

Рис. 2.13-48 а, б. Дебридмент межмыщелкового пространства. **а** Застарелая культя ПКС (А) располагается в области межмыщелкового пространства и касается ЗКС (Р) (F – латеральный мыщелок бедренной кости). **б** Межмыщелковое пространство очищают шейвером (S), следя за тем, чтобы не удалить культю ПКС полностью.

▶ **Совет.** Примерно на 1 см кпереди от положения «на вершине» достаточно часто отмечается «обучающий» гребешок (рис. 2.13-49 б). Неопытные артроскописты склонны принимать его за истинное положение «на вершине». Размещение направителя на этом костном гребне приведет к излишне переднему расположению бедренного канала. Таким образом, чтобы правильно определить положение «на вершине», «обучающий» гребешок следует обязательно удалить. Для обнажения кортикальной пластинки медиальной поверхности латерального мыщелка бедренной кости полезно очистить эту область от всех рубцовых тканей и остаточных волокон у места бедренного прикрепления ПКС.

▶ **NB.** Нередко спайки в задних отделах и место прикрепления задней капсулы распространяются до самого положения «на вершине». Эти сращения необходимо удалить, а капсулу частично отсечь для выделения этой зоны.

3.4 Нотч-пластика

Хотя ранее расширение межмыщелкового пространства считалось неотъемлемой частью реконструкции ПКС, на современном этапе хирург должен решить сам, необходимо ли его выполнение. Если да, следует определить время и объем нотч-пластики).

- **Первоочередное расширение межмыщелкового пространства.** Если область бедренного прикрепления ПКС закрыта большим остеофитом, локализованным на латеральном мыщелке бедра или крыше межмыщелкового пространства, в первую очередь перед установкой костных каналов следует выполнять расширение межмыщелкового пространства.
- **Расширение межмыщелкового пространства после установки большеберцового канала.** Если после установки большеберцового канала шуп, проведенный через него, ущемляется в суженном межмыщелковом пространстве, нотч-пластику необходимо выполнить уже на этом этапе.
- **Расширение межмыщелкового пространства перед установкой бедренного канала.** Если в зоне бедренного прикрепления ПКС направитель установить не удастся, необходимо расширение межмыщелкового пространства. В некоторых случаях небольшие остеофиты локализуются относительно далеко кзади на медиальной поверхности латерального мыщелка большеберцовой кости, что затрудняет позиционирование направителя в положении «на вершине».
- **Расширение межмыщелкового пространства после установки аутотрансплантата.** При выполнении теста на импинджмент выявляется контакт между аутотрансплантатом и вырезкой. В этом случае «позднюю» нотч-пластику необходимо выполнять крайне осторожно, избегая повреждений аутотрансплантата. Шейвер (фрезу) в такой ситуации следует активировать без аспирации. Предпочтительно использование механических инструментов (рашпилей, шила).

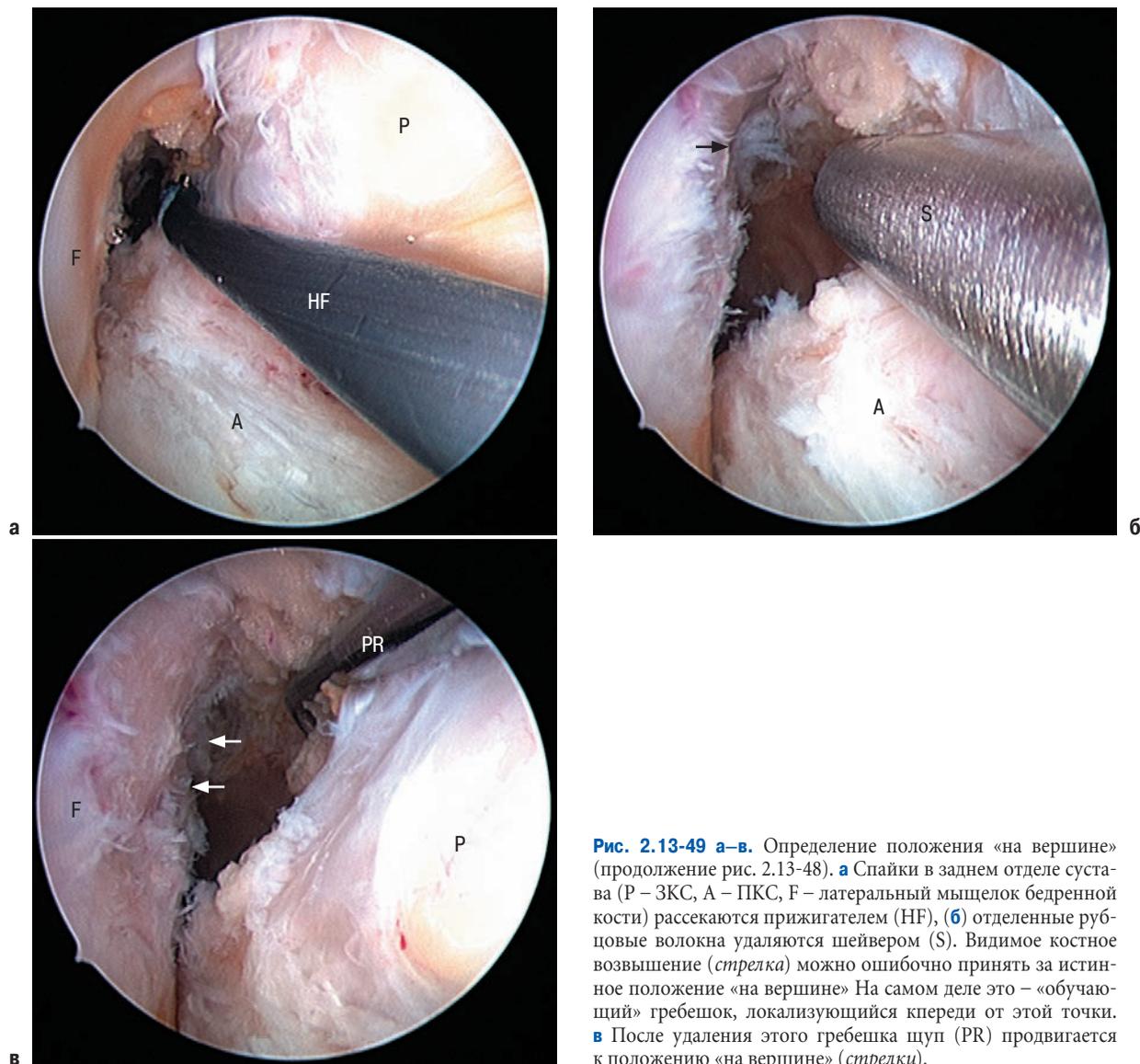


Рис. 2.13-49 а–в. Определение положения «на вершине» (продолжение рис. 2.13-48). **а** Спайки в заднем отделе сустава (P – ЗКС, А – ПКС, F – латеральный мыщелок бедренной кости) рассекаются прижигателем (HF), **(б)** отделенные рубцовые волокна удаляются шейвером (S). Видимое костное возвышение (стрелка) можно ошибочно принять за истинное положение «на вершине». На самом деле это – «обучающий» гребешок, локализирующийся кпереди от этой точки. **в** После удаления этого гребешка шуп (PR) продвигается к положению «на вершине» (стрелки).

▶ **NB.** Объем notch-пластики должен быть настолько мал, насколько возможно и настолько обширен, насколько это необходимо.

В тех случаях, когда большеберцовый канал расположен достаточно далеко кзади, notch-пластика не требуется.

▶ **NB.** Показания к notch-пластике не должны зависеть от излишне переднего расположения большеберцового канала.

Если межмыщелковое пространство сужено остеофитами, и осмотр места бедренного прикрепления ПКС затруднен, следует выполнить notch-пластику. Для удаления остеофитов и расширения межмыщелкового пространства применяется изогнутое долото (рис. 2.13-50), свободные костные

фрагменты удаляют артроскопическим зажимом (рис. 2.13-50 г).

Область резекции заглаживают костной фрезой, затем рашипилем (рис. 2.13-51 а). После этого, для проверки достаточности notch-пластики выполняют пальпацию межмыщелковой области (рис. 2.13-51 г). Шуп должен достигать места бедренного прикрепления ПКС. Участки задней капсулы или остатки ПКС, идущие к латеральному мыщелку большеберцовой кости, затрудняют ориентировку.

▶ **Совет.** После завершения notch-пластики следует внимательно осмотреть медиальный и латеральный компартменты, так как туда могут сместиться фрагменты губчатой кости, вызывающие раздражение синовиальной оболочки и повторные выпоты.

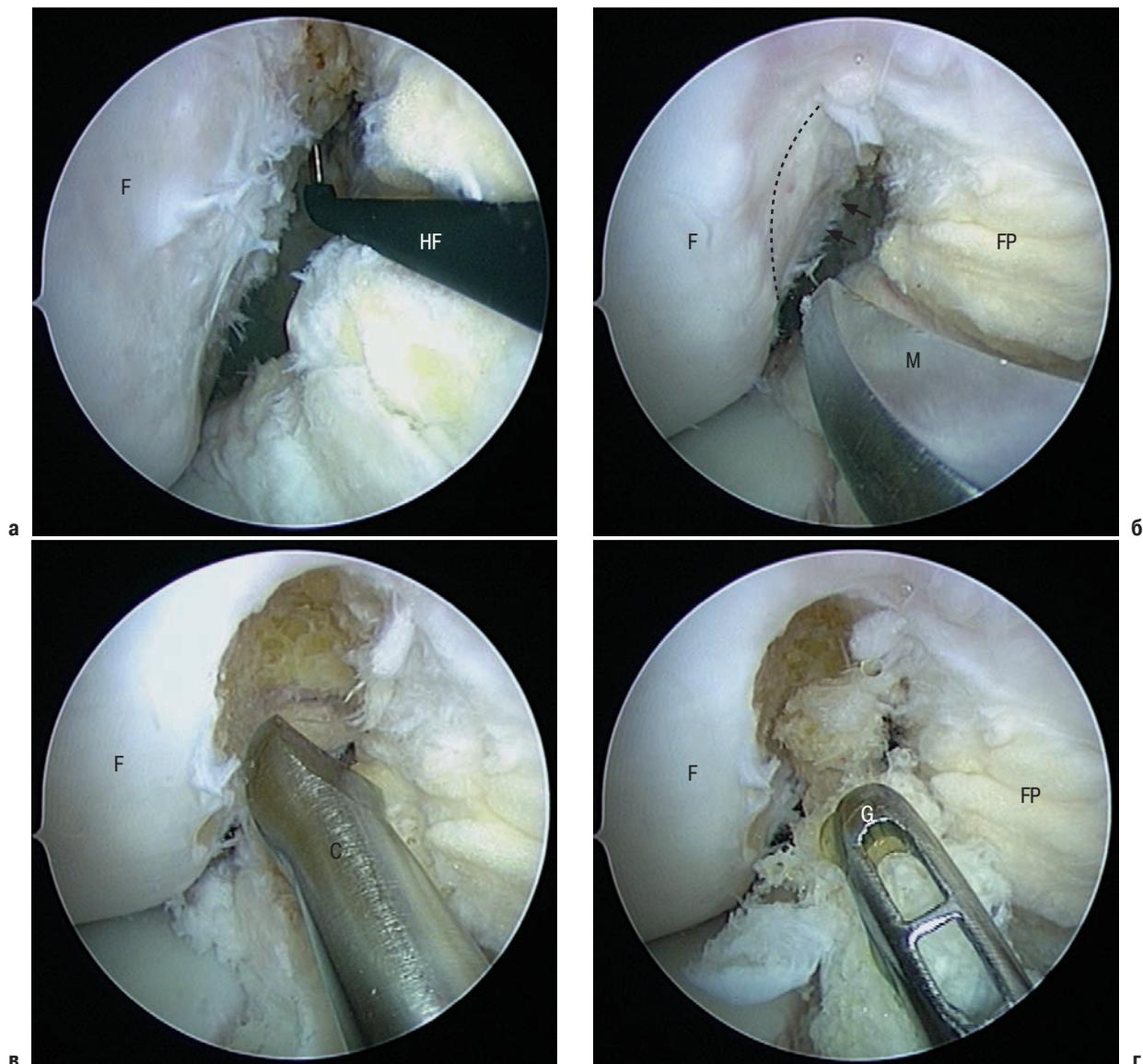


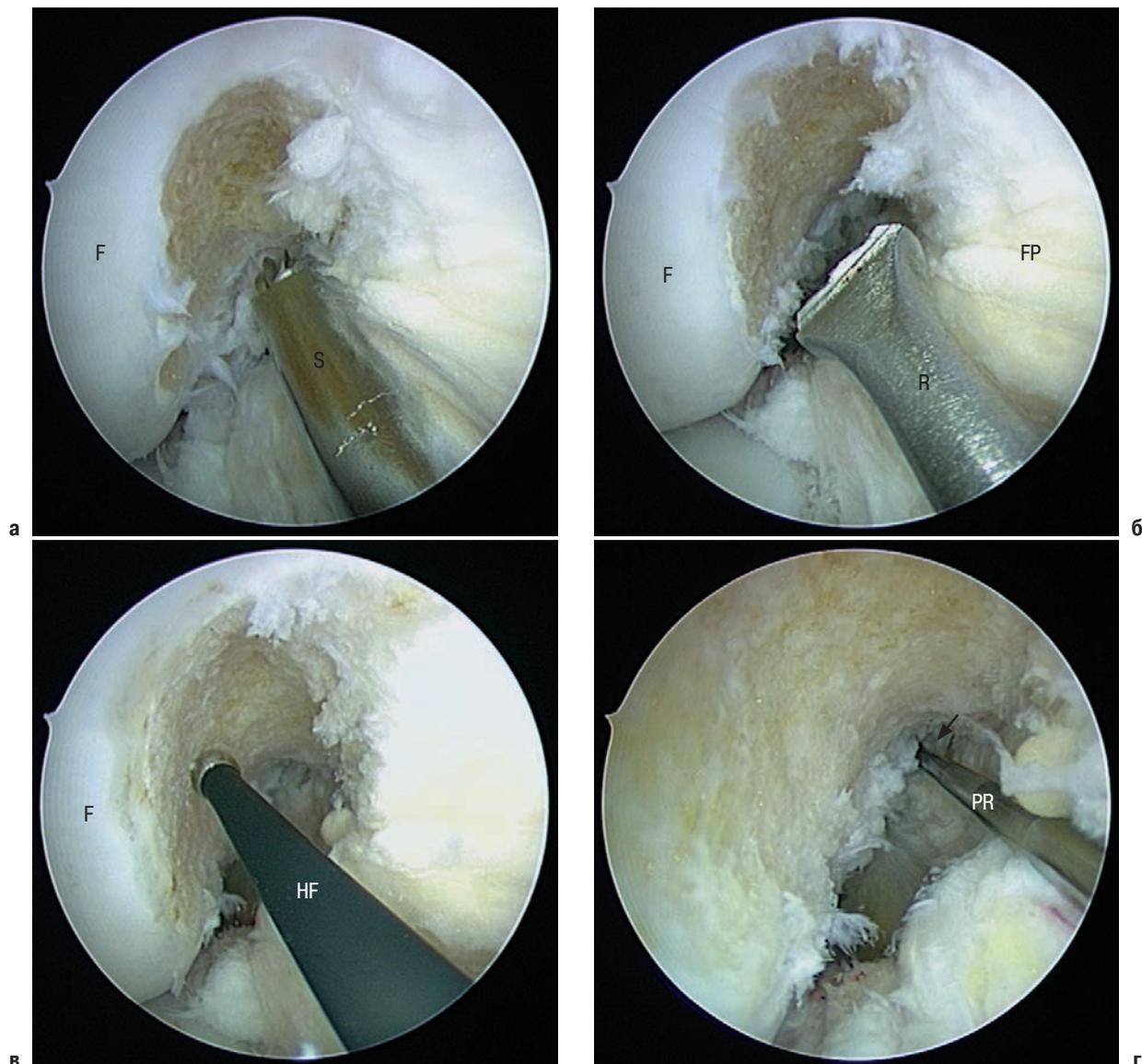
Рис. 2.13-50 а–г. Расширение межмышечного пространства. **а** Волокна, соединяющие места бедренных прикреплений ПКС и ЗКС, рассекаются крючковидным электродом (HF) (F – латеральный мышечек бедренной кости). **б, в** Так как пространство резко сужено (*пунктирная линия, стрелки*), выполняется предварительная notch-пластика долотом (С) (FP – жировая ткань перед местом бедренного прикрепления ЗКС). **г** Отделенные костные фрагменты удаляются артроскопическим зажимом (G).

4 Подготовка аутотрансплантата

Независимо от того, какой аутотрансплантат используется – сухожилие полусухожильной мышцы, сухожилия полусухожильной и нежной мышц, трансплантат с костным блоком (центральная треть связки надколенника, сухожилие четырехглавой мышцы), в первую очередь он должен быть очищен от жировой ткани и мышечных волокон. Перед формированием костных каналов необходимо также определить диаметр аутотрансплантата.

4.1 Сухожилие полусухожильной мышцы (ST)

Существует множество способов подготовки трансплантата из сухожилия ST. Выбор метода зависит от особенностей фиксации и предполагаемого



количества костных каналов. Рассекая сухожилие пополам можно получить два отдельных фрагмента, а складывая его – сформировать трех- или четырехпучковый трансплантат. Основные преимущества рассечения сухожилия пополам заключаются в возможностях натяжения каждой части по отдельности и формирования двух бедренных каналов.

- **Измерение длины.** Для ориентировки измеряют полную длину сухожилия. Так как сухожилие расширяется в направлении мышечной части, на протяжении 2–4 см оно может оказаться непригодным для использования. Эффективная длина сухожилия должна составлять не менее 24 см, были описаны сухожилия длиной до 45 см. Четырехпучковый трансплантат формируют, складывая каждую из двух отдельных частей сухожилия.

Рис. 2.13-51 а–г. Нотч-пластика (продолжение рис. 2.13-50). **а, б** Область резекции заглаживается сначала костной фрезой (А), а затем – изогнутым рашпилем (R). **в** Область вскрытой губчатой кости коагулируется шариковым электродом для уменьшения послеоперационного кровотечения. **г** Щупом (PR) определяется положение «на вершине» (стрелка), где в дальнейшем будет применяться направлятель.

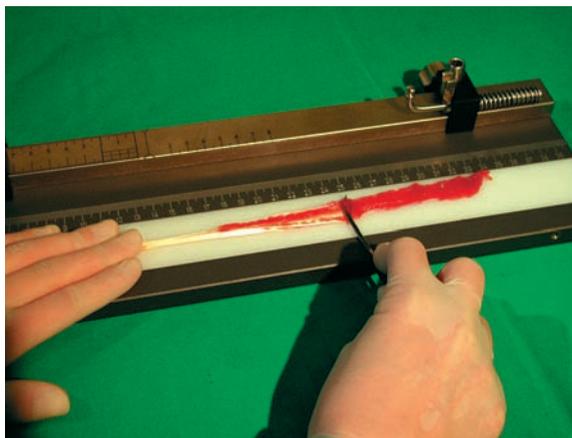


Рис. 2.13-52. Очистение сухожилия ST от мышечной ткани на препаровочном столике.

- **Удаление мышечной ткани** (рис. 2.13-52). Сухожилие очищают от мышечных волокон на препаровочном столике. Конечные расщепленные и разволокненные участки следует удалить; достаточно протяженные участки не удаляются, а позже подшиваются к ауто трансплантату.

4.1.1 Подготовка сухожилия ST для бедренной фиксации при помощи фиксирующей пуговицы

Если эффективная длина превышает 24 см, сухожилие разрезают пополам, получая два сегмента равной длины. Дистальный сегмент обычно более толстый. Каждый сегмент сухожилия складывают, формируя четырехпучковый трансплантат. Если сухожилие короче 24 см, лучше сформировать трехпучковый трансплантат.

- **Определение диаметра трансплантата.** Измеряют толщину четырехпучкового трансплантата, поскольку от нее зависит диаметр большеберцового канала. Для этого обе петли сухожилия захватывают лигатурой, при помощи которой трансплантат проводят через измеритель (рис. 2.13-53 и 2.13-54).

Чрезвычайно важна точность выполненного измерения. При протягивании ауто трансплантата через измеритель должно ощущаться небольшое сопротивление. Некоторое сопротивление, являющееся гарантией достаточного контакта между сухожилием и стенками канала, должно отмечаться также при проведении ауто трансплантата через каналы и во время оперативного вмешательства. Если ауто трансплантат заполняет канал не очень плотно, и костной стенки касается только часть окружности сухожилия, сращение между сухожилием и костью, как правило, замедлено.



Рис. 2.13-53. Измеритель диаметра сухожилия (Karl Storz, Германия).



Рис. 2.13-54 а, б. Определение диаметра сухожилия. **а** Пучки сухожилия, фиксированные лигатурой, проводятся в измеритель. **б** Измеритель закрывается, трансплантат протягивается через отверстие измерителя диаметром 7,5 мм. Если трансплантат толще 8 мм, следует установить два бедренных канала.

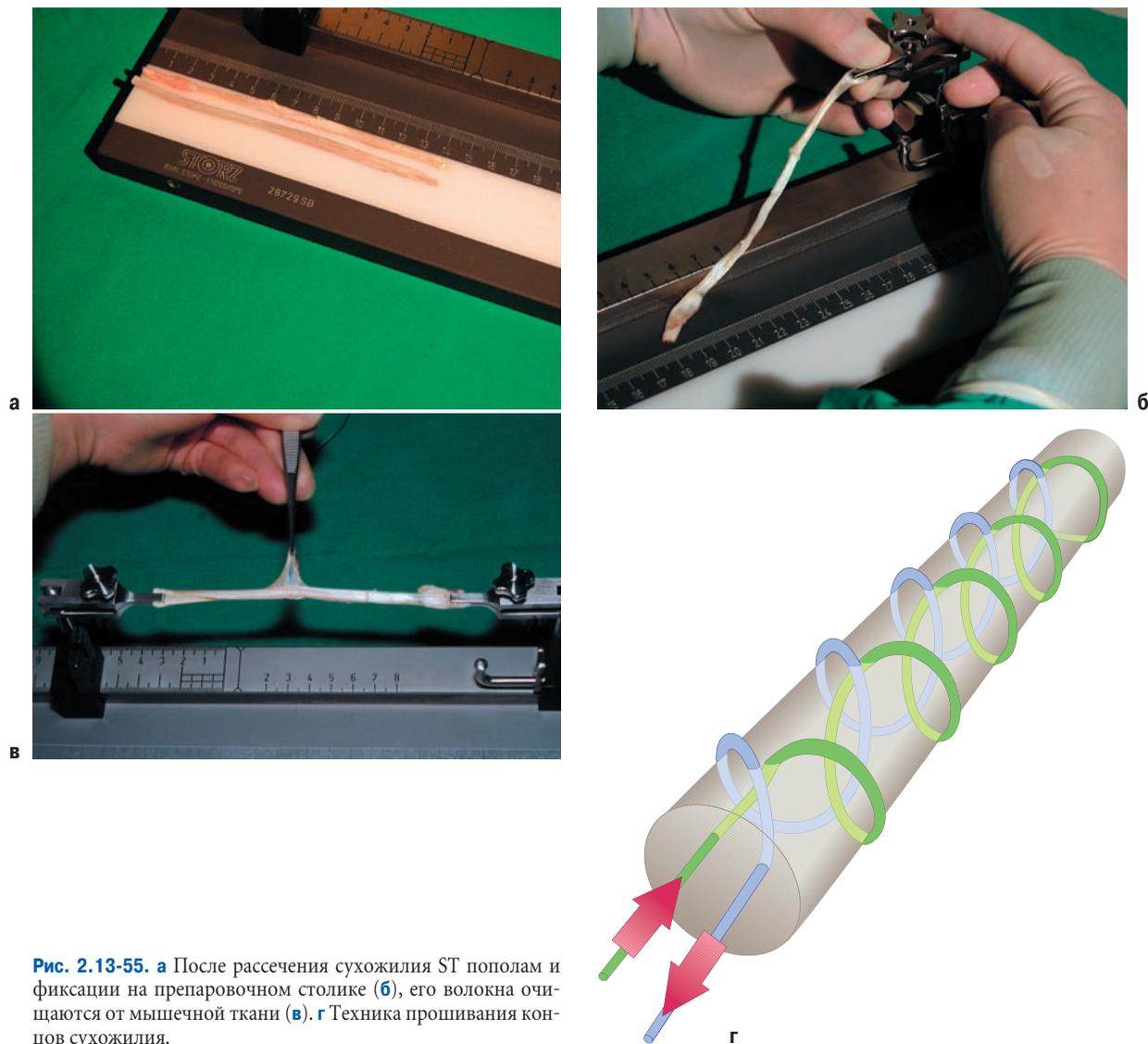


Рис. 2.13-55. а После рассечения сухожилия ST пополам и фиксации на препаровочном столике (б), его волокна очищаются от мышечной ткани (в). г Техника прошивания концов сухожилия.

▶ **NB.** Диаметр трансплантата в ненатянутом состоянии примерно на 1 мм больше, чем в натянутом. В связи с этим диаметр бедренного канала, расщерливаемого под трансплантат (длиной 40 мм), должен быть на 1 мм меньше диаметра ненапрянутого трансплантата. После преднатяжения истинный диаметр аутогтрансплантата определяется с помощью измерителя (см. рис. 2.13-123). При необходимости канал можно расширить ручным дилататором или фрезой чуть большего диаметра.

Если диаметр трансплантата превышает 8 мм, следует сформировать два бедренных канала для восстановления переднемедиального и передне-латерального пучков ПКС. Если диаметр четырехпучкового трансплантата составляет 8 мм, необходимо использовать одноканальную технику. Эта

же методика применяется и при наличии трансплантата низкого качества (расщепленный, разволокненный) диаметром 8,5 мм. Ниже приведен пример использования сухожилия с эффективной длиной 28 см для формирования трансплантата удовлетворительного качества диаметром более 8 мм.

- **Прошивание концов сухожилия.** Из сухожилия с эффективной длиной 28 см формируют два сегмента (петли) длиной по 14 см каждая. Эти сегменты фиксируют по отдельности и натягивают на препаровочном столике. Концы фрагментов сухожилия прошивают нерассасывающимися нитями (например, Synthofil №2,0), как показано на рисунке 2.13-55. Проксимальный (мышечный) отрезок сухожилия обычно более широкий,

однако вворачивающие и сопоставляющие швы обеспечивают более единообразную округлую форму. Небольшой лоскут надкостницы, сформированный ранее (см. рис. 2.13-42), также подшивается к бедренной части трансплантата. После прошивания концов сухожилий вновь определяют диаметр трансплантата (для рассверливания большеберцового канала). Это значение может отличаться от полученного ранее, так как толщина нитей для прошивания не учитывалась. Если устанавливают два бедренных канала, толщину каждой петли измеряют по отдельности. Если общий диаметр четырехпучкового трансплантата составляет 10 мм, диаметр каждой петли обычно равен 8 мм, поэтому каждый бедренный канал должен иметь внутренний диаметр 8 мм. При более тонком сухожилии может потребоваться комбинация из каналов диаметрами 7 и 8 мм, либо формирование двух семимиллиметровых каналов.

- **Преднатяжение трансплантата.** Подготовка ауто трансплантата включает преднатяжение коллагеновых волокон с целью получения трансплантата максимальной длины, а также обеспечения лучшего положения и натяжения швов, накладываемых на сухожилие (рис. 2.13-55 г). Преднатяжение ауто трансплантата можно выполнить вручную (рис. 2.13-56) или с использованием зажимов препаровочного столика (рис. 2.13-57), но максимальное ручное преднатяжение намного важнее.

4.1.2 Подготовка сухожилия ST для бедренной фиксации интерферентным винтом

При фиксации бедренного конца трансплантата интерферентным винтом (металлическим или биодеградируемым) сухожилие должно заполнять канал как цельное волокно. В противном случае, какая-нибудь из многочисленных прядей может завернуться вокруг винта, и в результате сильного натяжения послужить причиной повреждения трансплантата. Последний погружается в бедренный канал на глубину 25–30 см, на этом уровне следует нанести метку.

Если предполагается использование четырехпучкового трансплантата, эффективная длина сухожилия для фиксации интерферентным винтом должна составлять не менее 30 см. В этом случае трансплантат подготавливают так же, как и для бедренной фиксации пуговицей (см. выше), а края его бедренного отдела адаптируют бейсбольными швами. Если сухожилие очень короткое или тонкое, следует дополнительно использовать сухожилие нежной мышцы.

Трехпучковый трансплантат из сухожилия ST

Если сухожилие ST короткое (менее 24 см) и толстое, рекомендуется трехпучковая техника. Эта методика не только позволяет получить трансплантат адекватной длины, но и снижает требования к допустимому

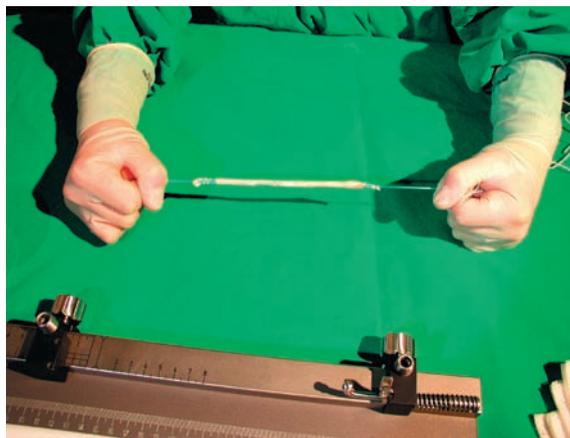


Рис. 2.13-56. Максимальное ручное преднатяжение волокон сухожилия.

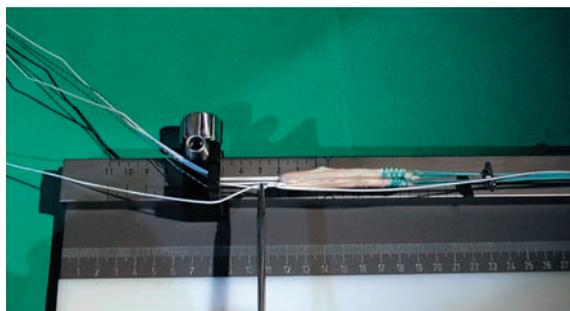
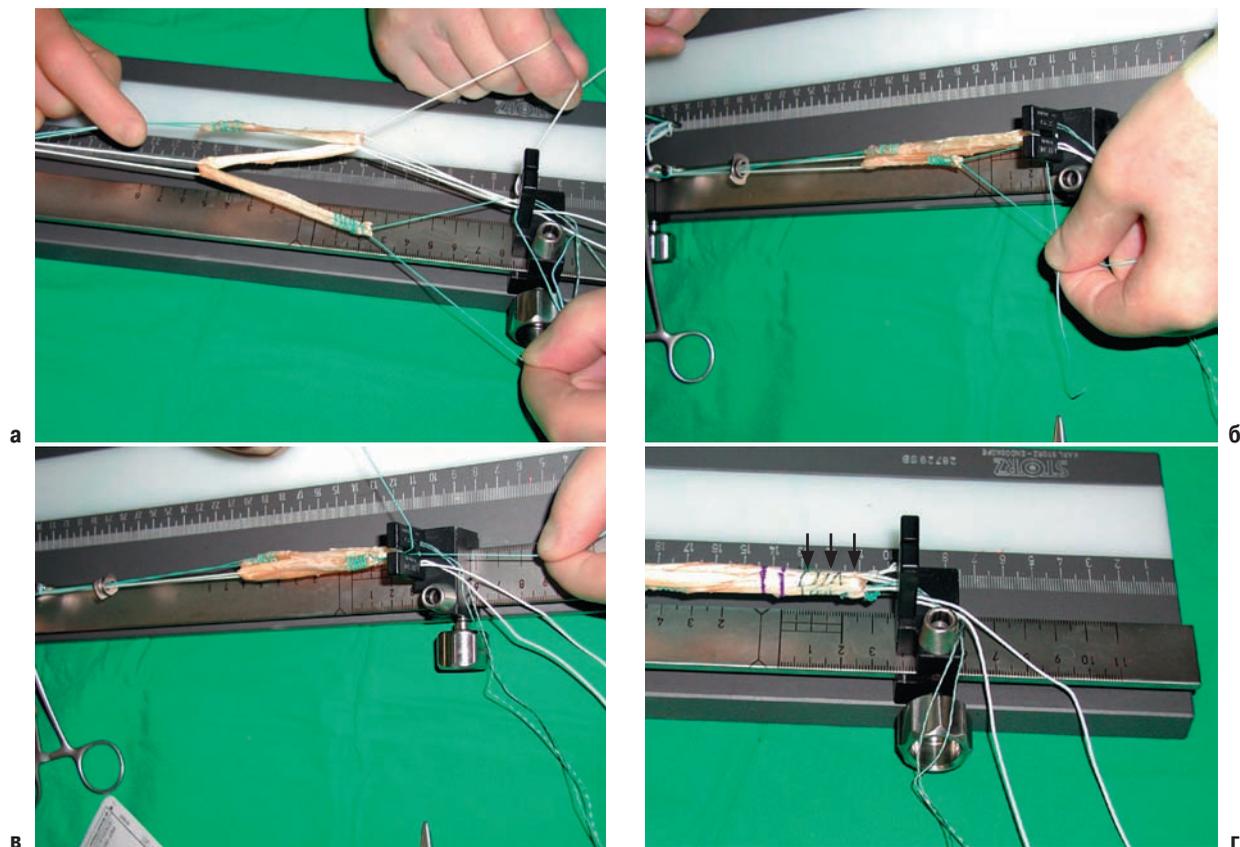


Рис. 2.13-57. Преднатяжение трансплантата на препаровочном столике.

размеру бедренного канала, исключая необходимость использования сухожилия нежной мышцы.

Сухожилие ST полностью растягивают на препаровочном столике, а его концы прошивают как обычно (см. рис. 2.13-55 г). Затем сухожилие складывают, придавая ему S-образную форму, и фиксируют двумя лигатурами (например, Этибонд 1 мм). Для формирования S-образной структуры свободные концы сухожилия располагают напротив петель трансплантата (рис. 2.13-58). Эту методику подготовки трансплантата можно применять при бедренной фиксации интерферентным винтом или гибридной бедренной фиксации (т.е. винт + пуговица). При гибридной фиксации петлю из Этибонда продевают через центральные отверстия пуговицы (рис. 2.13-58 а) и завязывают в соответствии с длиной бедренного канала. Вначале это вызывает видимое укорочение свободного, еще нефиксированного конца сухожилия (рис. 2.13-58 б). При завязывании фиксирующей лигатуры, также проходящей через центральные отверстия пуговицы, длина трансплантата восстанавливается (рис. 2.13-58 в). Свободный конец бедренной части сухожилия на данном этапе



подшивают к петле трансплантата бейсбольными швами, трансплантат перед проведением маркируют (рис. 2.13-58 г). Положение метки зависит от длины трансплантата, погружаемого в бедренный канал (обычно 30 мм). Если трансплантат фиксируется только интерферентным винтом, фиксирующую лигатуру на конце сухожилия, а также нить Этибонда, проходящую через его петлю, оставляют длинными. Ауто трансплантат прошивают бейсбольными швами по всей длине сегмента, погружаемого в бедренный канал (около 30 мм).

► Преимущества

- Большая длина трансплантата при использовании одного сухожилия ST
- Минимальное количество шовного материала в каналах
- Раздельное натяжение волокон сухожилия. Так как свободный конец большеберцового отдела трансплантата не фиксирован к сухожильной петле, натяжение ауто трансплантата во время большеберцовой фиксации может быть равномерно распределено.

► Недостатки

- Более слабый трансплантат (три пучка)
- Сложная техника его подготовки и прошивания

Рис. 2.13-58 а–г. Подготовка трансплантата из короткого толстого сухожилия ST. **а** После прошивания концов сухожилия его с помощью двух лигатур (белые нити) располагают Z-образно. Если будет использоваться бедренная фиксирующая пуговица, лигатуру, идущую через петлю сухожилия, завязывают на необходимом расстоянии от сухожилия, что (**б**) обеспечивает ретракцию его свободного нефиксированного конца. **в** Лигатуру, проходящую через фиксирующую пуговицу, завязывают, формируя при этом трансплантат равномерной толщины. **г** На бедренном конце трансплантата свободный конец сухожилия фиксируется к петле несколькими бейсбольными швами (стрелки).

Четырехпучковый трансплантат из сухожилий полусухожильной (ST) и нежной мышц (GR)

Другим вариантом является сложение сухожилий ST и GR и сшивание их концов вместе бейсбольными швами для формирования единого пучка. Эту методику можно применять при бедренной фиксации интерферентным винтом, а также для гибридной фиксации пуговицей и винтом.

Толстая нить (Этибонд), заведенная в изгиб сухожильной петли удерживает трансплантат во время прошивания и служит для его проведения в бедренный канал. Четыре пучка, образованные петлями обоих сухожилий (ST и GR), сопоставляют и укреплению на протяжении 2–3 см бейсбольными швами

на бедренном и большеберцовом концах аутотрансплантата.

► **Совет.** При отсутствии препаровочного столика большеберцовый отдел трансплантата можно прошить перед отсечением сухожилий от места их бедренного прикрепления. При этом требуется формирование трансплантата из сухожилий ST и GR с использованием «открытого» стриппера. Этот инструмент позволяет отделять сухожилия от мышечной части без отсечения их большеберцового прикрепления.

Бейсбольные швы можно применять только для сшивания пучков сухожилия друг с другом. Они не сохраняют натяжение трансплантата и не обеспечивают достаточную большеберцовую фиксацию. Для этой цели на большеберцовые концы сухожилий необходимо наложить 3 или 4 шва по Бюннелю (Этибонд №5).

► **Преимущества**

- **Большая длина трансплантата.** Можно изготовить достаточно длинный трансплантат, концы которого будут выступать из большеберцового канала после бедренной фиксации, что позволит зафиксировать их, к примеру, костной скрепкой или винтом с шайбой.
- **Достаточная прочность трансплантата** (состоит из четырех пучков).

► **Недостатки**

- **Большая травматичность.** Забор сухожилия нежной мышцы более травматичен, чем забор сухожилия ST.
- **Сложная техника подготовки и прошивания трансплантата.**

Техника «сложенной трубки»

Аутотрансплантат можно изготовить также с использованием техники «сложенной трубки», описанной Jensen. После очистки сухожилия его большеберцовый конец укладывают (рис. 2.13-59 а) и заворачивают, как в конверт, (рис. 2.13-59 б) в более широкий и плоский проксимальный отдел, фиксируя обвивным швом (рис. 2.13-59 в) и формируя «пучок в трубке» (рис. 2.13-59 г). Для проведения трансплантата можно применять лигатуры (Этибонд, диаметр 1 мм). Альтернативным вариантом является подшивание бедренной части трансплантата к петле, например, нитями мерсилен. Для этого применяют технику поперечного наложения швов (рис. 2.13-59 д).

► **Преимущества**

- **Наиболее гомогенный трансплантат**
- **Относительно небольшое количество шовного материала в костных каналах**

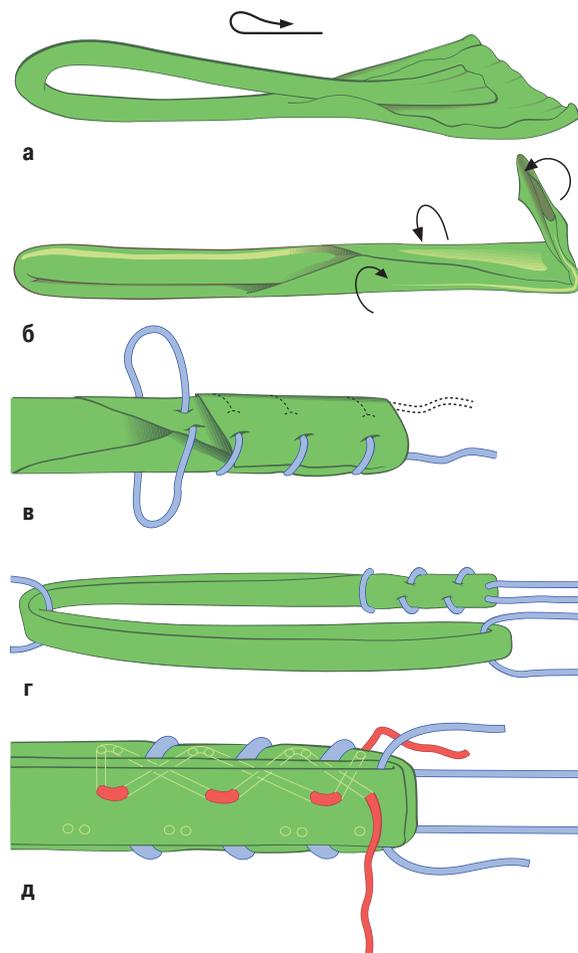


Рис. 2.13-59 а–д. Техника четырехпучкового трансплантата из «сложенной трубки» Jensen. **а, б** Широкая проксимальная часть трансплантата оборачивается вокруг большеберцового отдела сухожилия и **в** фиксируется обвивным швом (например, Мерсилен №3). **г** При этом формируется трансплантат, состоящий из двух петель. Если правая часть трансплантата будет введена в бедренный канал, петля пришивается к «сложенной трубке» **д** двумя поперечными мерсиленовыми швами.

► **Недостатки**

- **Полное натяжение аутотрансплантата достигимо только во время большеберцовой фиксации**
- **Очень сложная техника подготовки и прошивания трансплантата**

4.2 Связка надколенника

Жировую клетчатку, прилежащую к задней поверхности связки надколенника или выступающим участкам костных блоков, удаляют. Костные блоки уменьшают до необходимого размера, сверяясь с измерителем (см. рис. 2.13-53). Диаметр большеберцового

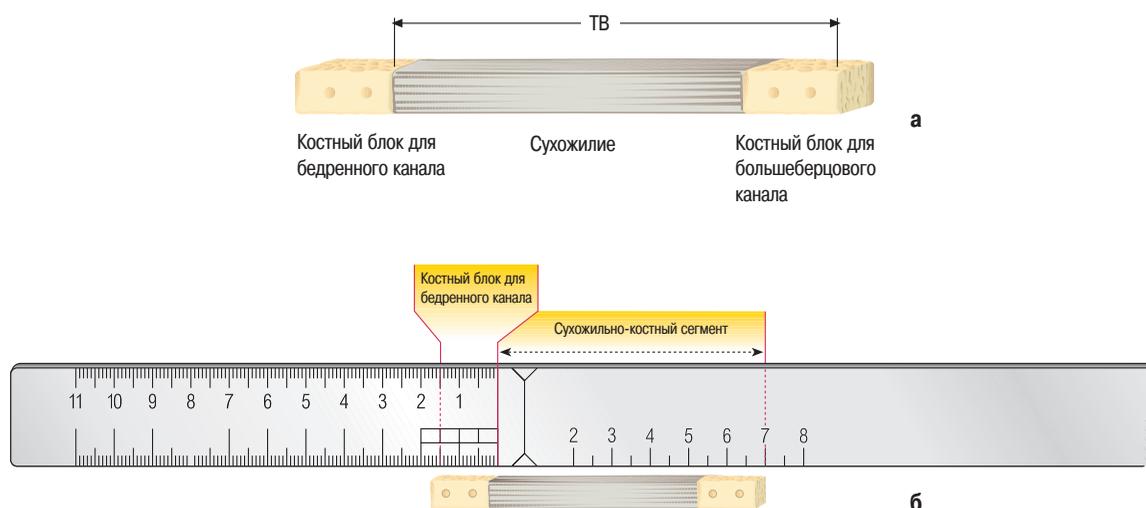


Рис. 2.13-60 а, б. Измерение трансплантата. **а** Схематичное изображение сегментов ауто трансплантата ТВ. **б** Длина проксимального костного блока и костно-сухожильного сегмента определяется по измерительной шкале препаровочного столика.

костного блока после обработки должен составить 10 мм, а костного блока из надколенника – 9 мм. Излишки губчатой кости удаляют костными кусачками и собирают для последующего заполнения донорских зон.

Так как трансплантат проводится с большеберцовой стороны сустава, костный блок диаметром 9 мм предназначен для бедренного канала, а костный блок диаметром 10 мм (из бугристости) – для большеберцового.

- **Измерение ауто трансплантата.** Ключевые фрагменты ауто трансплантата ТВ измеряются в миллиметрах (рис. 2.13-60).

Сухожильная часть трансплантата и большеберцовый костный блок входят в состав сегмента ТВ. Его длина варьирует от 40 до 90 мм, в зависимости от длины сухожилия.

Длина бедренного костного блока менее важна. Она изменяется от 15 до 20 мм.

Две нерассасывающиеся лигатуры (Синтофил №2) проводят через отверстия в бедренном костном блоке, и одну нить проводят через периферическое отверстие в большеберцовом костном блоке.

- **Подготовка на препаровочном столике и фиксация трансплантата.** Фиксирующую пуговицу зажимают в держателе, протягивающую и разворачивающую лигатуры проводят через ее крайние отверстия (см. рис. 2.13-88). Лигатуры из 9-мм костного блока проводят через центральные отверстия пуговицы и фиксируют в зажиме. В то

же время лигатуру из 10-мм костного блока фиксируют в натягивающем устройстве для преднатяжения связки надколенника (прикладывается усилие в 40–80 Н примерно в течение 4 минут).

4.3 Сухожилие четырехглавой мышцы бедра

При использовании сухожилия четырехглавой мышцы, как костному блоку, так и сухожильной части трансплантата следует придать нужный диаметр. Волокна, несвязанные с телом сухожилия, удаляют вместе с надкостницей в проекции костного блока. Затем измеряют диаметр костного блока (см. рис. 2.13-53), удаляя излишки кости кусачками. Для пациентов крупного телосложения требуется диаметр 9 мм, для женщин – 8 мм. Поскольку сухожилие четырехглавой мышцы очень объемное, его тело также обрабатывают, чтобы диаметр мягкотканной части трансплантата ненамного отличался от диаметра костного блока. Этот диаметр может превышать диаметр костного блока на 1 мм, если последний устанавливают в бедренный канал из полости сустава. Этим достигается большая толщина ауто трансплантата, кроме того, облегчается тампонирование бедренного канала после установки костного блока.

5 Установка большеберцового канала

Правильность установки большеберцового канала важна для анатомического расположения трансплантата и достижения оптимального результата вмешательства. Зачастую большеберцовый канал устанавливают слишком далеко кпереди, что приводит к ущемлению трансплантата в межмышечковом пространстве.

По данным МРТ установлено, что размещение большеберцового канала в передней области прикрепления ПКС к большеберцовому плато приводит к необходимости расширения межмышечкового

пространства бедра (нотч-пластики) на 5–6 мм. При размещении канала в центре прикрепления ПКС к большеберцовой кости для предотвращения ущемления аутотрансплантата требуется нотч-пластика всего около 3 мм. Если же большеберцовый канал расположен примерно на 3 мм кзади от центра прикрепления ПКС к плато большеберцовой кости, расширение межмышечкового пространства должно выполняться в небольшом объеме, а в некоторых случаях нотч-пластика не требуется вовсе (Howell и соавт, 1991).

Были изучены последствия излишне переднего расположения большеберцового канала. Более чем в 30% исследованных коленных суставов недостаточность трансплантата была вызвана хроническим ущемлением. Максимально низким числом неудач характеризовались случаи, в которых большеберцовый канал располагался кзади от переднего продолжения линии Blumensaat при максимальном разгибании коленного сустава. Для предупреждения развития импинджмента, по данным рентгенографии в боковой проекции при максимальном разгибании коленного сустава между передним краем трансплантата и крышей межмышечкового пространства должно оставаться 2–3 мм.

Таким образом, размещение большеберцового костного канала является крайне важным этапом вмешательства.

▶ **NB.** ПКС прикрепляется намного дальше кзади, чем обычно считается.

Следующие факторы приводят к возникновению проблем при установке большеберцового канала:

- **Неоптимальное расположение медиального инструментального порта.** Если порт установлен слишком медиально, внутренний мыщелок бедренной кости может отклонять направлятель, и его кончик не удастся позиционировать в области большеберцового прикрепления ПКС. В этом случае следует установить еще один медиальный инструментальный порт, который обеспечит оптимальное расположение направлятеля.
- **Передняя часть большеберцового прикрепления ПКС.** Следует понимать, что размер области, занимаемой большеберцовым и бедренным прикреплением ПКС, намного превышает диаметр связки. Таким образом, размещение направлятеля у передней части большеберцового прикрепления ПКС является весьма существенной ошибкой, так как приведет к излишне переднему расположению большеберцового канала.
- **Предшествующие оперативные вмешательства.** Большеберцовый канал, сформированный во время предыдущего вмешательства на ПКС, создает зону пониженной плотности кости.

Некоторые хирурги опасаются сформировать канал, расположенный еще более кзади. Это связано с тем, что при недостаточной костной консолидации канала (например, непосредственно после удаления трансплантата), существует риск проламывания передней стенки вновь сформированного, расположенного дорсальнее, костного канала. В этой ситуации вначале следует освежить стенки первичного костного канала и заполнить его губчатым костным трансплантатом, а ревизионную реконструкцию ПКС отложить.

- **Оставление культи ПКС.** Дистальная культя разорванной ПКС может обеспечить оболочку для трансплантата, но может и затруднить позиционирование направлятеля. Иногда культя содержит рубцовую ткань или фокусы оссификации, затрудняющие введение направлятеля. В сомнительных случаях, чтобы обеспечить введение направлятеля, культю ПКС следует удалить.

▶ **NB.** Было бы заблуждением считать место прохождения спицы Киршнера через культю ПКС ориентиром для формирования большеберцового канала. Чем горизонтальнее расположен канал, тем это мнение ошибочней (рис. 2.13-61 а).

Также следует учитывать, что выход из канала имеет форму эллипса, а не круга. Это означает, что в одном из направлений выход из канала имеет больший диаметр, чем сам канал (и аутотрансплантат). Чем более горизонтально расположен канал, тем больше разница диаметров (см. рис. 2.13-61 б). Диаметр канала (d) определен заранее, угол наклона канала к плато большеберцовой кости (α) также легко определить (рис. 2.13-61 в). Таким образом, больший диаметр эллиптического выхода из канала вычисляется по формуле $s = d / \sin \alpha$ (табл. 2.13-12). Площадь выхода из канала вычисляется по формуле $d^2 \pi / 4 \times \sin \alpha$. Чем больше диаметр канала и чем более горизонтально его положение, тем больше «эффект расширения» на выходе (табл. 2.13-13). Таким образом, если выход из канала занимает большую площадь, аутотрансплантат не может находиться в плотном контакте со стенками канала при сгибании и разгибании (рис. 2.13-61 г). Поэтому, точка изгиба трансплантата находится в самом канале, а не на выходе из него. Это приводит к появлению рентгенологических признаков расширения канала.

Постоянным и надежным ориентиром для установки большеберцового канала служит передняя полуокружность ЗКС. При сгибании в коленном суставе на 90° центр большеберцового прикрепления ПКС располагается на 7 мм кпереди от передней полуокружности ЗКС. Это расстояние не зависит от размеров сустава (рис. 2.13-62).

▶ **NB.** Переднюю полуокружность ЗКС трудно идентифицировать при наличии спаек.

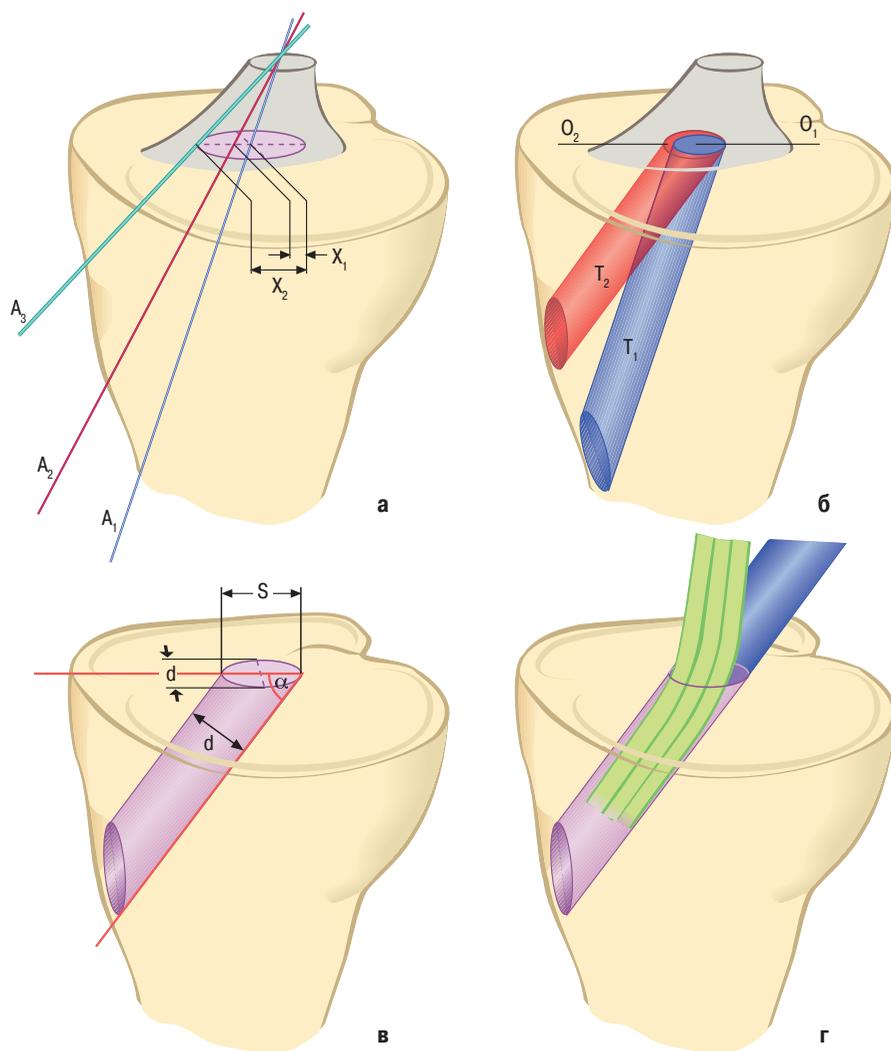


Рис. 2.13-61 а–г. Использование культи ПКС в качестве ориентира для формирования большеберцового канала. При большом размере дистальной культи ПКС существует риск размещения большеберцового канала слишком кпереди. **а** Если канал расположен строго по оси культи (A_1), можно считать, что он установлен правильно. Если канал расположен более горизонтально (A_2), его выход находится на плато большеберцовой кости слишком кпереди, со смещением на расстояние X_1 . При еще более горизонтальном положении канала его выход смещается еще вентральнее, на расстояние X_2 и положение канала окажется еще более неверным. **б** Крутизна установки большеберцового канала оказывает сильное влияние на размер внутрисуставного выхода из него.

Размер выходного отверстия очень круто расположенного канала (T_1) лишь незначительно больше, чем размер самого канала (O_1). При более горизонтальном расположении канала (T_2) размер выходного отверстия значительно увеличивается (O_2). **в** Выход из канала имеет эллиптическую, а не круглую форму. Размер канала (d) остается неизменным в поперечном направлении, но значительно увеличивается в сагиттальной плоскости (s) (α – угол наклона большеберцового канала по отношению к суставной поверхности большеберцовой кости). **г** Большой выход из канала может замедлить консолидацию на границе сухожилие – кость, так как аутотрансплантат не полностью соприкасается со стенками канала при сгибании и разгибании.

Это может быть обусловлено:

- Остатками волокон ПКС, которые могли прикрепиться к ЗКС
- Спайками в области жирового тела у бедренного прикрепления ЗКС

▶ **Предупреждение.** Переднюю мениско-бедренную связку (Humphrey) необходимо сохранить. Ее не следует принимать за рубцовый тяж и резецировать.

Таблица 2.13-12. Зависимость большего диаметра выхода из большеберцового канала (в мм) от угла α и диаметра канала (в мм)

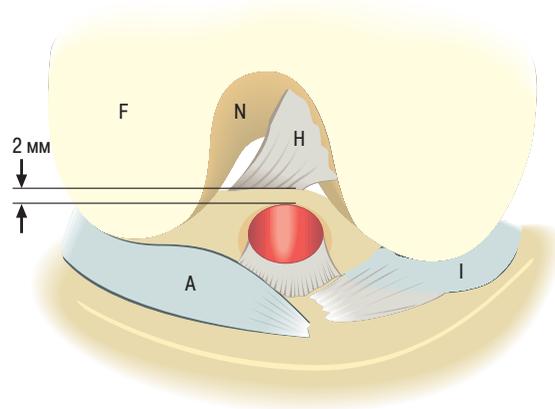
Диаметр канала, мм	Большой диаметр выхода из канала(мм) для углов α				
	35°	45°	55°	65°	75°
8	13,9	11,3	9,8	8,8	8,3
9	15,7	12,7	10,9	9,9	9,3
10	17,4	14,1	12,2	11,0	10,3

Таблица 2.13-13. Зависимость площади выхода из большеберцового канала (в мм²) от угла альфа и диаметра канала (в мм)

Диаметр канала, мм	Площадь поперечного сечения, мм ²	Площадь выхода из канала(мм ²) для углов α				
		35°	45°	55°	65°	75°
8	50,2	87,6	72,4	61,3	55,4	51,9
9	63,6	110,8	89,9	77,6	70,2	65,8
10	78,5	136,9	111,0	95,8	86,6	81,2

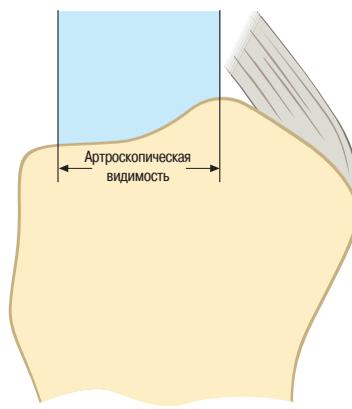
На первый взгляд это представляется довольно необычным, хотя тесно связано с анатомией коленного сустава. Обоснованно считается, что передняя полуокружность ЗКС расположена намного вентральнее, чем кажется при артроскопическом исследовании. Всю поверхность большеберцового плато осмотреть невозможно, так как вся его дорсальная часть скрыта за медиальным и латеральным бугорками межмыщелкового возвышения и задним межмыщелковым пространством.

Таким образом, передняя полуокружность ЗКС расположена намного впереди от заднего края плато большеберцовой кости. Эта взаимоотношение подтверждается также анатомическими исследованиями (см. рис 2.15-1).

**Рис. 2.13-62.** Установка большеберцового канала, выход из которого должен располагаться напротив передней полуокружности ЗКС (P) (F – латеральный мыщелок бедра, L – передний рог латерального мениска, M – передний рог медиального мениска, N – межмыщелковая вырезка).

NB. При артроскопическом исследовании межмыщелкового пространства визуализируются только две передние трети сагиттального диаметра большеберцовой кости (рис. 2.13-63).

Это хорошо заметно при МРТ данной области. Схематичные изображения установки большеберцового канала, которые часто приводятся в литературе, не должны служить причиной заблуждения. Многие схемы основаны на переднезаднем размере медиального плато большеберцовой кости и его типичной конфигурации. Канал не размещают в этой области, однако схемы установки большеберцового канала должны основываться на сагиттальном диаметре межмыщелкового пространства.

**Рис. 2.13-63.** Визуализация сагиттального диаметра плато большеберцовой кости. Область, доступная артроскопическому исследованию, значительно меньше, чем диаметр плато большеберцовой кости, измеренный в переднезаднем направлении.

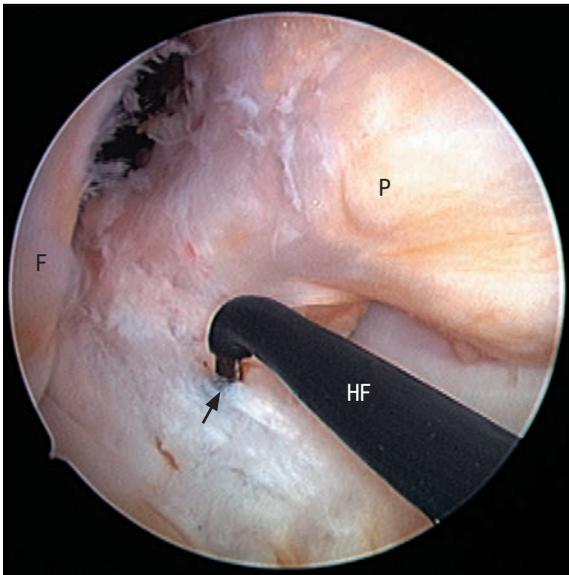
► **Совет.** Обычно большеберцовый канал устанавливается в первую очередь. Однако если бедренный канал планируется установить через медиальный инструментальный порт в положении максимального сгибания в коленном суставе, бедренный канал можно установить первым, после того как определен диаметр трансплантата. Преимуществом этой методики является уменьшение оттока жидкости из полости сустава. Но при установке бедренного канала через большеберцовый, вначале формируется последний.

5.1 Введение направителя

После уверенной идентификации передней полуокружности ЗКС, вводят направитель для формирования большеберцового канала, который располагают непосредственно кпереди от передней полуокружности ЗКС (рис. 2.13-64 и 2.13-65). Если возможно, дистальную культю ПКС полностью не удаляют, хотя для оптимального положения направителя может



Рис. 2.13-64. Направитель для формирования большеберцового канала (Karl Storz, Германия).



а

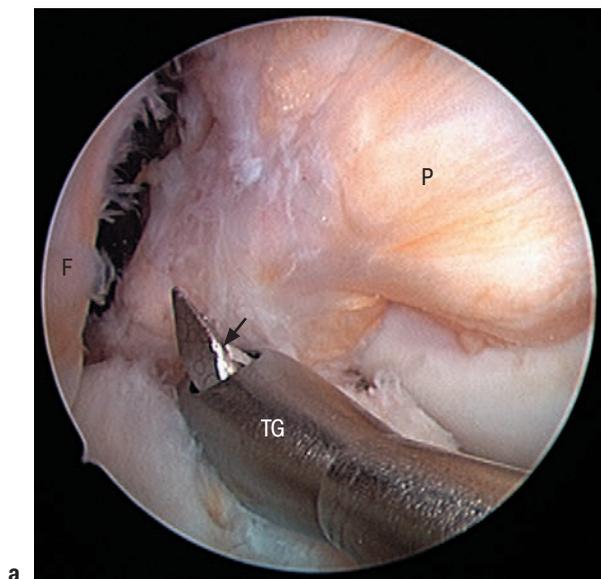


б



в

Рис. 2.13-65 а–в. Расположение направителя для формирования большеберцового канала. **а** После дебридмента межмышелкового пространства прижигателем (HF) маркируется место выхода направляющей спицы (стрелка). Локализация этой точки легко определяется по отношению к передней поверхности ЗКС (Р), медиальному и латеральному (F) мыщелкам бедра. **б** Введение направителя (TG). **в** Длина большеберцового канала определяется по шкале на втулке направителя (стрелка) перед началом сверления.



потребуется ее иссечение тонкими кусочками или крючковидным электродом (рис. 2.13-65 а).

Совет. Важным ориентиром является длина предполагаемого бедренного канала, которую можно определить по шкале направителя еще до сверления (рис. 2.13-65 в). Идеальная длина канала составляет 4–5 см. При большей протяженности большеберцового канала существует риск, что направитель не дотянется до положения «на вершине» при трансстибиальном формировании бедренного канала.

При длине канала меньше 4 см возникают две проблемы:

- 1. Меньший угол канала.** Очень короткий канал проходит под очень небольшим углом. При этом выходное отверстие канала в межмышцелковом пространстве имеет сильно вытянутую форму, а его переднезадний размер может быть на 30% больше, чем поперечный (см. табл. 2.13-12).
- 2. Слишком переднее расположение канала.** Если вход в очень короткий канал правильно расположен на передней поверхности большеберцовой кости, то выход из канала расположен слишком близко к переднему отделу сустава, что приводит ко всем отрицательным последствиям, обусловленным излишне передним расположением большеберцового канала (см. выше).

Таким образом, длину большеберцового канала необходимо определять непосредственно перед его формированием, истинную длину можно определить по шкале направителя перед введением направляющей спицы Киршнера (рис. 2.13-65 в).

Рис. 2.13-66 а, б. Формирование большеберцового канала (продолжение рис. 13-65). **а** Направляющая спица (*стрелка*) визуализируется в суставе (F – латеральный мыщелок бедра, P – ЗКС, TG – направитель). **б** Для формирования канала спица (K) вводится повторно, по ней при помощи канюлированного сверла (D) выполняется рассверливание (A – культя ПКС).

Описаны три основные методики формирования большеберцового канала. В некоторых случаях их можно комбинировать:

- 1. Последовательное рассверливание**
- 2. Дилатация**, как правило, канала, сформированного 4,5 или 6-мм спиральным сверлом
- 3. Забор блока губчатой кости**
- 4. Комбинированные методики** (например, рассверливание и расширение или забор губчатой кости и рассверливание)

Выбор методики в каждом конкретном случае зависит от индивидуальных особенностей пациента и предпочтений хирурга.

5.2 Последовательное рассверливание

Через большеберцовую кость вводят спицу Киршнера 2,4 мм, которая должна проникнуть в сустав на 6–8 мм кпереди от передней поверхности ЗКС (рис. 2.13-66 а). При необходимости после удаления направителя положение спицы перепроверяют щупом. Если дистальная культя не удалена, а кончик дрели не визуализируется, культю фактически «высверливают». Обычно это происходит при использовании трансплантатов диаметром 8 или 9 мм и значительно реже – трансплантатов диаметром более 10 мм.

Канюлированным сверлом по спице формируют канал диаметром 6 мм (рис. 2.13-66 б). На этом этапе мы продвигаем спицу к бедренному прикреплению ПКС, чтобы оценить правильность расположения выхода из канала. Затем, по вновь введенной спице канал рассверливают до требуемого диаметра. Придавливая спицу к передней или задней стенке, можно расположить канал чуть кпереди или кзади. Перед проникновением в сустав скорость вращения дрели следует замедлить, чтобы предотвратить выламывание участков кости и хряща, к которым прикрепляется культи ПКС.

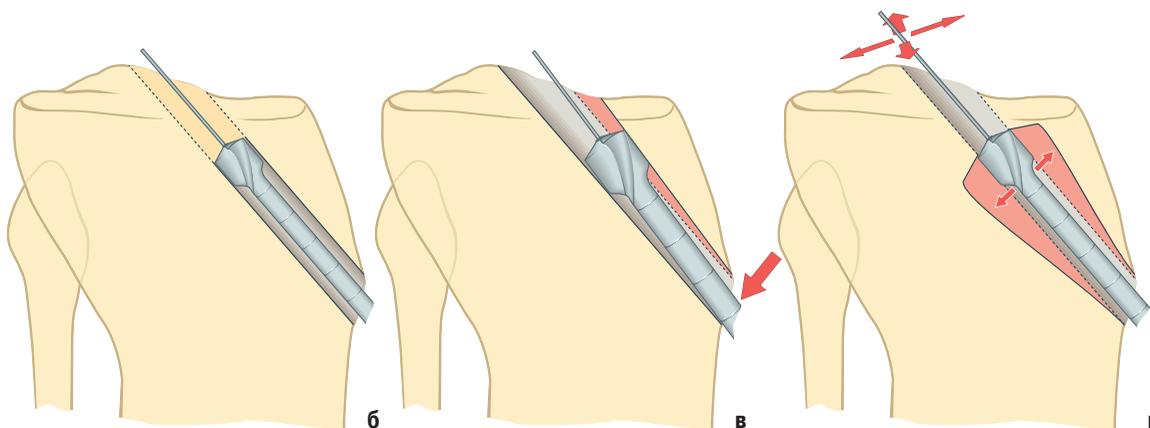
▶ **Предупреждение.** Ни при каких обстоятельствах не следует рассверливать канал до окончательного диаметра по спице сразу. При этом утрачивается возможность изменения положения канала в случае необходимости. Также высок риск выбивания участков кости и хряща, что приводит к расширению выхода из канала. Кроме того, незамеченные и оставленные в полости сустава костные фрагменты обычно оссифицируются, приводя к упорному ограничению разгибания.

Свободные костные фрагменты удаляют, однако это может привести к нежелательному воронкообразному расширению выхода из канала. Если диаметр трансплантата 10 мм, сформированный 9-мм канал расширяют кзади при помощи рашпиля. При необходимости на заднюю стенку канала можно надавить 9-мм дрелью. При этом формируется овальная зона большеберцового прикрепления связки, подобная естественной. Края выхода из канала можно заглаживать костной ложечкой или кюреткой.

▶ **Совет.** При формировании костных каналов «классические» канюлированные сверла более предпочтительны, чем головчатые фрезы (рис. 2.13-67 а). Хотя головчатые фрезы (римеры), благодаря своей желобчатой головке, позволяют лучше изменять направление канала, рассверливание с их использованием не такое точное, как с применением спиральных сверл. Римеры могут отклоняться по продольной оси, расширяя диаметр канала, что приводит к формированию нежелательных «экскаваций» в мягкой губчатой кости (рис. 2.13-67 в, г). Таким образом, следует использовать канюлированные сверла.



Рис. 2.13-67 а–г. Рассверливание большеберцового канала. **а** Канал рассверливается канюлированным сверлом. **б** При использовании головчатой фрезы (римера) прямолинейное рассверливание возможно только в том случае, если направляющая спица фиксирована в кортикальном слое плато большеберцовой кости. **в** Если канал расширяется головчатой фрезой, а направляющая спица зафиксирована ненадежно, любое отклонение римера (стрелка) приведет к расширению канала в переднем направлении. **г** Если спица не зафиксирована, она может смещаться в предсформированном канале как в переднезаднем, так и в поперечном направлении. Это вызовет отклонение оси римера, что приведет к формированию канала большего диаметра, чем планировалось.



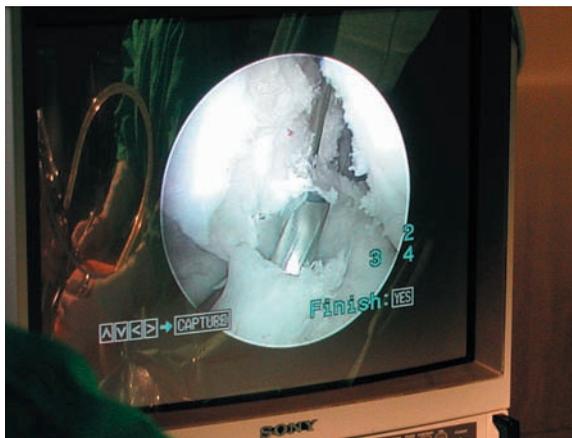


Рис. 2.13-68. Ход рассверливания контролируется на экране монитора.



Рис. 2.13-69. Введение канюлированного дилатора по направляющей спице.

▶ **Предупреждение.** Сверло необходимо продвигать крайне осторожно, под постоянным артроскопическим контролем (рис. 2.13-68). Когда кончик сверла окажется в суставе, рассверливание следует прекратить, аккуратно удалив сверло. Нельзя допускать внезапного, неконтролируемого проникновения сверла в сустав.

▶ **Совет.** Если для большеберцовой фиксации предполагается использовать фиксирующую пуговицу (например, EndoTack) как изолированно, так и в составе гибридной системы, для обеспечения проведения трансплантата и расположения пуговицы канал на протяжении первого сантиметра следует формировать сверлом диаметром 9 мм.

5.3 Расширение предварительно сформированного костного канала дилаторами

Проксимальный отдел большеберцовой кости губчатый и очень мягкий. Поэтому предварительно рассверленный бедренный канал можно расширить, чтобы сформировать улучшенное костное ложе для трансплантата и фиксирующей конструкции. Путем расширения канала достигается:

- **Стимуляция образования костной ткани.** Расширение канала вызывает микропереломы вдоль его оси, что стимулирует образование костной ткани.
- **Увеличение силы, необходимой для отрыва трансплантата.** Эксперименты Phillips и соавт. (1999) показали, что после расширения костных каналов увеличивается сила, необходимая для отрыва трансплантата ST+GR, фиксированного биодеградируемыми винтами.

- **Повышение прочности губчатой кости** обеспечивает лучшую фиксацию интерферентных винтов.

После установки спицы по ней вначале рассверливают канал диаметром 5 или 6 мм, пока кончик сверла не покажется в суставе. Затем спица вводится снова, и канал осторожно расширяют дилаторами с постепенным увеличением диаметра на 1 мм (рис. 2.13-69). Расширение последнего миллиметра до запланированного диаметра проводится дилаторами с интервалом в 0,5 мм. Для уверенности, что очень мягкая губчатая кость пробивается в правильном направлении, предпочтительно использовать канюлированные дилаторы.

▶ **NB.** Следует избегать неконтролируемого расширения костного канала. Как и при использовании римеров (см. рис. 2.13-67 в, г), для расширения костного канала в правильном направлении необходим тщательный контроль положения дилатора.

Когда кончик дилатора оказывается в суставе, колено разгибают для исключения импинджмента трансплантата.

Расширение костного канала дилаторами рекомендуется в следующих ситуациях:

- **Ревизионное вмешательство.** При наличии ранее установленного большеберцового канала для «классической» техники рассверливания характерно удаление большого количества кости, чем необходимо, в результате чего нередко диаметр сформированного канала намного больше, чем планировалось. В некоторых случаях он сообщается с первичным каналом, расположенным далеко впереди, что приводит к возникновению серьезных проблем большеберцовой фиксации,

а возможно и повторному неправильному расположению большеберцового канала.

- **Мягкая губчатая кость.** Плотность губчатой кости сильно варьирует у разных пациентов. Очень мягкая губчатая кость обычно встречается у пожилых пациентов, но может наблюдаться и в молодом возрасте. В этих случаях рекомендовано расширение канала дилататорами, особенно если планируется фиксация интерферентными винтами.

5.4 Забор блока губчатой кости

После установки направляющей спицы переднюю кортикальную пластинку большеберцовой кости перфорируют сверлом диаметром 7 мм. Полуо

канюлированную фрезу диаметром 7 мм, фиксированную в универсальной рукоятке (рис. 2.13-70), аккуратно надевают на спицу с воротничком. Вращательными движениями, вручную, фрезу продвигают в направлении большеберцового канала, стараясь не перфорировать межмышечковую область (рис. 2.13-71).

► **Совет.** Диаметр полой фрезы должен быть на 1–2 мм меньше, чем у трансплантата.

По достижении глубины примерно 40 мм, полую фрезу вынимают, блок губчатой кости удаляют из канала. Забор костного блока вручную позволяет избежать перегрева кости, что обычно происходит при использовании моторизированных устройств.

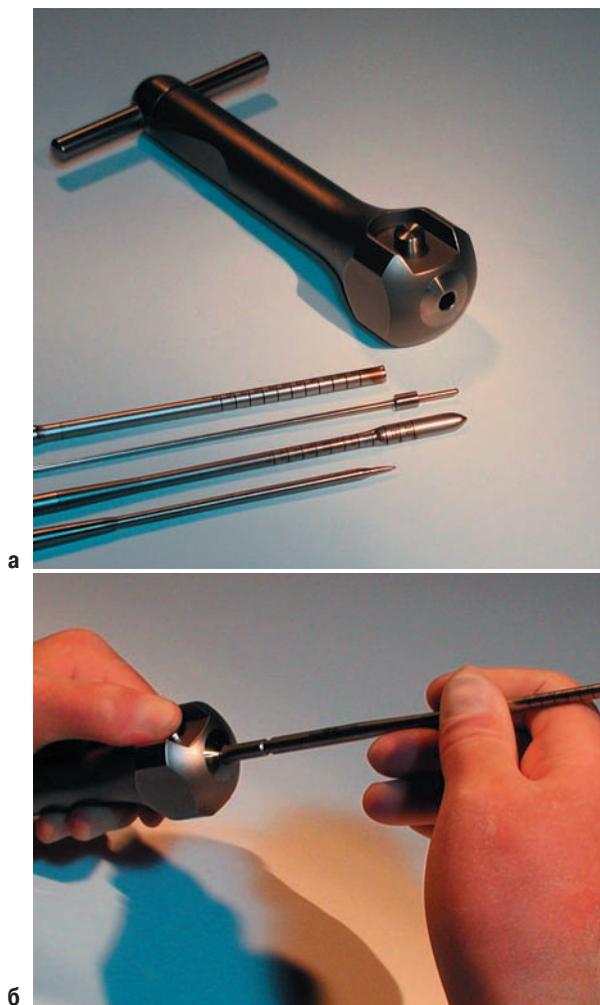


Рис. 2.13-70 а, б. Универсальная рукоятка (T-Rex, Karl Storz, Тутлинген, Германия). **а** Рукоятку можно использовать с полыми фрезами, дилататорами, пробойниками и другими насадками. **б** Соединительный механизм очень стабилен и обеспечивает быструю и простую смену насадок.

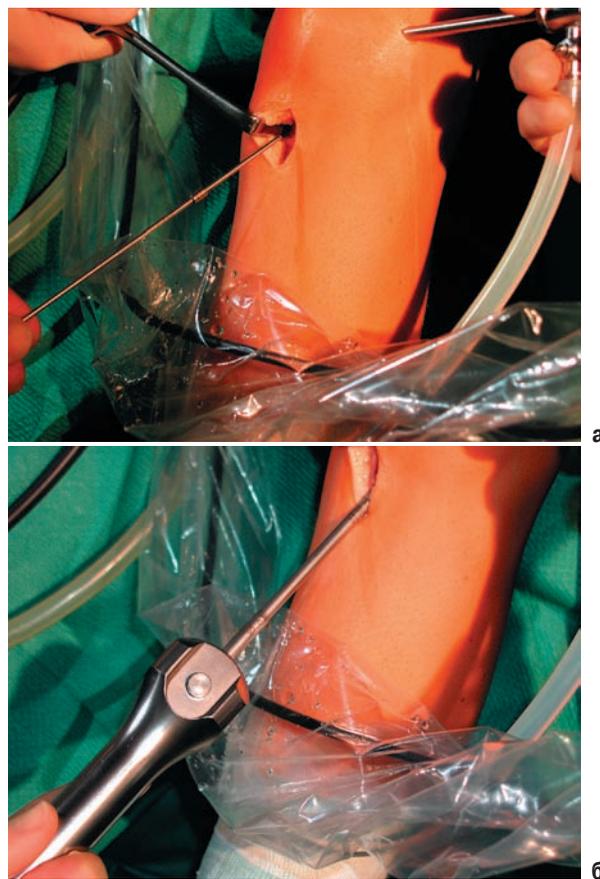
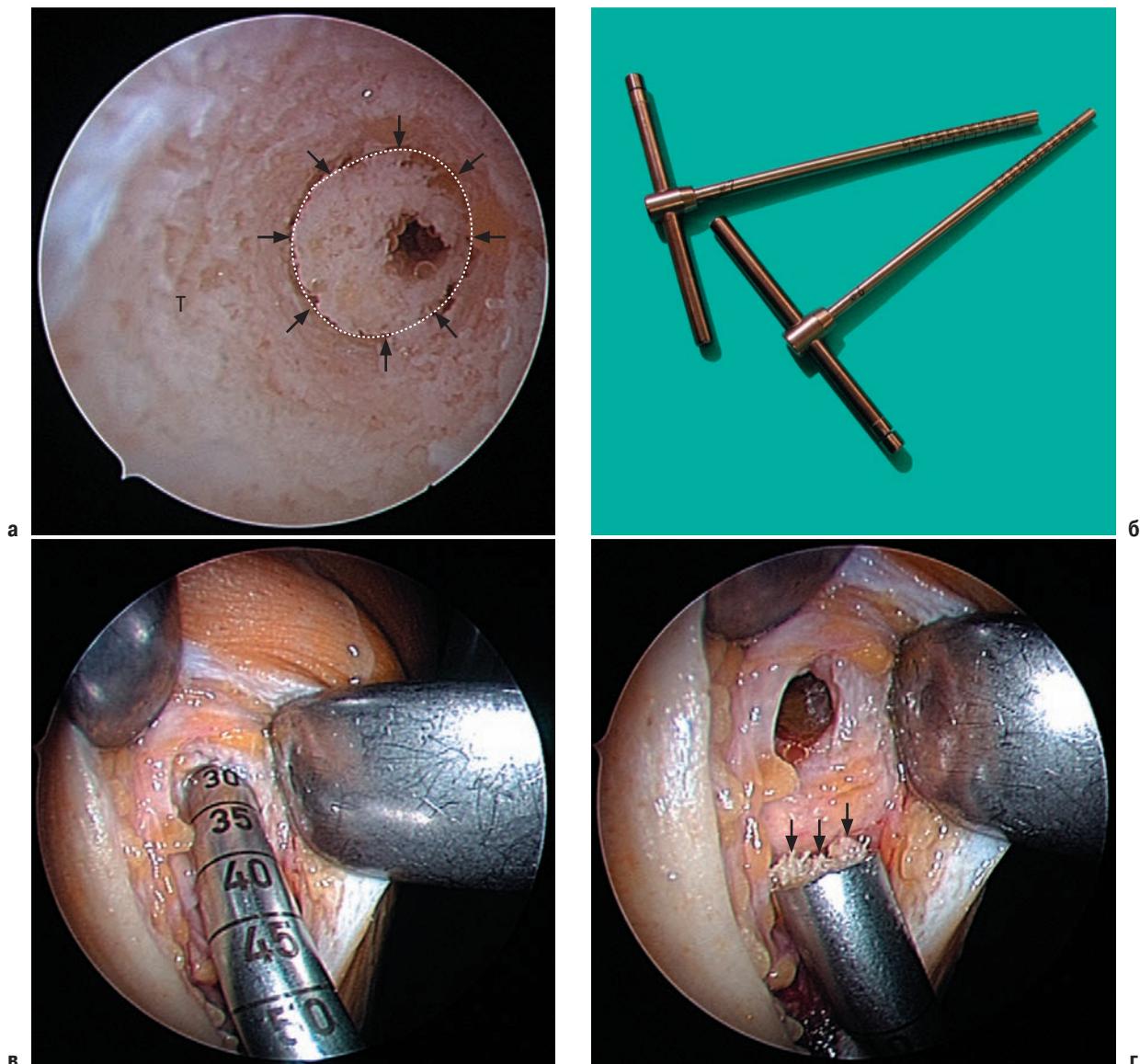


Рис. 2.13-71 а, б. Забор губчатого костного блока из верхнего отдела большеберцовой кости. **а** Вводится спица с воротничком, **(б)** полая фреза вручную вращательными движениями продвигается по спице.



В редких случаях костный блок может остаться в канале. Это может произойти при:

- **Использовании тупой фрезы**
- **Слишком большой скорости сверления** (обычно при использовании моторизованных систем)

Ранее не было предложено эффективного способа удаления костного блока из канала. В настоящее время для этой цели разработана специальная система (см. рис. 2.13-72 б).

▶ **Предупреждение.** Не следует вращать удалитель во время введения.

Метки на теле удалителя позволяют ввести инструмент на глубину, которая была достигнута поллой фрезой. Затем всю рукоятку необходимо повернуть

Рис. 2.13-72 а–г. Удаление костного блока из большеберцового канала. **а** Для забора костного блока была использована поллая фреза, соединенная с моторизованным устройством, однако костный блок остался в канале (*стрелки*) большеберцовой кости (Т). **б** Специальные удалители (Karl Storz, Германия) содержат внутренние направляющие, захватывающие и отделяющие костный блок. **в** Удалитель вводится в канал без вращения. Метки на инструменте позволяют контролировать глубину введения. **г** Удалитель поворачивают, чтобы отделить и захватить костный блок (*стрелки*).