

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОЛОЖЕНИЯ КОСТНЫХ КАНАЛОВ ПРИ АРТРОСКОПИЧЕСКОЙ ПЛАСТИКЕ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ, ИНТРАОПЕРАЦИОННЫХ ПОЖЕЛАНИЙ ХИРУРГА И АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПАЦИЕНТА

А.В. Королёв^{1,2}, Н.Е. Магнитская^{1,2}, М.С. Рязанцев^{1,2}, Ж.Ю. Пилипсон³, М.М. Хасаншин¹, Д.О. Ильин¹

¹Европейская клиника спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO), Орловский пер., д. 7, Москва, Россия, 129110

²ГБОУ ВПО «Российский университет дружбы народов», ул. Миклухо-Маклая, д. 6, Москва, Россия, 117198

³Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова, ул. Делегатская, д. 20, стр. 1, Москва, Россия, 127473

Реферат

Цель исследования – оценить зависимость положения каналов на послеоперационных рентгенограммах от интраоперационных пожеланий хирурга при артроскопической пластике передней крестообразной связки (ПКС).

Материал и методы. Были проанализированы результаты хирургического лечения 86 пациентов, оперированных по поводу разрыва ПКС в Европейской клинике спортивной травматологии и ортопедии с 2013 по 2015 г. одним и тем же хирургом по стандартной методике. Всем пациентам была выполнена первичная артроскопическая пластика ПКС аутотрансплантатом из сухожилий подколенных сгибателей. Интраоперационные данные фиксировались в протоколе операции и соответствующей анкете. Послеоперационные рентгенограммы в двух стандартных проекциях, выполненные на следующие сутки после операции, были импортированы в eFilm, Merge Healthcare для графического построения соответствующих осей и углов с последующим анализом результатов.

Результаты. В группу исследования вошли 54 мужчины и 32 женщины в возрасте от 17 до 56 лет (средний возраст составил $35,2 \pm 1,13$ лет). При анализе интраоперационных данных в коронарной плоскости медиана углов наклона бедренного канала составила 45° (интерквартильный размах $45-60^\circ$), наиболее часто встречался угол 45° . Медиана углов наклона большеберцового канала в коронарной плоскости составила 30° (интерквартильный размах $30-35^\circ$), наиболее часто встречался угол 30° . При анализе рентгенограмм на прямой проекции медиана углов наклона бедренного канала составила 32° (интерквартильный размах $28-36^\circ$), наиболее часто встречался угол 35° ; медиана углов наклона большеберцового канала – 20° (интерквартильный размах $17-25^\circ$), наиболее часто встречался угол 19° . На прямой проекции средняя ширина плато большеберцовой кости составила $90,2 \pm 1,1$ мм, центр большеберцового канала проецировался на $48,55\%$ плато большеберцовой кости от медиального края. На боковой проекции средняя длина плато большеберцовой кости составила $53,8 \pm 0,6$ мм, центр большеберцового канала проецировался на $43,95\%$ плато большеберцовой кости от вентрального края. На боковой проекции медиана угла дорзального наклона плато большеберцовой кости составила 8° (интерквартильный размах $6-9^\circ$).

Заключение. Расположение костных каналов при артроскопической пластике ПКС сложно стандартизировать. Даже в руках одного хирурга формирование каналов по одним и тем же анатомическим ориентирам может приводить к их разным положениям в зависимости от антропометрических характеристик пациента, что влияет на оценку послеоперационных результатов.

Ключевые слова: пластика передней крестообразной связки, большеберцовый канал, бедренный канал, угол наклона плато большеберцовой кости, положение каналов.

Введение

Из всех связок коленного сустава повреждения передней крестообразной связки (ПКС) наиболее часто требуют хирургического лечения. Так, по разным оценкам частота реконструктивных операций при разрыве ПКС составляет от 14 до 52 случаев на 100 000 населения ежегодно [4, 5, 10, 14, 19].

Несмотря на то, что артроскопическая пластика ПКС является одной из самых распространённых ортопедических операций [4], среди исследователей по-прежнему сохраняются разногласия относительно наиболее правильного расположения костных каналов [3, 20, 21].

По данным М.П. Лисицина, частота неправильной установки трансплантата при пластике

Королёв А.В., Магнитская Н.Е., Рязанцев М.С., Пилипсон Ж.Ю., Хасаншин М.М., Ильин Д.О. Взаимосвязь положения костных каналов при артроскопической пластике передней крестообразной связки, интраоперационных пожеланий хирурга и антропометрических данных пациента. *Травматология и ортопедия России*. 2016; (1):85-95.

Магнитская Нина Евгеньевна. Орловский пер., д. 7, Москва, Россия, 129110; e-mail: magnitskaya.nina@gmail.com

Рукопись поступила: 28.01.2016; принята в печать: 09.03.2016

ПКС составляет 37,3%, что приводит к неудовлетворительным результатам операции у 27,8% пациентов [7].

Многими авторами отмечено, что отдалённые результаты пластики ПКС в значительной степени зависят от правильности расположения каналов [1, 17]. Существует несколько основных критериев для оценки правильности расположения каналов: 1) отсутствие заднего импиджмента в области задней крестообразной связки (ЗКС) во время сгибания; 2) отсутствие импиджмента в области крыши межмышечкового пространства во время разгибания; 3) сохранение изометрического натяжения трансплантата, близкого к анатомическому у нативной ПКС, при всех углах сгибания в коленном суставе.

Неправильное положение костных каналов приводит к ограничению движений, тугоподвижности, нестабильности, боли и более длительной реабилитации [8, 12, 25].

На функциональное состояние коленного сустава в послеоперационном периоде, несомненно, оказывают влияние исходные анатомические факторы, такие как Q-угол, размер межмышечковой вырезки и угол наклона плато большеберцовой кости [9]. Было показано, что увеличение угла наклона латерального плато большеберцовой кости является важным фактором риска для развития нестабильности и разрыва трансплантата в послеоперационном периоде [2, 11].

Материал и методы

Были проанализированы результаты хирургического лечения 86 пациентов, оперированных в Европейской клинике спортивной травматологии и ортопедии в период с 2013 по 2015 г. Всем пациентам была выполнена первичная артроскопическая пластика ПКС ауто-трансплантатом из сухожилий подколенных сгибателей. Все операции выполнялись одним и тем же хирургом по стандартной методике. Интраоперационные данные заносили в протокол операции и интраоперационную анкету.

Хирургическая техника. В положении пациента на спине с использованием фиксаторов для нижних конечностей и пневматического турникета под спинальной анестезией выполняли трёхкратную обработку операционного поля. Формировали стандартные артроскопические порты, осуществляли тщательную ревизию коленного сустава, при помощи щупа осматривали мениски, связки, суставные поверхности, завороты. При необходимости мениски сшивали или резецировали, выполняли резекцию нестабильных фрагментов хряща или

микрофрактурирование. Культю ПКС полностью резецировали. Из сухожилий подколенных сгибателей формировали четырёх- или пятипучковый ауто-трансплантат, концы сухожилий прошивали нитями. Измеряли диаметр и длину ауто-трансплантата. Затем через большеберцовую кость при помощи большеберцового направителя проводили спицу, ориентируясь на латеральный скат медиального бугорка и область анатомического крепления передней крестообразной связки. По направляющей спице сверлом соответствующего диаметра формировали большеберцовый канал под углом 60° (угол задавался направителем для большеберцовой кости) в сагиттальной плоскости и 30° (относительно оси голени) – во фронтальной плоскости. Далее из медиального порта при угле сгибания в коленном суставе в 120° с помощью бедренного направителя спицей формировали канал в латеральном мышечке бедренной кости, ориентируясь на условный циферблат часов во фронтальной плоскости. Для правого коленного сустава ориентировались на 10:30, для левого коленного сустава – на 1:30. После этого по направляющей спице канал рассверливали транскортикально сверлом диаметром 4 мм и измеряли длину канала. Затем по спице формировали бедренный канал сверлом соответствующего диаметра на оптимальную глубину. Ауто-трансплантат с подвешивающим кортикальным фиксатором-пуговицей (Endobutton CL – Smith&Nephew; ACL Tightrope – Arthrex, RIGIDLOOP Adjustable, DePuy Synthes) проводили по направляющим нитям снизу вверх до выхода фиксатора-пуговицы из проксимальной части бедренного канала и его разворота. После чего выполняли дистальную фиксацию ауто-трансплантата в большеберцовой кости в момент равномерного натяжения всех пучков трансплантата при помощи биодеградируемого винта соответствующего диаметра с гильзой (Biointrafix, DePuy Mitek). Проводили артроскопический контроль, при котором подтверждали натяжение трансплантата, изометричность положения, отсутствие признаков ущемления при всех углах сгибания конечности. Полость сустава обильно промывали физиологическим раствором, оставляли вакуум-дренаж в полости сустава. Послеоперационные раны послойно ушивали. Нижнюю конечность забинтовывали эластичным бинтом, выполняли иммобилизацию в прямом тугоре.

Измерение угла наклона канала. На следующие сутки после хирургического лечения после удаления дренажа всем пациентам была выполнена рентгенография коленного сустава в двух стандартных проекциях.

Послеоперационные рентгенограммы были импортированы в eFilm, Merge Healthcare для анализа результатов.

На рентгенограммах коленного сустава, выполненных в прямой проекции, строили анатомическую ось бедра – femoral anatomical axis coronal (ФААс). Для этого определяли чрезнадмыщелковую ось – transepicondular axis (ТЕА) – линию, проведённую через наиболее проксимальные точки надмыщелков бедренной кости (рис. 1 А).



Рис. 1. Определение угла наклона бедренного канала по рентгенограммам коленного сустава в прямой проекции:

А – предварительный этап:

ТЕА – чрезнадмыщелковая ось (transepicondular axis);

а – проксимальная параллельная линия;

б – дистальная параллельная линия.

Б – финальный этап: FTAс – угол бедренного канала

на прямой проекции (femoral tunnel angle coronal);

ФААс – анатомическая ось бедра (femoral anatomical axis coronal);

а – проксимальная ширина диафиза;

б – дистальная ширина диафиза

По линии «а», проведённой параллельно ТЕА через наиболее проксимальную часть диафиза бедренной кости, измеряли ширину диафиза. По линии «б», проведённой параллельно ТЕА на середине расстояния между ТЕА и наиболее проксимальной частью диафиза бедренной кости, также измеряли ширину диафиза. Определяли середины диаметров диафиза бедра по линиям «а» и «б». Линию, проведённую через эти точки, считали анатомической осью бедра (ФААс). Угол бедренного канала на рентгенограммах, выполненных в прямой проекции – femoral tunnel angle coronal (FTAс), определяли как угол между анатомической осью бедра и линией, проведённой через центр бедренного канала (рис. 1 Б).

На рентгенограммах коленного сустава, выполненных в прямой проекции, строили анатомическую ось голени – tibial anatomical axis coronal (ТААс). Для этого определяли ось плато большеберцовой кости – tibial plateau axis coronal (ТРАс) – линию, проведённую через наиболее вентральные точки латерального и медиального плато большеберцовой кости. По линии «с», проведённой параллельно ТРАс через наиболее дистальную часть диафиза большеберцовой кости, измеряли ширину диафиза. По линии «d», проведённой параллельно ТРАс на середине расстояния между ТРАс и наиболее дистальной частью диафиза большеберцовой кости, также измеряли ширину диафиза (рис. 2 А). Определяли середины диаметров диафиза большеберцовой кости по линиям «с» и «d». Линию, проведённую через эти точки, считали анатомической осью голени (ТААс). Угол большеберцового канала на рентгенограммах, выполненных в прямой проекции – tibial tunnel angle coronal (ТТАс), определяли как угол между анатомической осью голени и линией, проведённой через центр большеберцового канала (рис. 2 Б).

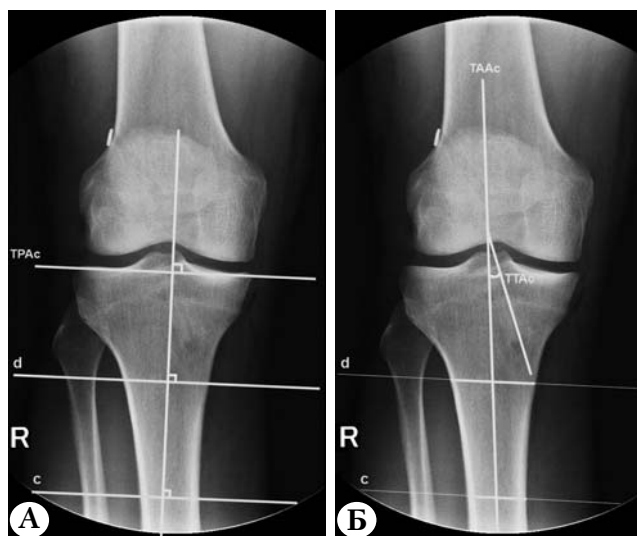


Рис. 2. Определение угла наклона большеберцового канала по рентгенограммам коленного сустава в прямой проекции:

А – предварительный этап:

ТРАс – ось плато большеберцовой кости (tibial plateau axis coronal);

с – дистальная параллельная линия;

d – проксимальная параллельная линия;

Б – финальный этап: ТТАс – угол большеберцового

канала на прямой проекции (tibial tunnel angle coronal);

ТААс – анатомическая ось голени (tibial anatomical axis coronal);

d – проксимальная ширина диафиза;

с – дистальная ширина диафиза

На рентгенограммах, выполненных в прямой проекции, по ТРАс также определяли ширину плато большеберцовой кости и центр большеберцового канала – tibial tunnel center coronal (ТТСс). По ТРАс измеряли расстояние от медиального и латерального краёв плато большеберцовой кости до ТТСс (рис. 3).

Также по модулю была рассчитана разница между интраоперационными значениями углов и значениями углов, полученными по рентгенограммам в прямой проекции (ФТАс и ТТАс) – femoral tunnel difference (FT diff) и tibial tunnel difference (TT diff).

На рентгенограммах коленного сустава, выполненных в боковой проекции, также строили анатомическую ось бедра – femoral anatomical axis sagittal (FAAs). Для этого определяли линию закрытой зоны роста бедренной кости – femoral physeal scar (FPS). По линии «е», проведённой параллельно FPS через наиболее проксимальную часть диафиза бедренной кости, измеряли ширину диафиза. По линии «f», проведённой параллельно FPS на середине расстояния между FPS и наиболее проксимальной частью диафиза бедренной кости, также измеряли ширину диафиза (рис. 4 А). Определяли середины диаметров диафиза бедра по линиям «е» и «f». Линию, проведённую через эти точки, считали анатомической осью бедра (FAAs). Угол бедренного канала на рентгенограммах, выполненных в боковой проекции – femoral tunnel angle sagittal (FTAс), определяли как угол между анатомической осью бедра и линией, проведённой через центр бедренного канала (рис. 4 Б).



Рис. 3. Определение центра большеберцового канала по рентгенограмме коленного сустава в прямой проекции:
ТТСс – центр большеберцового канала на прямой проекции (tibial tunnel center coronal);
ТААс – анатомическая ось голени (tibial anatomical axis coronal);
ТРАс – ось плато большеберцовой кости (tibial plateau axis coronal)



Рис. 4. Определение угла бедренного канала по рентгенограммам коленного сустава в боковой проекции:
А – предварительный этап: FPS – закрытая зона роста бедренной кости (femoral physeal scar);
е – проксимальная параллельная линия;
f – дистальная параллельная линия;
Б – финальный этап: FTAс – угол бедренного канала на боковой проекции (femoral tunnel angle sagittal);
FAAs – анатомическая ось бедра (femoral anatomical axis sagittal);
е – проксимальная ширина диафиза;
f – дистальная ширина диафиза

На рентгенограммах коленного сустава, выполненных в боковой проекции, строили анатомическую ось голени – tibial anatomical axis sagittal (ТААс). Для этого определяли линию закрытой зоны роста большеберцовой кости – tibial physeal scar (TPS). По линии «g», проведённой параллельно TPS через наиболее дистальную часть диафиза большеберцовой кости, измеряли ширину диафиза. По линии «h», проведённой параллельно TPS на середине расстояния между TPS и наиболее дистальной частью диафиза большеберцовой кости, также измеряли ширину диафиза (рис. 5 А). Определяли середины диаметров диафиза большеберцовой кости по линиям «g» и «h». Линию, проведённую через эти точки, считали анатомической осью голени (ТААс). Угол большеберцового канала – tibial tunnel angle sagittal (ТТАс) определяли как угол между анатомической осью голени и линией, проведённой через центр большеберцового канала (рис. 5 Б).



Рис. 5. Определение угла большеберцового канала по рентгенограммам коленного сустава в боковой проекции:

А – предварительный этап:

TPS – закрытая зона роста большеберцовой кости (tibial physeal scar);

h – проксимальная параллельная линия;

g – дистальная параллельная линия;

Б – финальный этап:

TTAs – угол большеберцового канала на боковой проекции (tibial tunnel angle sagittal);

TAAs – анатомическая ось голени (tibial anatomical axis sagittal);

h – проксимальная ширина диафиза;

g – дистальная ширина диафиза

Также на рентгенограммах коленного сустава, выполненных в боковой проекции, строили линию между вентральным и дорзальным краями плато большеберцовой кости – ось плато большеберцовой кости – tibial plateau

axis sagittal (TPAs). В точке пересечения TPAs с TAAs строили перпендикуляр к TAAs. Угол между перпендикуляром и TPAs считали углом наклона плато большеберцовой кости – tibial plateau posterior slope (TPPs) (рис. 6).

На рентгенограммах коленного сустава, выполненных в боковой проекции, по TPAs также определяли длину плато большеберцовой кости и центр большеберцового канала – tibial tunnel center sagittal (TTCs). По TPAs измеряли расстояние от вентрального и дорзального краёв плато большеберцовой кости до TTCs (рис. 7).

Статистический анализ. Статистическая обработка данных проводилась при помощи статистической программы STATISTICA 12.0, Stat Soft, Inc. Критический уровень статистической значимости принимали 5% ($p = 0,05$). Поскольку во всех группах признаки имели распределение, отличное от нормального, для проверки статистических гипотез при сравнении числовых данных двух несвязанных групп использовали U-критерий Манна – Уитни. Для сравнения данных в нескольких группах использовали критерий Краскела – Уоллиса. Количественные данные представлены в виде медианы, а также минимума и максимума соответствующих значений.

Интраоперационные данные о наклоне бедренного канала в коронарной плоскости были разделены на 3 категории: категория 1 – 30° (1 час или 11 часов), категория 2 – 45° (1:30 или 10:30 часов) и категория 3 – 60° (2 или 10 часов). Интраоперационные данные о наклоне большеберцового канала в коронарной плоскости, также были разделены на 3 категории: категория 1 (<20°), категория 2 (30°) и категория 3 (>30°).



Рис. 6. Определение угла наклона плато большеберцового канала по рентгенограммам коленного сустава в боковой проекции:

TPPs – угол наклона плато большеберцовой кости (tibial plateau posterior slope);

TPAs – ось плато большеберцовой кости (tibial plateau axis sagittal);

TAAs – анатомическая ось голени (tibial anatomical axis sagittal);

h – проксимальная ширина диафиза;

g – дистальная ширина диафиза



Рис. 7. Определение центра большеберцового канала по рентгенограмме коленного сустава в боковой проекции: TTC's – центр большеберцового канала (tibial tunnel center sagittal); TPA's – ось плато большеберцовой кости (tibial plateau axis sagittal)

Результаты

В группу исследования вошли 86 пациентов: 54 мужчины (63%) и 32 женщины (37%) в возрасте от 17 до 56 лет (средний возраст составил $35.2 \pm 1,13$ лет). В 33 случаях была выполнена артроскопическая реконструкция ПКС правого коленного сустава, в 53 – левого коленного сустава.

При анализе интраоперационных данных медиана углов наклона бедренного канала в коронарной плоскости составила 45° (интерквар-

тильный размах $45-60^\circ$), наиболее часто встречался угол 45° (1:30 или 10:30 часов). Медиана углов наклона большеберцового канала в коронарной плоскости составила 30° (интерквартильный размах $30-35^\circ$), наиболее часто встречался угол 30° .

При анализе рентгенограмм, выполненных в прямой проекции, медиана углов наклона бедренного канала (FTA's) составила 32° (интерквартильный размах $28-36^\circ$), наиболее часто встречался угол 35° ; медиана углов наклона большеберцового канала (TTA's) – 20° (интерквартильный размах $17-25^\circ$), наиболее часто встречался угол 19° (рис. 8, 9).

На рентгенограммах коленного сустава, выполненных в прямой проекции, средняя ширина плато большеберцовой кости составила $90,02 \pm 0,011$ мм, при этом среднее расстояние между медиальным краем плато большеберцовой кости и центром большеберцового канала составило $40,35 \pm 0,006$ мм. Центр большеберцового канала проецировался на $48,55\%$ плато большеберцовой кости (от $41,67\%$ до $63,11\%$).

На рентгенограммах коленного сустава, выполненных в боковой проекции, медиана углов бедренного канала (FTA's) составила 38° (интерквартильный размах $33-43^\circ$), наиболее часто встречался угол 33° ; медиана углов большеберцового канала (TTA's) – 31° (интерквартильный размах $28-33^\circ$); наиболее часто встречался угол 38° (рис. 10, 11).

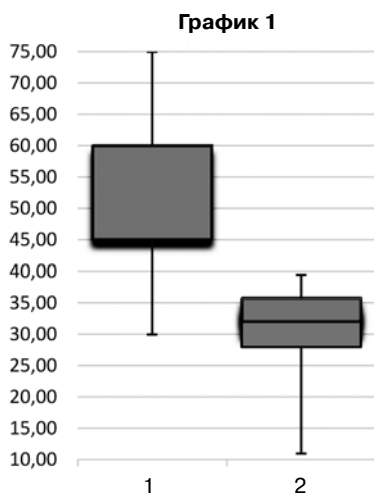


Рис. 8. Соотношение углов наклона бедренного канала интраоперационно и по данным рентгенограмм, выполненных в прямой проекции:
1 – интраоперационные данные;
2 – рентгенологические данные

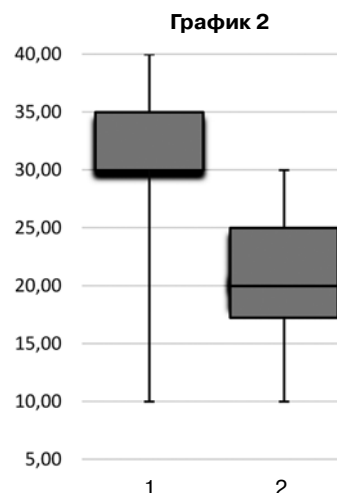


Рис. 9. Соотношение углов наклона большеберцового канала интраоперационно и по данным рентгенограмм, выполненных в прямой проекции:
1 – интраоперационные данные;
2 – рентгенологические данные

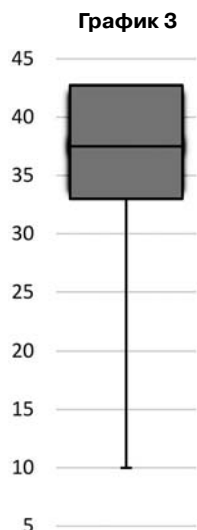


Рис. 10. Угол наклона бедренного канала по данным рентгенограмм, выполненных в боковой проекции

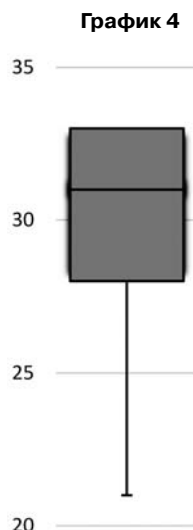


Рис. 11. Угол наклона большеберцового канала по данным рентгенограмм, выполненных в боковой проекции

На рентгенограммах коленного сустава, выполненных в боковой проекции, средняя длина плато большеберцовой кости составила $53,8 \pm 0,6$ мм, при этом среднее расстояние между вентральным краем плато и центром большеберцового канала составило $23,6 \pm 0,5$ мм. Центр большеберцового канала проецировался на 43,95% (от 28,85% до 62,96%) плато большеберцовой кости от вентрального края.

На рентгенограммах коленного сустава, выполненных в боковой проекции, медиана угла дорзального наклона плато большеберцовой кости (TPPS) составила 8° (интерквартильный размах $6-9^\circ$).

При оценке разницы между интраоперационными и данными рентгенограмм, выполненных в прямой проекции для бедренного канала

(FT diff) медиана составила 19° (интерквартильный размах $10-28^\circ$). При оценке разницы между интраоперационными данными и рентгенологическими данными, выполненными в прямой проекции, для большеберцового канала (TT diff), медиана составила 11° (интерквартильный размах $7-16^\circ$).

Мы не получили статистически значимой зависимости между величиной угла канала по данным рентгенограмм и интраоперационными категориями углов. Однако анализ разницы между интраоперационными и рентгенологическими данными показал, что чем горизонтальнее бедренный канал, создаваемый интраоперационно, тем больше вариабельность углов наклона бедренного канала по данным рентгенограмм (рис. 12, 13)

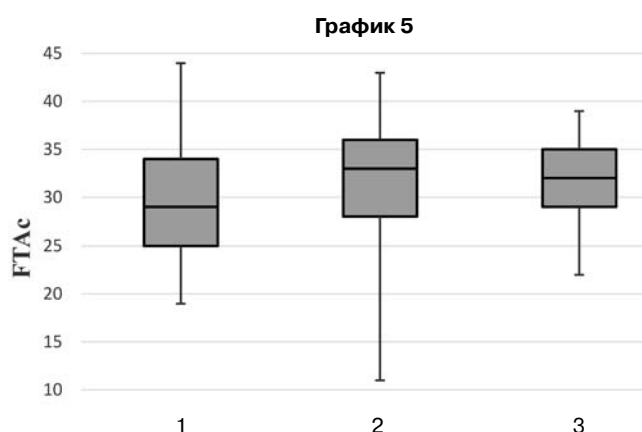


Рис. 12. Угол наклона бедренного канала на рентгенограммах, выполненных в прямой проекции (FTAc), для каждой интраоперационной категории углов: 1 – 30° (1 час или 11 часов); 2 – 45° (1:30 или 10:30 часов); 3 – 60° (2 часа или 10 часов)

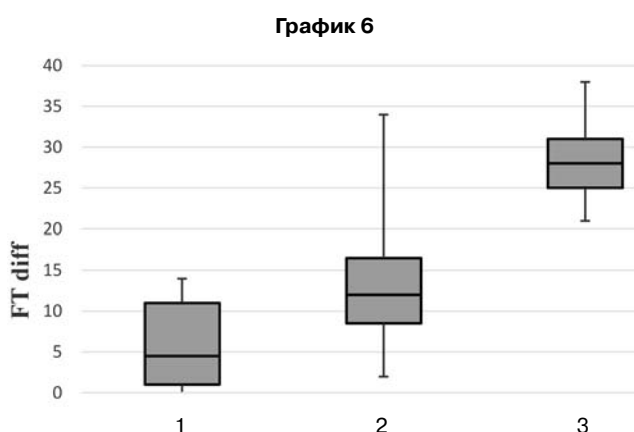


Рис. 13. Разница между углами наклона бедренного канала на рентгенограммах, выполненных в прямой проекции, и интраоперационными значениями углов (FT diff) для каждой интраоперационной категории углов: 1 – 30° (1 час или 11 часов); 2 – 45° (1:30 или 10:30 часов); 3 – 60° (2 часа или 10 часов)

Обсуждение

Одним из основных критериев оценки послеоперационных результатов пластики ПКС является оценка расположения костных каналов в бедренной и большеберцовой костях. Расположение костных каналов в бедренной и большеберцовой костях зависит от многих факторов. Не всегда предположения хирурга о расположении костных каналов интраоперационно соответствуют реальному наклону каналов по отношению к оси конечности.

Многие исследователи указывали, что слишком вертикальное расположение бедренного канала ведёт к ограничению сгибания в коленном суставе, уменьшению ротационной стабильности, а также субъективной стабильности сустава для пациента и является фактором риска разрыва трансплантата ПКС [13, 15, 17]. По данным J.M. Scopp с соавторами, более горизонтальное расположение бедренного туннеля (60° в коронарной плоскости) показало большую стабильность коленного сустава при внутренней ротации по сравнению с вертикальным (30° в коронарной плоскости) [23].

J.C. Loh с соавторами показали, что расположение бедренного канала на уровне 2 или 10 часов условного циферблата обеспечивает большую ротационную стабильность и уменьшает нагрузку на трансплантат ПКС по сравнению с расположением на уровне 1 и 11 часов [18]. Данные исследований продемонстрировали, что оптимальным с точки зрения биомеханики коленного сустава является расположение бедренного канала под углом 40° в коронарной плоскости [24].

Было также показано, что оптимальный угол наклона для большеберцового канала в коронарной плоскости составляет 35–40° по отношению к оси голени. Если угол большеберцового канала в коронарной плоскости больше 30° (слишком медиальное расположение), возникает импиджмент трансплантата с волокнами ЗКС. Рентгенологическим ориентиром для оценки правильности расположения большеберцового канала является вершина латерального бугорка плато большеберцовой кости. Если наружная стенка большеберцового туннеля проецируется на вершину латерального бугорка, то канал расположен правильно.

Наши интраоперационные данные о наклоне бедренного и большеберцового туннелей в коронарной плоскости коррелируют с ранее выявленными авторами оптимальными углами для воссоздания биомеханики коленного сустава.

V.M. Romano с соавторами показали, что точка крепления ПКС к большеберцовой

кости на прямой проекции находится на 49% от медиального края плато [22]. Согласно данным Н. Jonnson с соавторами, анатомически точка крепления ПКС к большеберцовой кости на боковой проекции располагается на 44% от вентральной границы плато [16].

Полученные нами данные о расположении центра большеберцового канала (48,55% на прямой проекции и 43,95% на боковой проекции) коррелируют с точкой крепления неповрежденной ПКС.

Заключение

Расположение костных каналов при артроскопической пластике ПКС сложно стандартизировать. Не всегда интраоперационные ориентиры позволяют точно определить угол расположения костного канала относительно оси конечности. Даже в руках одного хирурга формирование каналов по одним и тем же анатомическим ориентирам может приводить к их разным положениям в зависимости от антропометрических характеристик пациента.

Конфликт интересов: не заявлен.

Литература

1. Аксёнов С.Ю. Анализ отдаленных результатов пластики передней крестообразной связки ауто трансплантатами из сухожилий подколенных сгибателей и связки. [Автореф. дис. ... канд. мед. наук]. М.; 2015. 24 с.
2. Головаха М.Л., Шишка И.В., Банит О.В., Красноперов С.Н., Шабус Р., Орлянский В. Влияние сагиттального наклона тибального плато на риск повреждения передней крестообразной связки. *Вісник ортопедії травматології та протезування*. 2011; (2):34-37.
3. Заремук А.М., Лисицын М.П., Ткаченко Е.А., Бухарь С.В., Горевич И.И. Ревизионная хирургия передней крестообразной связки: несостоятельность и повторный разрыв ауто трансплантата. *Эндоскопическая хирургия*. 2011; 17(6): 34-37.
4. Карасева Т.Ю., Карасев Е.А. Артроскопические технологии лечения больных с нестабильностью коленного сустава. *Геній ортопедии*. 2013; (4): 38-43.
5. Королев А.В., Загородний Н.В., Пнелица Н.Н., Дедов С.Ю., Федорук Г.В., Ахпашев А.А. Артроскопическая реконструкция передней крестообразной связки ауто трансплантатом из связки надколенника: методические рекомендации. М.: Наука; 2004. 63 с.
6. Лазишвили Г.Д. Оперативное лечение повреждений связочно-капсульного аппарата коленного сустава [Автореф. дис. ... канд. мед. наук]. М.; 2005. 22 с.
7. Лисицын М.П. Артроскопическая реконструкция повреждений передней крестообразной связки коленного сустава с использованием компьютерной навигации и перспективы ее морфо-функционального восстановления [Автореф. дис. ... д-ра мед. наук]. М.; 2012. 48 с.
8. Миронов С.П., Лисицын М.П. Ошибки в расположении трансплантата при артроскопической реконструкции передней крестообразной связки коленно-

- го сустава. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2011; (1):89-94.
9. Серебряк Т.В. Артроскопическая реконструкция передней крестообразной связки с использованием различных сухожильных трансплантатов [Автореф. дис. ... канд. мед. наук]. СПб.; 2012. 23 с.
 10. Фоменко С.М. Артроскопическое лечение сочетанных разрывов передней крестообразной связки (ПКС) коленного сустава (КС) [Автореф. дис. ... канд. мед. наук]. Новосибирск; 2005. 138 с.
 11. Christensen J.J., Krych A.J., Engasser W.M., Vanhees M.K., Collins M.S., Dahm D.L. Lateral tibial posterior slope is increased in patients with early graft failure after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 2015; 43(10):2510-2514.
 12. Giron F., Losco M., Giannini L., Buzzi R. Femoral tunnel in revision anterior cruciate ligament reconstruction. *Joints*. 2013; 1(3):126.
 13. Howell S.M., Gittins M.E., Gottlieb J.E., Traina S.M., Zoellner T.M. The relationship between the angle of the tibial tunnel in the coronal plane and loss of flexion and anterior laxity after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 2001; 29(5):567-574.
 14. Jameson S.S., Downen D., James P., Serrano-Pedraza I., Reed M.R., Deehan D. Complications following anterior cruciate ligament reconstruction in the English NHS. *Knee*. 2012; 19(1):14-19.
 15. Jepsen C.F., Lundberg-Jensen A.K., Faunoe P. Does the position of the femoral tunnel affect the laxity or clinical outcome of the anterior cruciate ligament-reconstructed knee? A clinical, prospective, randomized, double-blind study. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 2007; 23(12):1326-1333.
 16. Jonsson H., Elmqvist L.-G., Karrholm J., Tegner Y. Over-the-top or tunnel reconstruction of the anterior cruciate ligament? A prospective randomised study of 54 patients. *J Bone Joint Surg Br*. 1994; 76(1):82-87.
 17. Lee M.C., Seong S.C., Lee S., Chang C.B., Park Y.K., Jo H., et al. Vertical femoral tunnel placement results in rotational knee laxity after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 2007; 23(7):771-778.
 18. Loh J.C., Fukuda Y., Tsuda E., Steadman R.J., Fu F.H., Woo S.L. Knee stability and graft function following anterior cruciate ligament reconstruction: Comparison between 11 o'clock and 10 o'clock femoral tunnel placement. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 2003; 19(3):297-304.
 19. Lyman S., Koulouvaris P., Sherman S., Do H., Mandl L.A., Marx R.G. Epidemiology of anterior cruciate ligament reconstruction. *J Bone Joint Surg*. 2009; 91(10):2321-2328.
 20. Pascual-Garrido C., Swanson B.L., Swanson K.E. Transtibial versus low anteromedial portal drilling for anterior cruciate ligament reconstruction: a radiographic study of femoral tunnel position. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2013; 21(4):846-850.
 21. Ramme A.J., Wright R.W., Brophy R.H., McCarty E.C., Vidal A.R., Parker R.D. et al. Variability in ACL tunnel placement observational clinical study of surgeon ACL tunnel variability. *Am J Sports Med*. 2013; 41(6):1265-1273.
 22. Romano V.M., Graf B.K., Keene J.S., Lange R.H. Anterior cruciate ligament reconstruction The effect of tibial tunnel placement on range of motion. *Am J Sports Med*. 1993; 21(3):415-418.
 23. Scopp J.M., Jasper L.E., Belkoff S.M., Moorman C.T. The effect of oblique femoral tunnel placement on rotational constraint of the knee reconstructed using patellar tendon autografts. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 2004; 20(3):294-299.
 24. Simmons R., Howell S.M., Hull M.L. Effect of the angle of the femoral and tibial tunnels in the coronal plane and incremental excision of the posterior cruciate ligament on tension of an anterior cruciate ligament graft: an in vitro study. *J Bone Joint Surg*. 2003; 85(6):1018-1029.
 25. Sommer C., Friederich N.F., Müller W. Improperly placed anterior cruciate ligament grafts: correlation between radiological parameters and clinical results. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2000; 8(4):207-213.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Королёв Андрей Вадимович – д-р мед. наук профессор кафедры травматологии и ортопедии ГБОУ ВПО «Российский университет дружбы народов», главный врач Европейской клиники спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO)

Магнитская Нина Евгеньевна – аспирант кафедры травматологии, ортопедии и артрологии ГБОУ ВПО «Российский университет дружбы народов», ортопед-травматолог Европейской клиники спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO)

Рязанцев Михаил Сергеевич – аспирант кафедры травматологии, ортопедии и артрологии ГБОУ ВПО «Российский университет дружбы народов», ортопед-травматолог Европейской клиники спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO)

Пиллпсон Жанна Юрьевна – студентка 6-го курса Московского государственного медико-стоматологического университета им. А.И. Евдокимова

Хасаниши Мансур Минасхатович – канд. мед. наук ортопед-травматолог Европейской клиники спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO)

Ильин Дмитрий Олегович – канд. мед. наук ортопед-травматолог Европейской клиники спортивной травматологии и ортопедии (ECSTO)

CORRELATION BETWEEN TUNNEL POSITION ACCORDING TO RADIOLOGICAL DATA AFTER ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT RECONSTRUCTION, SURGEON'S TUNNEL ESTIMATION DURING SURGERY AND ANTHROPOMETRIC CHARACTERISTICS OF THE PATIENT

A.V. Korolev^{1,2}, N.E. Magnitskaya^{1,2}, M.S. Ryazantsev^{1,2}, Z.Yu. Pilipson³, M.M. Khashanshin¹, D.O. Il'yin¹

¹ ECSTO, European Clinic of Sports Traumatology and Orthopaedics (ECSTO), Orlovsky per., 7, Moscow, Russia, 129110

² Peoples Friendship University of Russia, Miklukho-Maklaya ul., 6, Moscow, Russia, 117198

³ Moscow State University of Medicine and Stomatology, Delegatskaya ul., 20/1, Moscow, Russia, 127473

Abstract

Purpose – to assess the correlation between tunnel position according to radiological data after ACL reconstruction and surgeon's estimation during surgery.

Material and methods. The study included 86 patients who underwent primary ACL reconstruction with the same surgeon and surgical technique in European Clinic of Sports Traumatology and Orthopedics between 2013 and 2015. In all cases hamstring autograft was used and patients received coronal and sagittal radiographs on the first day after surgery. Surgical data on tunnel position were obtained directly from the OR as dictated by the performing surgeon and fixed in the special registry. Radiological data were exported to eFilm, Merge Healthcare software for graphical analysis.

Results. The study group included 54 male and 32 female patients, mean age 35.2±1.13, range from 17 to 56 years. Analysis of surgical data showed the median femoral tunnel angle on coronal plane to be 45° (IQR 45-60°), angle which occurred most often was 45°, median tibial tunnel angle on coronal plane appeared to be 30° (IQR 30-35°), angle which occurred most often was 30°. According to radiological coronal plane data median femoral tunnel angle accounted 32° (IQR 28-36°), angle which occurred most often was 35°, while median tibial tunnel angle accounted 20° (IQR 17-25°) angle which occurred most often was 19°.

Coronal plane mean tibial plateau width was 90.2±1.1 mm with tibial tunnel center located on the 48.55% from the medial side. Sagittal plane mean tibial plateau depth was 53.8±0.6 mm with tibial tunnel center located on the 43.95% from the ventral side. Median tibial plateau posterior slope on the sagittal plane accounted 8° (IQR 6–9°).


Conclusion. Tunnel placement during arthroscopic ACL reconstruction could hardly be standardized. Anthropometric differences between patients can lead to different bone tunnel positions even if the procedure is performed by the same surgeon and surgical technique.

Key words: anterior cruciate ligament reconstruction, femoral tunnel, tibia tunnel, tibial plateau posterior slope, tunnel position.

Conflict of interest: none.

References

1. Aksenov SY. Analiz otdalennykh rezul'tatov plastiki perednej krestobraznoy svyazki autotransplantatami iz suhozhielij podkolennykh sgbatelej i svyazki nadkolennika [Long-term outcomes analysis among patients with primary ACL reconstruction with hamstring and BTB autografts with different types of fixation]. [Dr. med. sci. diss. abstract]. Moscow; 2014. 146 p.
2. Golovaha ML, Shiska IV, Banit OV, Krasnoperov SN, Shabus R, Orljanskij V. [Influence of the sagittal tibial plateau slope on the risk of anterior cruciate ligament injury]. *Vestnik travmatologii, ortopedii i protezirovaniya*. [Ukrainian Journal of Orthopaedics Traumatology and Arthroplasty]. 2011; 2: 34.
3. Zaremuk AM, Lisitsyn MP, Tkachenko EA, Buhar' SV, Gorevich II. [Revision anterior cruciate ligament surgery: failure and autograft rerupture]. *Endoskopicheskaya khirurgiya* [Endoscopic surgery]. 2011; 17: 34-37.
4. Karaseva TY, Karasev EA. [Arthroscopic technologies in knee instability treatment]. *Zhurnal klinicheskoy i eksperimental'noy ortopedii im. G.A. Ilizarova* [Ilizarov Journal of Clinical and Experimental Orthopaedics]. 2013; (4); 38-43.
5. Korolev AV, Zagorodniy NV, Gnelitsa NN, Fedoruk GV, Ahpashev AA. Artrioskopicheskaya rekonstruktsiya perednej krestobraznoy svyazki autotransplantatom iz svyazki nadkolennika [Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon autograft]. Clinical guidelines. Moscow: Science; 2004. 63 p.

 **Cite as:** Korolev AV, Magnitskaya NE, Ryazantsev MS, Pilipson ZYu, Khashanshin MM, Il'yin DO. [Correlation between tunnel position according to radiological data after anterior cruciate ligament reconstruction, surgeon's tunnel estimation during surgery and anthropometric characteristics of the patient]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii*. 2016; (1): 85-95. [in Russian]

 *Magnitskaya Nina E.* Orlovsky per., 7, Moscow, Russia, 129110; e-mail: magnitskaya.nina@gmail.com

 Received: 28.01.2016; Accepted for publication: 09.03.2016

6. Lazishvili GD. Operativnoe lechenie povrezhdeniy svyazочно-kapsul'nogo apparata kolennogo sustava [Surgical treatment of capsular-ligament knee injuries]. [Dis.]. [Moscow]; 2005; 166.
7. Lisicyн MP. Artroskopicheskaja rekonstrukcija povrezhdenij perednej krestoobraznoj svyazki kolennogo sustava s ispol'zovaniem komp'yuternoj navigacii i perspektivy ee morfo-funkcional'nogo vosstanovlenija. [Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction using computer navigation and prospects of its morphological and functional recovery]. [Cand. med. sci. diss. abstract]. Moscow; 2012. 22 p.
8. Mironov SP, Lisicyн MP. [Incorrect graft placement during arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction of the knee joint]. *Vestnik traumatologii i ortopedii im. Priorova* [Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics]. 2011; (1): 89-94.
9. Serebryak T.V. Artroskopicheskaja rekonstruktsiya perednej krestoobraznoj svyazki s ispol'zovaniem razlichnykh suhozhil'nykh transplantatov [Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction using various tendon grafts]. [Cand. med. sci. diss. abstract]. Moscow; 2012. 24 p.
10. Fomenko SM. Artroskopicheskoe lechenie sochetannykh razryvov perednej krestoobraznoj svyazki (PKS) kolennogo sustava (KS) [Arthroscopic treatment of complex anterior cruciate ligament (ACL) ruptures of the knee joint (KJ)]. [Cand. med. sci. diss. abstract]. Novosibirsk; 2005. 22 p.
11. Christensen JJ, Krych AJ, Engasser WM, Vanhees MK, Collins MS, Dahm DL. Lateral tibial posterior slope is increased in patients with early graft failure after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2015; 43(10):2510-2514.
12. Giron F, Losco M, Giannini L, Buzzi R. Femoral tunnel in revision anterior cruciate ligament reconstruction. *Joints.* 2013; 1(3):126.
13. Howell SM, Gittins ME, Gottlieb JE, Traina SM, Zoellner TM. The relationship between the angle of the tibial tunnel in the coronal plane and loss of flexion and anterior laxity after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2001; 29(5):567-574.
14. Jameson SS, Downen D, James P, Serrano-Pedraza I, Reed MR, Deehan D. Complications following anterior cruciate ligament reconstruction in the English NHS. *Knee.* 2012; 19(1):14-19.
15. Jepsen CF, Lundberg-Jensen AK, Faunoe P. Does the position of the femoral tunnel affect the laxity or clinical outcome of the anterior cruciate ligament-reconstructed knee? A clinical, prospective, randomized, double-blind study. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2007; 23(12):1326-1333.
16. Jonsson H, Elmqvist L-G, Karrholm J, Tegner Y. Over-the-top or tunnel reconstruction of the anterior cruciate ligament? A prospective randomised study of 54 patients. *J Bone Joint Surg Br.* 1994; 76(1):82-87.
17. Lee MC, Seong SC, Lee S, Chang CB, Park YK, Jo H, et al. Vertical femoral tunnel placement results in rotational knee laxity after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2007; 23(7):771-778.
18. Loh JC, Fukuda Y, Tsuda E, Steadman RJ, Fu FH, Woo SL. Knee stability and graft function following anterior cruciate ligament reconstruction: Comparison between 11 o'clock and 10 o'clock femoral tunnel placement. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2003; 19(3):297-304.
19. Lyman S, Koulouvaris P, Sherman S, Do H, Mandl LA, Marx RG. Epidemiology of anterior cruciate ligament reconstruction. *J Bone Joint Surg.* 2009; 91(10): 2321-2328.
20. Pascual-Garrido C, Swanson BL, Swanson KE. Transtibial versus low anteromedial portal drilling for anterior cruciate ligament reconstruction: a radiographic study of femoral tunnel position. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013; 21(4):846-850.
21. Ramme AJ, Wright RW, Brophy RH, McCarty EC, Vidal AR, Parker RD, et al. Variability in ACL tunnel placement observational clinical study of surgeon ACL tunnel variability. *Am J Sports Med.* 2013; 41(6):1265-1273.
22. Romano VM, Graf BK, Keene JS, Lange RH. Anterior cruciate ligament reconstruction The effect of tibial tunnel placement on range of motion. *Am J Sports Med.* 1993; 21(3):415-418.
23. Scopp JM, Jasper LE, Belkoff SM, Moorman CT. The effect of oblique femoral tunnel placement on rotational constraint of the knee reconstructed using patellar tendon autografts. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2004; 20(3):294-299.
24. Simmons R, Howell SM, Hull ML. Effect of the angle of the femoral and tibial tunnels in the coronal plane and incremental excision of the posterior cruciate ligament on tension of an anterior cruciate ligament graft: an in vitro study. *J Bone Joint Surg.* 2003; 85(6):1018-1029.
25. Sommer C, Friederich NF, Müller W. Improperly placed anterior cruciate ligament grafts: correlation between radiological parameters and clinical results. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2000; 8(4):207-213.

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Korolev Andrey V. – professor of department of traumatology and orthopaedics, Peoples Friendship University of Russia; chief doctor, medical director of European Clinic of Sports Traumatology and Orthopaedics (ECSTO)

Magnitskaya Nina E. – postgraduate student, department of traumatology, orthopaedics, Peoples Friendship University of Russia

Ryazantsev Mikhail S. – postgraduate student, department of traumatology, orthopaedics and arthrology, Peoples Friendship University of Russia

Pilipson Zhanna Yu. – sixth-year student of Moscow State University of Medicine and Stomatology

Khasanshin Mansur M. – orthopaedics trauma surgeon of European Clinic of Sports Traumatology and Orthopaedics (ECSTO)

Ilyin Dmitriy O. – orthopaedics trauma surgeon of European Clinic of Sports Traumatology and Orthopaedics (ECSTO)