при этом сам вес приподнятой конечности обеспечивает вальгизацию в коленном суставе. Во втором случае ладонь врача лежит на медиальной поверхности с захватом пятки. Разгибая свою кисть в лучезапястном суставе, он создает внутреннюю ротацию голени. Нейтральным положением коленного сустава будет разгибание (рис. 223). Другой рукой врач толкает колено кпереди, создавая сгибание, и книзу, чтобы увеличить вальгус. Сгибание (рис. 224) идет с некоторым сопротивлением, но при достижении $25-30^\circ$ флексии ощущается внезапный скачок, при этом можно видеть и чувствовать, как наружный мыщелок бедра прыгает кпереди по латеральной части суставной поверхности большеберцовой кости.

Положительный симптом МакИнтоша указывает на **разрыв передней крестообразной связки**. При разогнутом положении коленного сустава внутренняя ротация (рис. 225) *приводит наружный мыщелок бедра в положение заднего подвывиха SLP*, к заднему склону **1** выпуклой поверхности наружной части мыщелка большеберцовой кости. Он удерживается в таком положении напряженной широкой фасцией бедра **FL** и вальгусным смещением. И то и другое удерживает суставные поверхности в тесном контакте. Как только широкая фасция оказывается кпереди от гребня выпуклой латеральной части мыщелка большеберцовой кости, мыщелок бедра фиксируется в положении заднего подвывиха. При дальнейшем сгибании (рис. 226) широкая фасция перемещается кзади от гребня наружной части плато большеберцовой кости, мыщелок скользит по этому гребню **S** и задерживается спереди на переднем склоне **2**, где он контролируется задней крестообразной связкой (розового цвета). Важно подчеркнуть, что **и сам пациент ощущает этот внезапный скачок**.

Тест на скачок Хьюстона (Hughston) обратен тесту МакИнтоша. Больной лежит на спине (рис. 227) или на боку под углом 45° к плоскости кушетки (рис. 228). Отличие состоит в том, что исходным положением является $35-40^\circ$ сгибания, из которого осуществляют разгибание коленного сустава при одновременной его вальгизации и внутренней ротации стопы. Наружный мыщелок бедра (рис. 225) поначалу находится в «преувеличенном» переднем положении (пунктир), где он контактирует с передним склоном выпуклого латерального мыщелка большеберцовой кости **2**. Затем он резко перескакивает **1** в положение заднего подвывиха, так как передняя крестообразная связка перестает удерживать его во время разгибания. Таким образом, **положительный симптом Хьюстона также указывает на разрыв передней крестообразной связки**.

Рис. 223

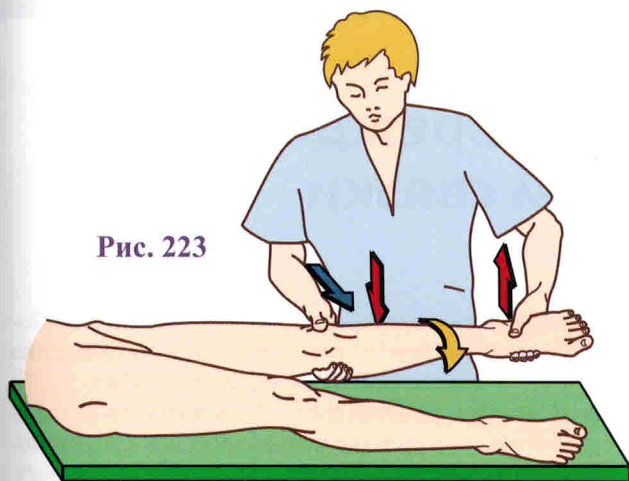


Рис. 227

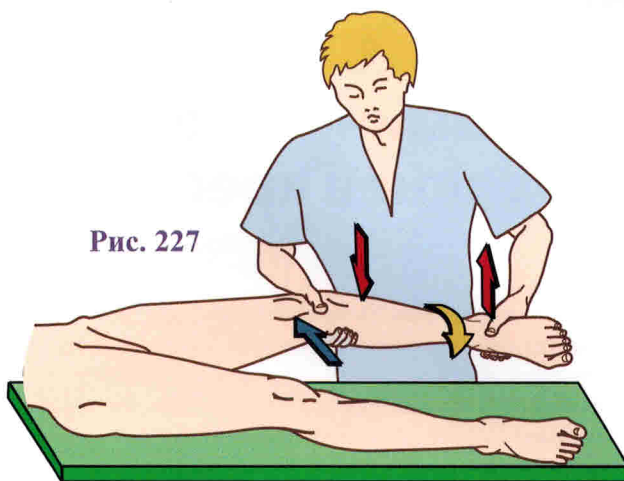


Рис. 224

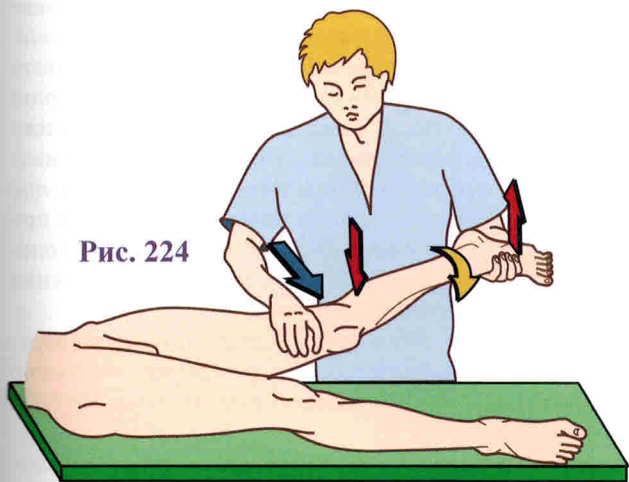


Рис. 228

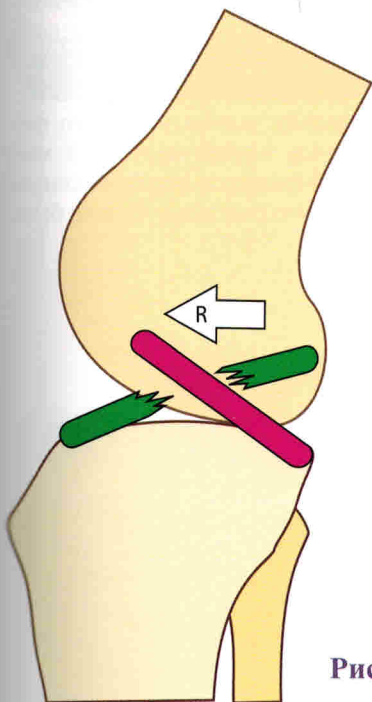
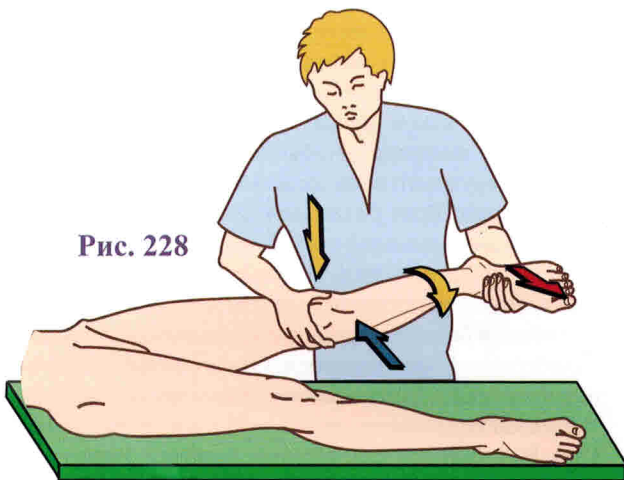


Рис. 226

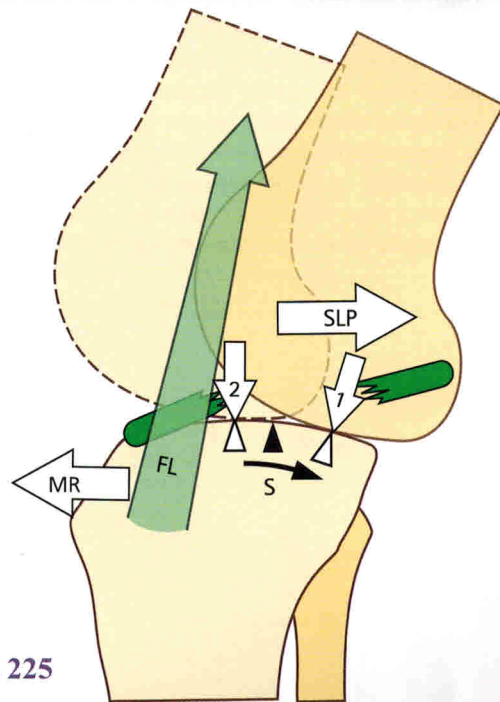


Рис. 225

Динамические тесты на повреждение передней крестообразной связки

Кроме тестов МакИнтоша и Хьюстона, которые являются наиболее часто используемыми, самыми простыми и надежными из динамических тестов, существуют три других способа диагностики повреждений передней крестообразной связки.

Тест Лосса (Losse) (рис. 229) осуществляется в положении больного на спине. Одной рукой врач поддерживает за пятку ногу, согнутую в колене под углом 30°, другая рука держит колено спереди так, чтобы большой палец лежал на головке малоберцовой кости. Одновременно одной рукой поворачивая стопу, голень *ротируют наружу*, чтобы помешать заднему подвывиху наружного мыщелка, а второй рукой создают вальгизацию. Врач *разгибает ногу в коленном суставе, позволяя наружную ротацию*. Это сочетание очень важно, чтобы получить положительный ответ, иначе тест всегда будет отрицателен. По достижении полного разгибания большим пальцем надавливают на головку малоберцовой кости кпереди. Ответ считается положительным, если *суставная поверхность большеберцовой кости перескакивает кпереди* к концу разгибания.

Тест Нюа (Noyes) или **Flexion Rotation Drawer Test** (рис. 230) проверяют также в положении больного на спине при сгибании в коленном суставе на 20–30° и нулевой ротации. Руками поддерживают голень, и вес бедра вызывает **задний подвывих** наружного мыщелка бедренной кости (**две красные стрелки**) и наружную ротацию бедра. Можно уменьшить этот подвывих, толкая верхний конец большеберцовой кости кзади (**желтая стрелка**), как это делается при проверке симптома заднего выдвигающего ящика, отку-

да происходит английское название этого теста. Положительный результат теста Нюа также указывает на повреждение передней крестообразной связки.

Тест Слокума (Slocum) (рис. 231) проводят в положении больного на спине с полуоборотом к противоположной стороне. Врач кладет руки на больную ногу. Вес конечности при разгибании в коленном суставе *автоматически дает сочетание вальгусного смещения с внутренней ротацией*. Не нужно поддерживать конечность, что особенно удобно при обследовании полных пациентов. Руками, лежащими выше и ниже колена, врач осуществляет его сгибание, усиливая вальгусное смещение. Как и в тесте МакИнтоша, при 30–40° сгибания происходит *внезапный скачок*, а при разгибании провоцируется симптом Хьюстона. Положительный тест Слокума указывает на **повреждение передней крестообразной связки**.

Эти пять тестов очень важны для диагностики повреждений передней крестообразной связки, но нужно знать два условия, при которых они *утрачивают свою надежность*:

- у молодых девушек с выраженной слабостью связочного аппарата суставов они могут оказаться ложноположительными, поэтому нужно обязательно *сравнить со вторым коленным суставом*, где связки также могут оказаться слабыми;
- при тяжелых повреждениях задневноутреннего фиброзно-сухожильного слоя связки наружный мыщелок перестает контролироваться форсированным вальгусом, и демонстрация симптома может быть существенно затруднена.

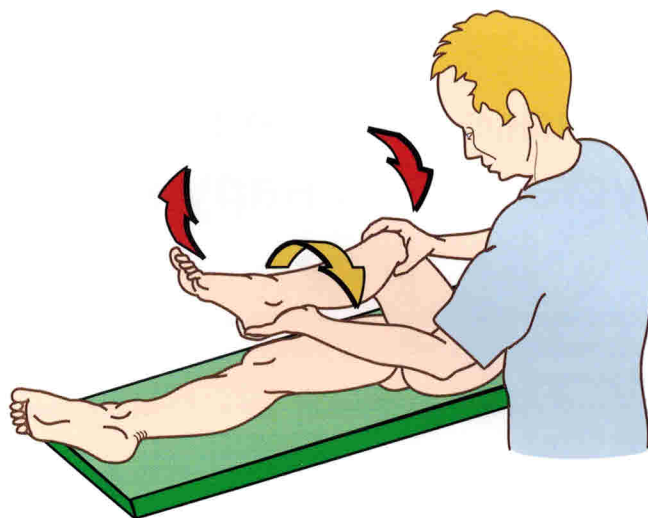


Рис. 229

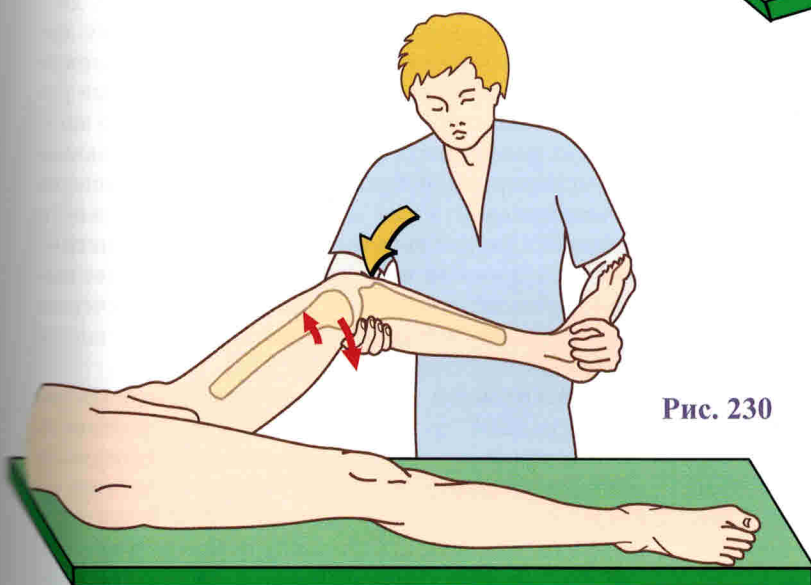


Рис. 230

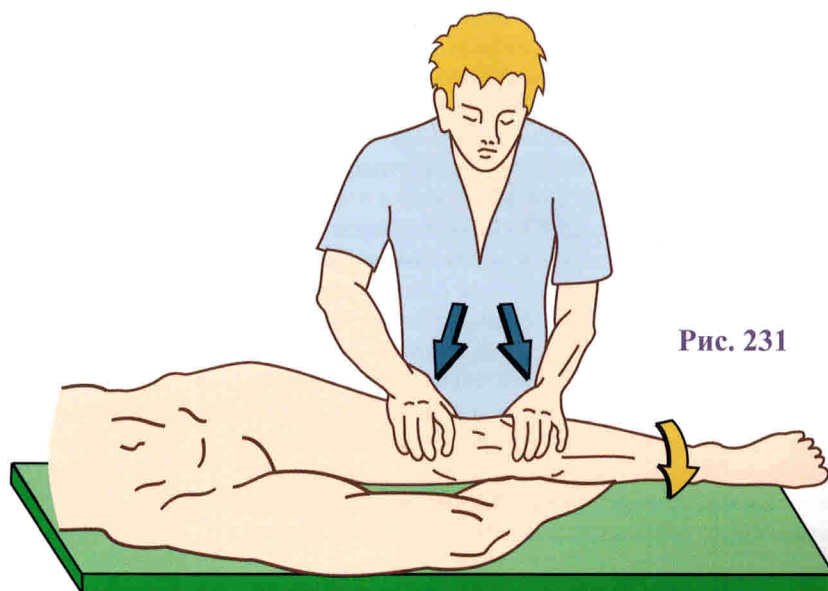


Рис. 231

Движения в подтаранном суставе

По отдельности поверхности, образующие подтаранный сустав, можно представить себе в виде геометрической формы: передняя поверхность пяточной кости напоминает *сегмент цилиндра*, а головка таранной кости — *часть шара*. Однако этот сустав следует рассматривать как шаровидный, так как с точки зрения геометрии невозможно, чтобы две сферические и две цилиндрические поверхности (внутри единого механического комплекса) скользили одновременно одна по другой, не **утрачивая контакта**. Этот сустав обладает определенной «игрой» благодаря своей структуре и составляет тем самым резкий контраст по отношению, например, к тазобедренному суставу, где сочленяющиеся поверхности геометрически конгруэнтны и позволяют лишь самую минимальную «игру».

При том, что компоненты подтаранного сустава обладают достаточной конгруэнтностью в промежуточном положении, т.е. когда необходима максимальная степень контакта между ними для перераспределения нагрузки, в крайних положениях они становятся отчетливо дисконгруэнтными, площадь контакта между ними уменьшается, но в эти моменты и передача нагрузки между суставами становится значительно меньше, а то и нулевой.

Из **промежуточного положения** (рис. 30, «прозрачные» пяточная и таранная кости, вид изнутри) движения пяточной кости по отношению к таранной (предполагается, что последняя фиксирована) происходят **в пространстве одновременно в трех плоскостях**. При инверсии стопы (см. рис. 2, стр. 201) передняя часть пяточной кости выполняет **три простейших движения** (рис. 31, исходное положение показано синим пунктиром):

- слегка перемещается в дистальном направлении **t**, при этом происходит небольшое разгибание стопы;

- движется кнутри **v**, т.е. имеет место приведение;
- поворачивается **r**, ложится на свою наружную поверхность, т.е. имеет место супинация.

То же самое можно продемонстрировать при эверсии, но наоборот.

Фарабеф (Farabeuf) дал превосходное описание этого комплексного движения пяточной кости: «Пяточная кость погружается, поворачивается и перекачивается под таранной костью». Это сравнение с кораблем здесь полностью оправданно (рис. 34). Из стабильного положения **a**, если находит волна:

- киль корабля **погружается** в волны **b**,
- корабль **поворачивается** всем корпусом **c**,
- **перекачивается**, наклоняясь с боку на бок **d**.

Эти простейшие движения по отношению к осям погружения, поворота и перекачивания автоматически объединяются в процессе плавания корабля по волнам **c**.

Можно показать геометрически, что движение, компоненты которого вокруг определенных осей хорошо известны, может быть сведено к *единому движению, происходящему по отношению к одной оси, лежащей наклонно относительно трех названных осей*. Для пяточной кости, которая на рис. 32 изображена в виде параллелепипеда, такая ось **mn** проходит косо сверху вниз, изнутри кнаружи и спереди назад. Ротация вокруг нее (рис. 33) приводит к только что описанным движениям. Эта ось, продемонстрированная Хенке (Henke), входит у верхневнутренней части шейки таранной кости, проходит через пазуху предплюсны и выходит у задненаружного бугра пяточной кости (см. стр. 219, а так же модель стопы в конце книги). Ось Хенке применима не только к подтаранному, но и к поперечному предплюсневому сочленению, тем самым **она контролирует все движения заднего отдела предплюсны под голеностопным суставом**.

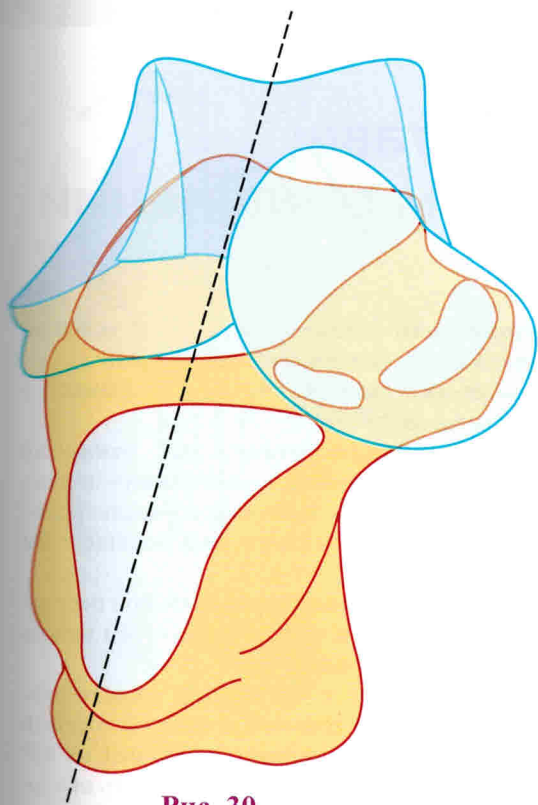


Рис. 30

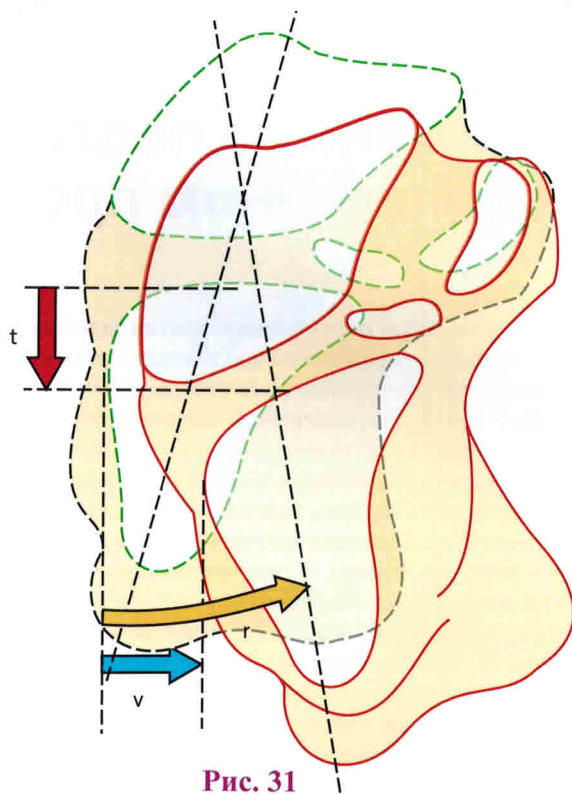


Рис. 31

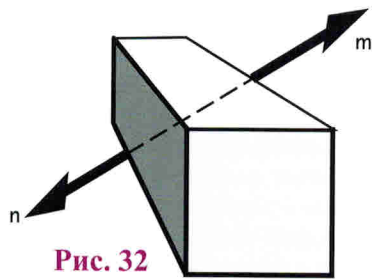


Рис. 32

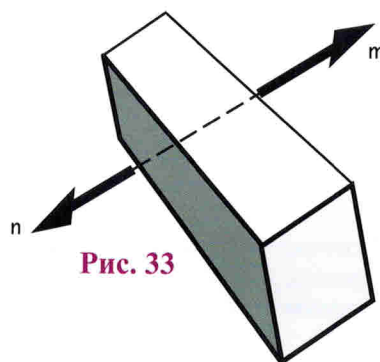


Рис. 33

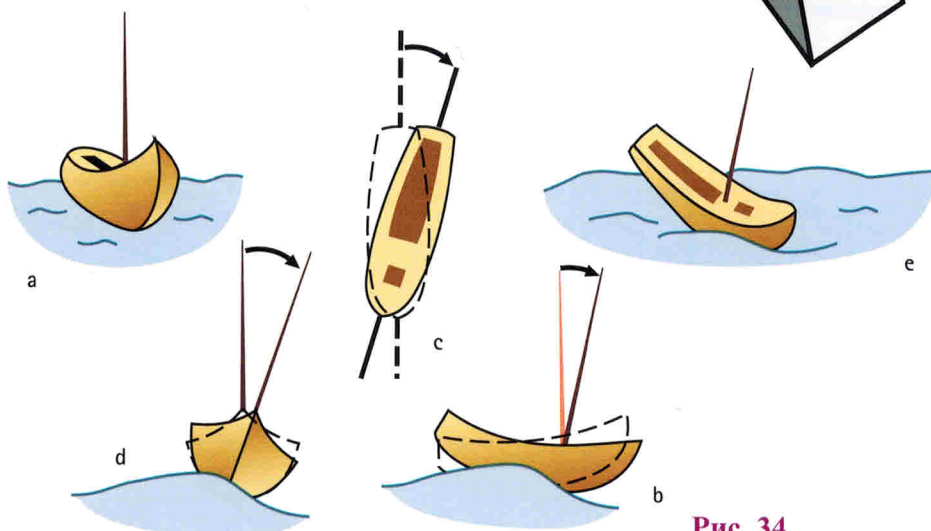


Рис. 34

Трехглавая мышца голени

Все разгибатели голеностопного сустава расположены кзади от оси сгибания/разгибания **XX'** (рис. 105, стр. 247). Теоретически существует **шесть разгибателей стопы** (не считая подошвенную мышцу, которой можно пренебречь). Однако на практике *только трехглавая мышца голени (икроножная и камбаловидная) эффективно выполняет функцию разгибания*, являясь одной из самых мощных мышц тела после большой ягодичной и четырехглавой мышцы бедра. С другой стороны, аксиальное положение этой мышцы заставляет ее работать прежде всего как *разгибатель*.

Эта мышечная группа включает *три брюшка* (рис. 112, вид сзади), которые прикрепляются с помощью общего сухожилия – **ахиллова сухожилия (пяточного) 1** – к задней поверхности пяточной кости (см. след. стр.). Одно из брюшек является односуставным – это **камбаловидная мышца 2**, берущая начало от большеберцовой и малоберцовой костей и простирающегося между ними **фиброзного тяжа 3** (показан прозрачно). Она расположена глубоко и выходит на поверхность только у дистального конца по обе стороны от ахиллова сухожилия.

Два других (икроножная мышца) – двусуставные. **Наружная головка икроножной мышцы 4** начинается в углублении над наружным мыщелком бедра и на мыщелковой пластинке, которая иногда содержит сесамовидную кость. **Внутренняя головка 5** начинается от задней поверхности нижнего конца бедренной кости над внутренним мыщелком и от внутренней мыщелковой пластинки. Эти два мышечных брюшка ниже сливаются у средней линии и образуют нижнюю V-образную часть ромбовидной **подколенной ямки 10**. По бокам они граничат с седалищно-бедренными мышцами, расходящимися проксимально и образующими верхнюю V-образную часть подколенной ямки, а именно: снаружи – с **двуглавой мышцей бедра 6**, а с внутренней стороны – с **мышцами гусиной лапки** (портняжной, тонкой и полусухожильной мышцами) **7**. Между икроножной мышцей и седалищно-бедренными расположены две синовиальные сумки: одна, постоянная, – между полусухожильной мышцей

и внутренней головкой икроножной **8**, вторая, наружная, – между ее наружной головкой и двуглавой мышцей **9** (присутствует не всегда). Наличие сумок может приводить к возникновению подколенных кист. Икроножная и камбаловидная мышцы заканчиваются общим апоневрозом, от которого отходит истинное ахиллово сухожилие.

Эти три мышцы сокращаются на разную длину (рис. 113, вид сбоку): камбаловидная **Cj** – на 44 мм, икроножная **Cs** – на 39 мм. Из сказанного становится ясно, почему эффективность функционирования двусуставной икроножной мышцы столь существенно зависит от амплитуды сгибания в коленном суставе (рис. 114, вид сбоку, колено согнуто). Когда коленный сустав полностью согнут или полностью разогнут, смещение точек прикрепления этой мышцы обеспечивает относительное удлинение или укорочение **e**, равное или даже превышающее величину ее сокращения **Cj**. Когда коленный сустав разогнут (рис. 115), пассивно растянутая икроножная мышца оказывается в преимущественном положении, и это позволяет четырехглавой мышце использовать часть своей силы для воздействия на голеностопный сустав. Когда коленный сустав согнут (рис. 117), икроножная мышца максимально расслабляется (**e** становится больше **Cj**) и утрачивает свою силу. Активной остается только камбаловидная мышца, но ее было бы недостаточно для эффективного осуществления ходьбы, бега или прыжков, если бы в этих процессах не участвовало разгибание в коленном суставе. Помните, что икроножная мышца, несмотря на ее положение, не является сгибателем коленного сустава.

Любое движение, ведущее к одновременному разгибанию голеностопного и коленного суставов, например восхождение в гору (рис. 116) или бег (рис. 118 и 119), вовлекает в действие икроножную мышцу. Трехглавая мышца голени **достигает максимальной эффективности**, когда, начиная из положения сгибания в голеностопном и разгибания в коленном суставе (рис. 118), она сокращается, чтобы обеспечить разгибание в голеностопном суставе (рис. 119) и **толчок** в последнюю фазу шага.

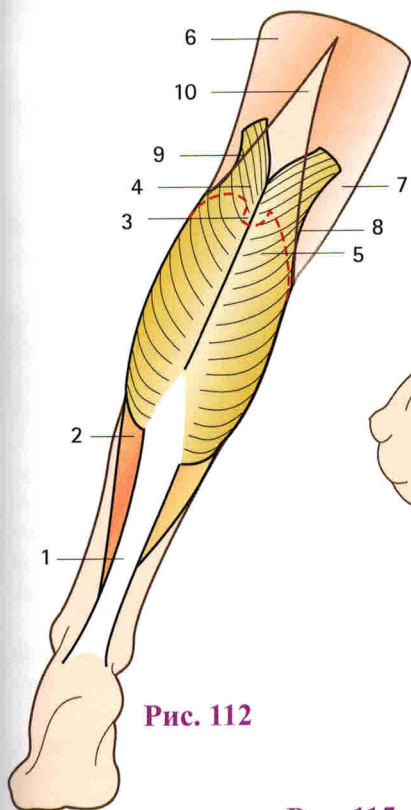


Рис. 112

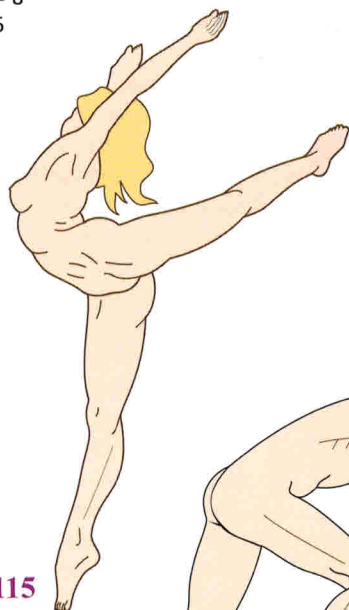


Рис. 115

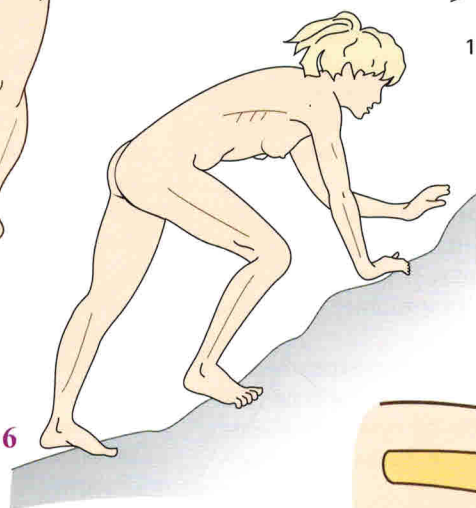


Рис. 116

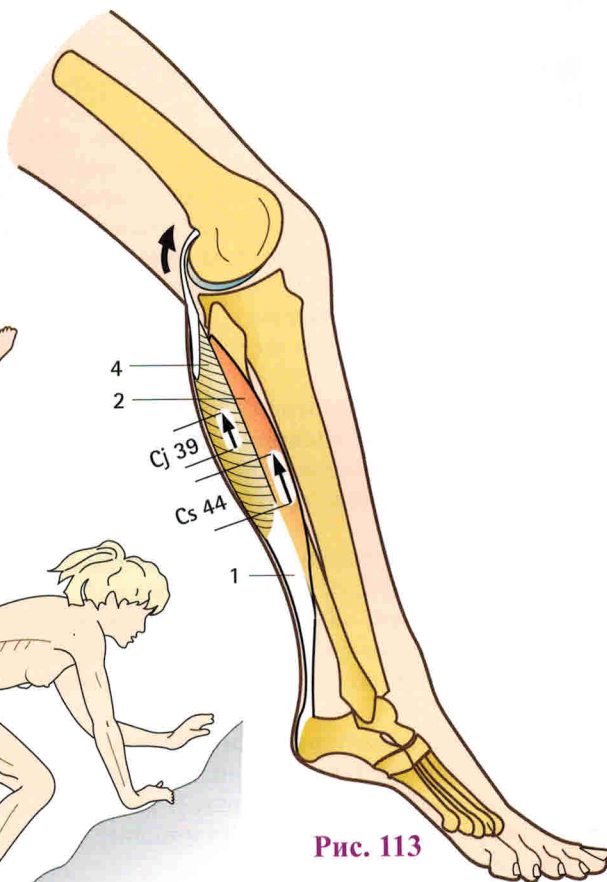


Рис. 113

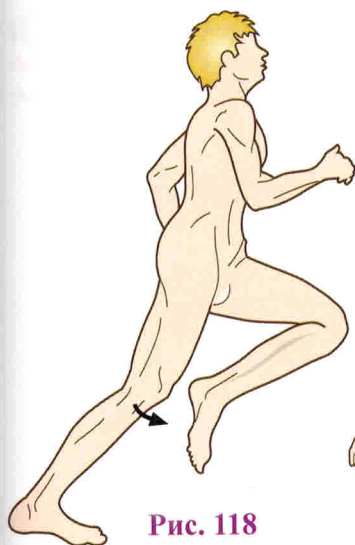


Рис. 118

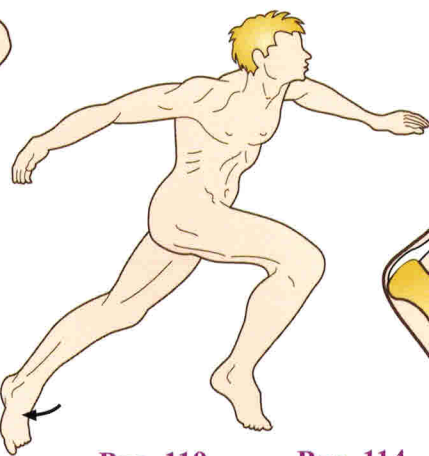


Рис. 119

Рис. 114

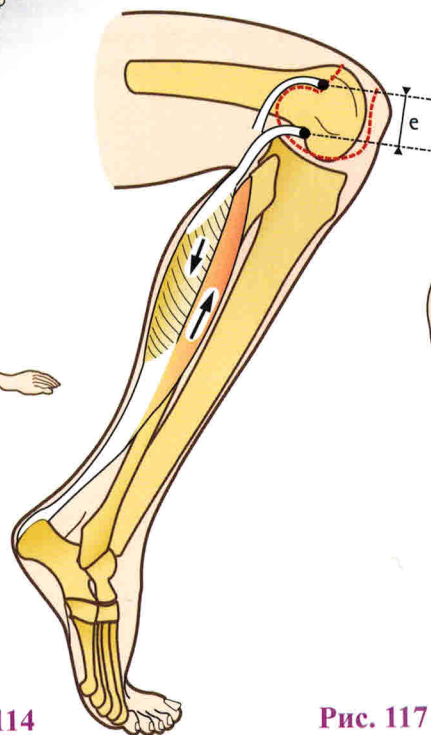


Рис. 117



Трехглавая мышца голени (продолжение)

Трехглавая мышца голени имеет очень сложную апоневротическую систему (рис. 120, вид спереди, большеберцовая кость отсутствует, спереди видна глубокая поверхность мышцы), включающую в себя сухожилия, как берущие отсюда свое начало, так и заканчивающиеся здесь. Эта система образует дистально ахиллово сухожилие.

К сухожилиям, берущим здесь свое начало, принадлежат:

- два сухожилия внутренней **1** и наружной **2** головок икроножной мышцы, прикрепленные чуть выше мыщелков бедренной кости, и занимающие латеральную часть прикрепления икроножных мышц;
- толстый сухожильный слой камбаловидной мышцы **3**, идущий от большеберцовой и малоберцовой костей, два их прикрепления разделены аркадой камбаловидной мышцы; его нижняя часть имеет форму подковы с внутренним **4** и наружным **5** рогом.

К сухожилиям, заканчивающимся здесь, относятся:

- толстый общий терминальный листок **6**, параллельный камбаловидной мышце и расположенный спереди. Образует ахиллово сухожилие **7**, прикрепляясь к пяточной кости **8**;
- сагиттальный листок **9**, перпендикулярен первому и сливается с его передней поверхностью. Его особенностью является то, что он сужается кверху после прохождения между двумя рогами подковы.

В направлении спереди назад можно выделить три последовательных апоневротических слоя:

- слой икроножной мышцы,
- слой общего терминального листка,
- слой сухожилия, дающего начало камбаловидной мышце, на которое наслаивается сагиттальный листок.

Мышечные волокна трехглавой мышцы голени расположены по отношению к апоневротическому комплексу следующим образом:

- Волокна внутренней **10** (красная) и наружной **11** (зеленая) головок икроножной мышцы (рис. 121, пространственная схема, вид спереди и изнутри, внутренняя половина камбаловидного листка удалена) берут начало от передней части сухожилий, изгибаются над мыщелками бедра и продолжают книзу и спереди по направлению к оси голени, прикрепляясь к передней поверхности терминального листка.
- Мышечные волокна камбаловидной мышцы (рис. 122, тот же вид, камбаловидный листок не тронут) располагаются в два слоя:
- Передний слой **12** с волокнами (темно-красные), прикрепляющимися к передней поверхности терминального листка (показана только их внутренняя часть) и в меньшей степени – к внутренней и наружной частям сагиттального листка;
- Задний слой **13** с волокнами (темно-синие), прикрепляющимися к сагиттальному листку.

Приводимый здесь схематически рисунок показывает также спиральный ход (**14**, красные и синие волокна) ахиллова сухожилия, что обеспечивает его эластичность.

Динамические изменения арок стопы при ходьбе

В процессе ходьбы **каждый момент шага** представляет для стопы нагрузку и воздействует на свод подошвы, что ясно показывает ее роль эластичного амортизатора. Осуществление шага состоит из **4 фаз**.

Фаза I – устанавливается контакт с поверхностью опоры (рис. 45)

В момент касания плоскости опоры стопа находится в нейтральном положении или **в небольшом сгибании** (рис. 45) под действием сгибателей голеностопного сустава **Г**. Стопа соприкасается с полом *пяткой*, т.е. в области задней опоры **С** подошвенного свода. Сразу после этого под *давлением голени* (**красная стрелка**) стопа расплывается по площади опоры (стрелка **1**), и *голеностопный сустав пассивно разгибается*.

Фаза II – максимальный контакт (рис. 46)

Подошва опирается на плоскость опоры всей своей поверхностью (рис. 46), что и составляет отпечаток стопы. Тело под влиянием толчка, осуществляемого другой стопой, сначала оказывается на одной вертикальной линии с опорной конечностью, а затем перемещается кпереди от нее (**одноопорный период**). Голеностопный сустав пассивно переходит из положения разгибания в новое для него **положение сгибания** стрелка **2**. В это время вес тела (**красная стрелка**) полностью приходится на подошвенный свод, и последний уплощается. Уплотнение свода одновременно контролируется натяжением подошвенных напрягателей **Р** – **первая стадия амортизации** ударной нагрузки. Уплотняясь, свод немного удлиняется: в начале этого движения передняя опора **А** *слегка перемещается кпереди*, а в конце, когда она обретает все более надежный контакт с полом под действием веса тела, задняя опора **С**, т.е. пятка, *отступает кзади*. Особенно остро это ощущают женщины, которые носят высокие каблуки. Площадь отпечатка стопы максимальна, когда голень составляет со стопой **прямой угол**.

Фаза III – первая стадия активного толчка (рис. 47)

Вес тела переносится на переднюю часть стопы, и **сокращение разгибателей голеностопного сустава Т**, особенно трехглавой мышцы голени, *подни-*

мает пятку (стрелка **3**). При таком активном **разгибании** голеностопного сустава подошвенный свод в целом **ротуруется по отношению к его передней опоре А**. Тело *приподнимается и продвигается вперед*. Это первая стадия продвижения, она очень важна, и ее осуществление зависит от мощных мышц. Тем временем подошвенный свод, оказавшийся между плоскостью опоры спереди, мышечным воздействием сзади и весом тела в центре (рычаг второго типа), должен бы стать более плоским, если бы этому не противодействовали подошвенные напрягатели **Р**. Это **вторая стадия амортизации** ударной нагрузки, которая позволяет частично сэкономить силу трехглавой мышцы голени для использования ее в конце этапа активного толчка. С другой стороны, в момент, когда вес тела приходится только на переднюю часть опорной стопы, *передняя арка, в свою очередь, уплощается* (рис. 48), и *передний отдел стопы расплывается по плоскости опоры* (рис. 49).

Фаза IV – вторая стадия активного толчка (рис. 50)

К силе, обеспечиваемой трехглавой мышцей голени, за счет **сокращения сгибателей пальцев стопы f**, особенно сесамовидных мышц и длинного сгибателя большого пальца стопы, добавляется еще одна сила (стрелка **4**). Стопа приподнимается на цыпочки, *перестает опираться на переднюю часть предплюсны, и вся опора приходится на три первых пальца* (рис. 51), особенно на большой в конечный этап одноопорного периода. Во время второй стадии активного толчка *подошвенный свод опять сопротивляется* уплощению с помощью подошвенных напрягателей, включая сгибатели пальцев. Именно теперь высвобождается энергия, хранившаяся в напрягателях. *Стопа отрывается от плоскости опоры, и вес тела переносится на другую ногу*. В процессе ходьбы имеется очень кратковременный момент опоры на обе стопы (**двуопорный период**). С началом нового одноопорного периода свод стопы, только что оторвавшийся от плоскости опоры, возвращается в исходное положение благодаря собственной эластичности.

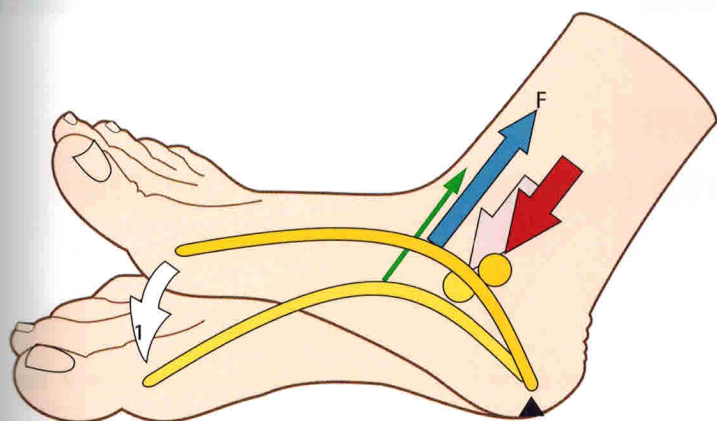


Рис. 45

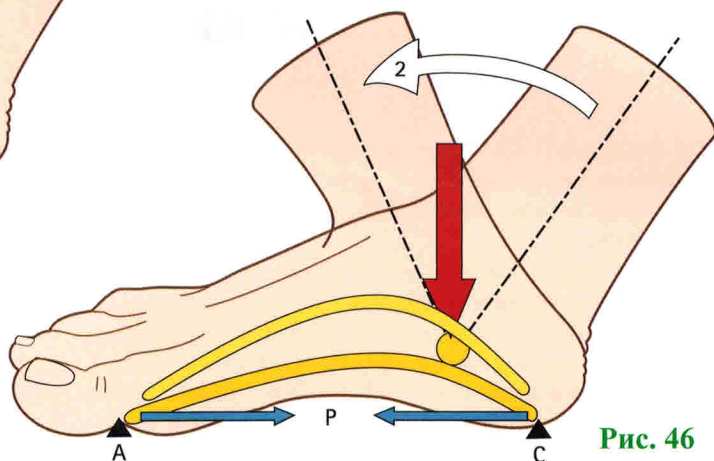


Рис. 46

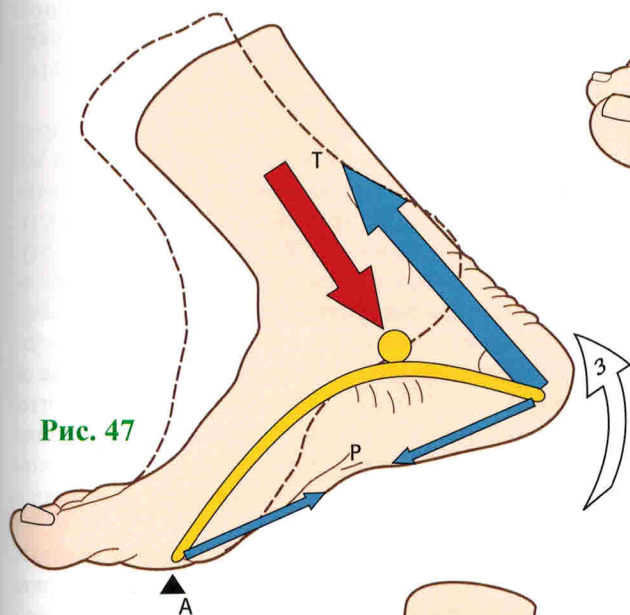


Рис. 47

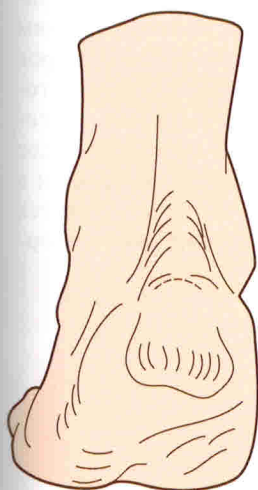


Рис. 48

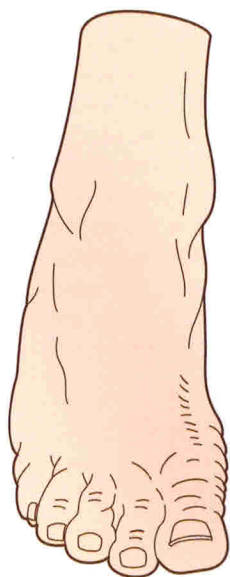


Рис. 49

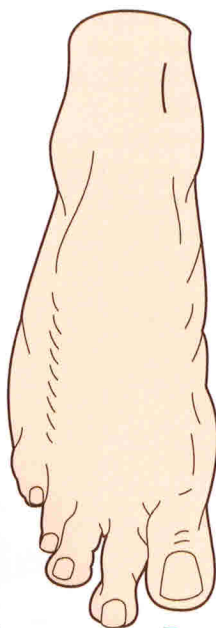


Рис. 51

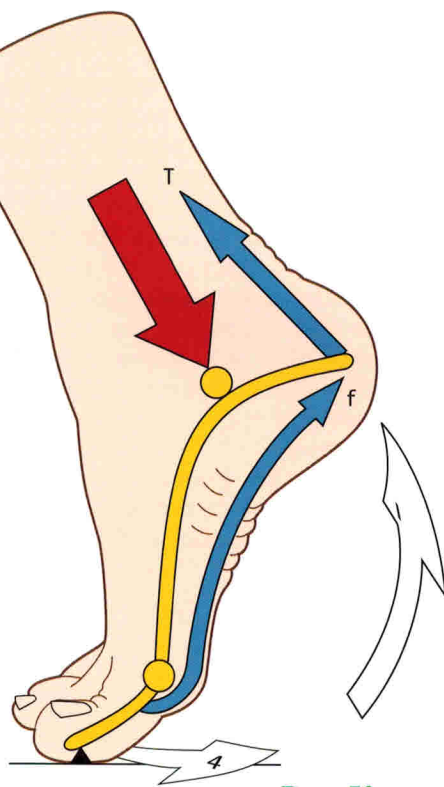


Рис. 50

Динамические изменения, связанные с наклоном голени по отношению к стопе при ее наклоне кнутри

До сих пор мы обсуждали только то, что происходит в подошвенном своде при ходьбе, т.е. при изменениях угла между стопой и голенью в сагиттальной плоскости.

При ходьбе или беге по извилистой дорожке или по неровной поверхности важно, чтобы голень могла менять угол, образуемый ею со стопой во фронтальной плоскости, т.е. наклоняться кнаружи и кнутри по отношению к отпечатку стопы. Эти боковые перемещения происходят в подтаранном суставе и поперечном предплюсневом сочленении и ведут к изменению формы подошвенного свода. Обратите внимание на то, что голеностопный сустав в этом не участвует – таранная кость, зажата между лодыжками, перемещается по отношению к другим костям предплюсны. При медиальном наклоне голени по отношению к стопе (будем считать, что стопа фиксирована) положение стопы соответствует **повороту** (рис. 52), происходят следующие 4 изменения:

- **Голень ротируется кнаружи по отношению к стопе (стрелка 1)**, что возможно только тогда, когда подошва плотно прижата к плоскости опоры. На практике это проявляется как *перемещение наружной лодыжки кзади* относительно положения, занимаемого ею, когда голень составляет прямой угол со стопой, и контакт стопы с плоскостью опоры осуществляется изначально только по ее внутреннему краю (рис. 53, вид **спереди** на стопу в нормальном положении). Такая наружная ротация обеих лодыжек вызывает *смещение таранной кости кнаружи*, особенно ее головки, соприкасающейся с ладьевидной костью.
- **Задний отдел стопы отводится и супинируется (рис. 54)**. Отведение обусловлено некомпенсируемым компонентом наружной ротации. Супина-

ция является результатом смещения пяточной кости кнутри, что хорошо видно сзади за счет угла **x** между осями пятки и голени в фазу переноса ноги (рис. 55, вид **сзади** на стопу в нормальном положении). При этом «варусном» перемещении пяточной кости **внутренний край ахиллова сухожилия становится из прямого вогнутым** (рис. 54: **заднебоковой вид** стопы в «варусном» положении).

- **Передний отдел стопы приводится и пронируется (рис. 52)**. Когда передняя арка опускается на землю, передний отдел стопы смещается медиально. Ось, проходящая через вторую плюсневую кость и сагиттальная плоскость **P**, проходящая через эту ось, наклоняются кнутри на угол **m**, который и обозначает величину приведения (**P'** показывает окончательное положение этой плоскости, а **P** – ее исходное положение). Передняя часть стопы еще и **пронируется**. Однако следует четко понимать, что эти движения приведения и пронации осуществляются *только по отношению к заднему отделу стопы*. Они осуществляются в поперечном предплюсневом сочленении.
- **Внутренняя арка становится более высокой (рис. 52)**. Это увеличение высоты внутренней арки (**стрелка 2**) само по себе является следствием изменения относительного положения переднего и заднего отделов стопы. Оно связано с приподниманием ладьевидной кости над плоскостью опоры, которое одновременно является *пассивным* (смещение головки таранной кости кнаружи) и *активным* (сокращение задней большеберцовой мышцы). Общее изменение дуги подошвенного свода проявляется в изменении его контуров; стопа как бы становится более полой, как в случае **конско-варусной деформации**.

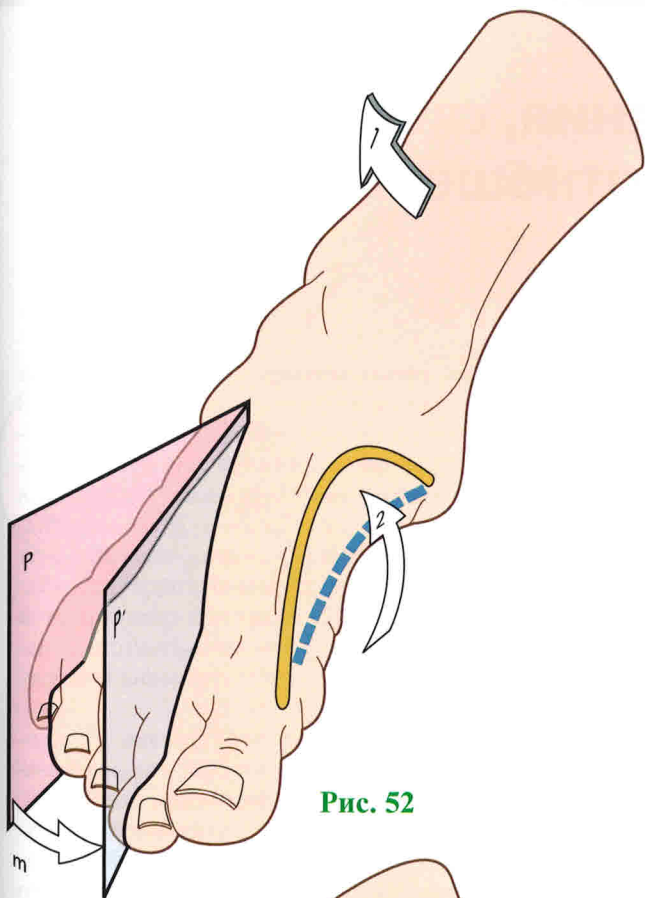


Рис. 52



Рис. 53

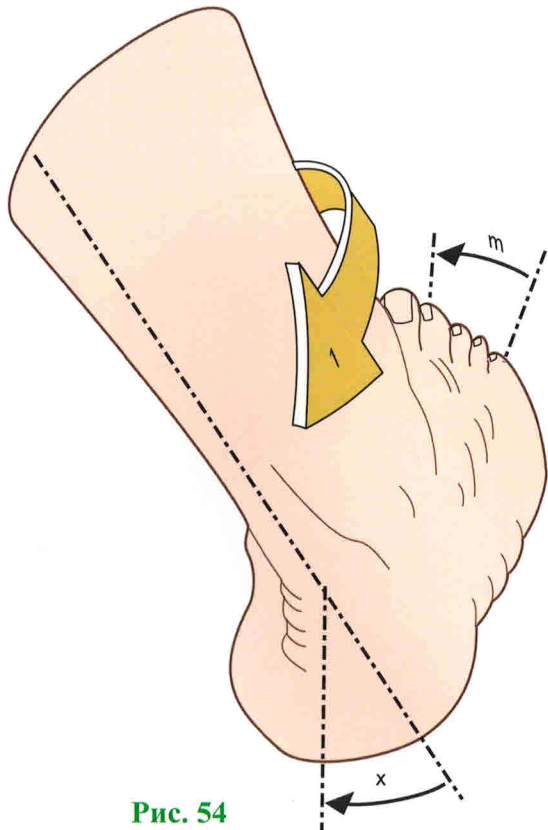


Рис. 54

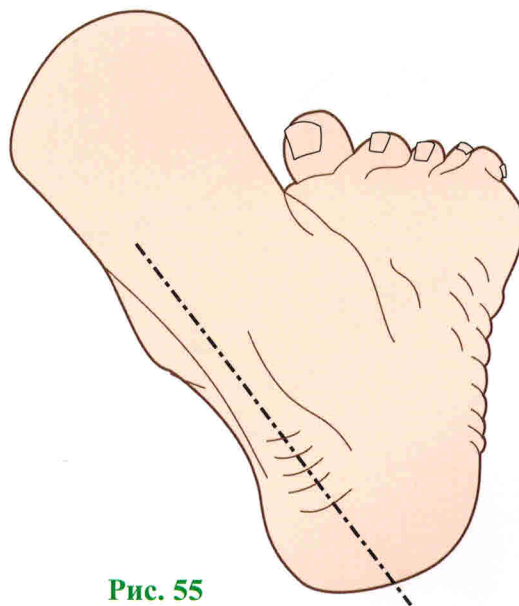


Рис. 55

Чудо прямохождения

В механическом плане положение на двух ногах выглядит абсолютно ненормальным, и с этой позиции его можно считать чудом. По сути, человеческое тело в положении стоя ровно на двух ногах (рис. 7, изображение *курося*, позаимствованное из греческого искусства) представляет собой **сооружение выдающейся неустойчивости** по трем причинам:

- во-первых, потому что *площадь основания для контакта с опорой невелика* по отношению к высоте всего сооружения;
- во-вторых, потому что *верхняя часть сооружения более широкая и объемная*, нежели нижняя, — как усеченная пирамида;
- в-третьих, потому что основание не врезано в опору (в землю) (рис. 8); ни один архитектор не построил бы подобное сооружение, неминуемо обреченное упасть.

Когда архитектор конструирует высокую башню, небоскреб, он врезывает ее в землю (рис. 9) при помощи глубокого фундамента, но это неприменимо к человеческому прямохождению. Такое сооружение, как человеческое тело, остается стабильным, когда **вертикальная ось, проходящая через его центр тяжести, попадает в опорное основание**, показанное на рис. 10 в виде зеленого прямоугольника, в который вписаны отпечатки стоп (опорное основание — многоугольник, полученный путем соединения точек опоры тела, находящегося на какой-либо поверхности в состоянии равновесия).

Центр тяжести объемного тела — это теоретическая точка, в которой сконцентрирована *вся масса этого тела*. Эту точку также называют **барицентром**. На схеме (рис. 10Б) легко найти общий центр тяжести трех тел А, В и С с весом P_1 , P_2 и P_3 соответственно. Для начала найдем общий центр тяжести тел В и С, который лежит на линии, соединяющей два центра в точке О, и которая делит этот отрезок обратно пропорционально соотношению P_3/P_2 и, таким образом, лежит ближе к более массивному телу. Таким же образом можно найти точку О', которая является барицентром тел А и В. На заключительном этапе находим общий барицентр для трех тел А, В и С, лежащий между О и О' (М — сумма весов трех всех трех тел А, В и С).

Каждая часть тела имеет свой барицентр, как если бы она была отделена от единого целого. Например, центр тяжести верхней конечности (**зеленая точка**) расположен чуть ниже локтя; барицентр нижней конечности (**фиолетовая точка**) — слегка выше колена,

а туловища (**синяя точка**) — на уровне эпигастрия. Положение барицентра *зависит от геометрического строения фигуры*. Так, если верхняя конечность согнута, ее центр тяжести переместится кпереди от локтя. Центр тяжести всего тела (**красная точка**), стоящего по стойке «смирно», определяется **механическим сложением центров тяжести отдельных сегментов** и располагается в области таза, **примерно у второго-третьего крестцовых позвонков**, т.е. на уровне 55% высоты тела. Если проследить за позами спортсмена, прыгающего с шестом, то заметно, что центр тяжести может перемещаться на значительные расстояния, однако чаще всего — вокруг среднего положения, в пределах таза. В исключительных случаях барицентр может находиться за пределами самого тела. Когда спина выгнута (рис. 9Б), обратная проекция конечностей смещает их барицентр назад (**зеленая стрелка**), так что их частичные барицентры (**белая стрелка**) также смещаются назад, что приводит к смещению общего барицентра тела.

Такое расположение центра тяжести имеет огромное значение у женщин (рис. 11), поскольку именно в области таза вокруг этой точки происходит развитие плода, и, возможно, это оберегает его от различных потрясений. На самом деле (рис. 11Б) барицентр беременной матки (черная звезда) заставляет барицентр тела сместиться вперед и вверх (голубая звезда) по сравнению с барицентром небеременной женщины (красная звезда). Смещение барицентра вперед у беременных вызывает поясничный лордоз, но барицентр все еще остается выше границы таза.

На приведенном рисунке также видно **значение** в положении стоя **тонуса мышц осанки**, которые еще называются **антигравитационными**. По сути, каждый сегмент тела стремится упасть под действием силы тяжести, чего не допускают мышцы осанки: большая ягодичная мышца **1**, поясничные **2** и дорзальные **3** околопозвоночные мышцы, мышцы задней поверхности шеи **4**, четырехглавые мышцы **5** и трехглавые мышцы голени **6**.

Сокращение и тонус названных мышц постоянно контролируются нервной системой, которая учитывает множество сигналов, приходящих от подошвенной опорной зоны, положение различных сегментов тела, объединяя информацию в **общую схему тела**; принимает во внимание **положение головы**, о котором узнает благодаря **улитковому аппарату** внутреннего уха и **глазным яблокам**, ориентированным в направ-

Рис. 7

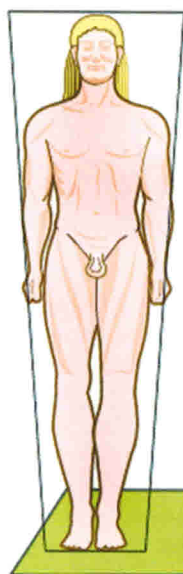


Рис. 8

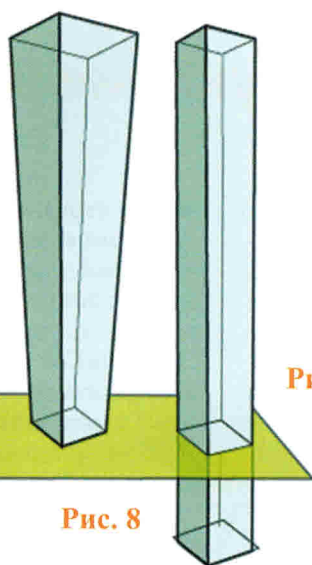


Рис. 9



Рис. 10

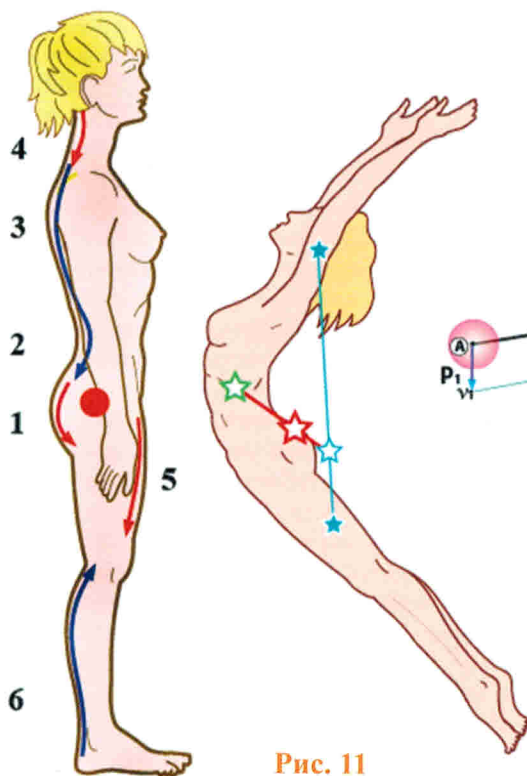
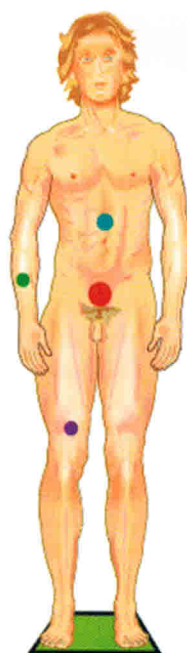
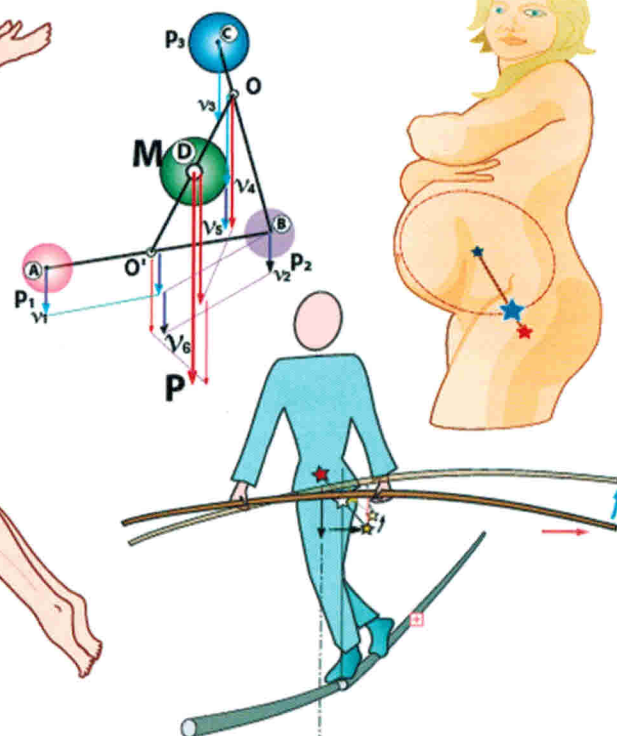


Рис. 11



лении горизонта... Это происходит при заболеваниях центральной нервной системы и при миопатиях. Когда канатоходец (рис. 8Б) идет по проволоке, натянутой высоко в воздухе, он использует балансирующий изгибающийся вниз (желтая стрелка), так что общий барицентр (красная стрелка) также опускается, обеспечивая большую устойчивость и улучшает спо-

собность канатоходца контролировать и исправлять любое смещение своего собственного барицентра. Именно благодаря постоянным уточнениям действий мышц, во всех позах и при любых движениях, тело человека может обеспечить свое положение на двух ногах. Без бдительности нервной системы тело бы рухнуло, и прямохождение было бы невозможным.