

К ИСТОРИИ ОПЕРАТИВНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ КРЕСТООБРАЗНЫХ СВЯЗОК КОЛЕННОГО СУСТАВА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

R. Letsch, J. Schmidt, A. Domagk, O.A. Каплунов

Humboldt-Klinikum der Vivantes GmbH, Berlin, Deutschland
Helios Klinikum Berlin-Buch, Berlin, Deutschland
Carl-Thiem-Klinikum gGmbH, Cottbus, Deutschland
 Ортопедический центр МУЗ «Городская клиническая больница № 3»,
 главный врач – засл. врач РФ, к.м.н. Ю.А. Галишиников
 г. Волгоград

Первые сведения по анатомии и биомеханике. Со времен С. Galen крестообразные связки (КС) известны как структура, стабилизирующая коленный сустав [34]. После его смерти эти исследования в Европе были забыты, но продолжались в арабской медицине [79]. Только к началу XIX столетия в Европе вновь обратились к этим исследованиям. Братья Weber из Геттингена при препарировании коленных суставов трупов выявили патологическую переднезаднюю подвижность голени после пересечения передней КС. Они пытались описать механизм сгибания/качения коленного сустава и поведение при этом различных порций передней и задней КС [101].

В англосаксонской литературе упоминается J. Stark, впервые описавший повреждение КС [98]. Это не вполне корректно, так как пятью годами ранее A. Bonnet в первом издании своего учебника «Заболевания сочленений» изложил картину повреждения КС и сопутствующего кровоизлияния в сустав, а также постулировал более частое возникновение подобной травмы, чем считалось [12].

Рассматриваемое как современное достижение раннее функциональное лечение, или послеоперационная мобилизация конечностей, в действительности не так ново. Уже более 130 лет известно, что факт длительного обездвиживания вредит суставам. A. Menzel, ассистент клиники Billroth (Вена, Австрия), в экспериментах на собаках и кроликах выявил, что при гипсовой иммобилизации конечностей у животных наступали ранние изменения хряща, определяемые макро- и микроскопически [72].

G. Noulis впервые упомянул симптом «переднего выдвигающего ящика» при умеренно согнутом коленном суставе (сегодня это известно как тест Lachman). В Сорбонском университете он исследовал КС в диссертационной работе и описал при этом антеросублюксацию голени после повреждения передней КС вблизи места прикрепления [78].

Французский хирург и гинеколог P.F. Segond дал первое точное описание состояния и симптомов повреждения КС [94]:

- сильная боль в суставе;
- часто слышимый щелкающий шум в нем;
- быстрый отек и выпот в сустав;
- при клиническом исследовании избыточная переднезадняя подвижность голени.

J. Hoenigschmied (Клагенфурт, Германия) провел эксперимент по разрыву КС на 1893 трупных препаратах и установил, что передняя КС подвержена разрывам как при насильственном форсированном сгибании, так и при гиперэкстензии голени, причем в большинстве случаев с отрывом фрагмента межмышечкового возвышения большеберцовой кости [44].

К вопросу о хирургии КС: первые попытки пластики. Первая работа о шве КС была опубликована W.H. Battle в 1900 г. [7]. Однако A.W. Mayo Robson [71] сообщил об успешном случае сшивания разрыва передней и задней КС восьмилетней давности у травмированного горнорабочего, осуществленного на 5 лет ранее W.H. Battle. Отдаленный результат характеризовался стабильным коленным суставом со свободной его подвижностью и сохранной силой мышц бедра [80].

В немецкоязычной литературе первое сообщение о шве КС принадлежит Pagenstecher [80], который во время боевых действий на Эльбе произвел шов КС у двух раненых. У одного из них результат шва задней и передней КС был хорошим, у второго после шва передней КС развилась тугоподвижность коленного сустава [78].

F. Lange [57] на конгрессе ортопедов в Мюнхене впервые сообщил об использовании искусственных связок из шелка. К тому времени он успешно возместил шелковой лентой поврежденные коллатеральные связки коленного сустава у 4 пациентов. Тремя годами позже M. Herz [40] сообщил о собственном опыте операций с искусственными связками из шелка, которые, к сожалению, закончились отрицательно. Он резюмировал: «Шелковые связки были слишком красивой идеей. Попытки каким-то образом предвосхитить природу потерпели неудачу». F. Lange

на следующий год сообщил о положительном опыте работы со связками из шелка при паралитически разболтанном коленном суставе [58].

Д.Н. Pringle из Глазго в 1907 г. впервые успешно произвел реинсерцию передней КС при отрыве ее с костным фрагментом от межмышечкового возвышения большеберцовой кости, а также шов передней КС, поврежденной вблизи прикрепления к мыщелку бедра. Он рекомендовал исследование коленного сустава под общим наркозом, а также изучил на коленных суставах трупов механизм повреждения связок, описав его весьма близко к современным представлениям об этом процессе [84].

Первую обзорную статью о хирургии поврежденных КС опубликовал Н. Goetjes (Кельн) в 1913 г., упомянув в ней известные к тому времени в литературе 23 случая оперативного лечения и добавив 7 собственных наблюдений. Он установил, что изолированные повреждения КС, безусловно, возможны, и рекомендовал при всех свежих и старых разрывах с верифицированным диагнозом активную хирургическую тактику [36].

Тем не менее, повреждения КС рассматривались в те годы как абсолютная редкость. Так, Puerckhauer (Мюнхен) писал «... разрыв Ligamenta cruciata принадлежит к редчайшим повреждениям коленного сустава» [85].

Первая публикация случая возмещения КС проволокой принадлежит Е.М. Corner (Лондон). Он возмещал переднюю КС двумя чрескостно проведенными серебряными петлями проволоки и достиг кратковременного успеха. При ревизии обе проволоки оказались сломанными [22].

В своей работе о разрывах и отрывных переломах КС R. Jones и S.A. Smith описали тест Lachman и Pivot Shift, но при этом авторы не рекомендовали безотлагательно оперировать разрыв КС [52].

В дальнейшем путь оперативного лечения был ориентирован на пластику КС собственными (ауто)материалами. Так, E.W. Hey-Groves (Бристоль) в 1917 г. сообщил о реконструкции связок лоскутом широкой фасции бедра [41]. В том же году D. Hoelzel опубликовал опыт аутопластики связок с помощью тканей поврежденного внешнего мениска [43], а годом позже Matti (Берн) описал возмещение разорванной передней КС свободным фасциальным трансплантатом [70].

Также в 1918 г. появилась публикация S.A. Smith (Кардиф), в которой он описал аутопластику КС иссеченным из Fascia lata лоскутом с фиксацией в двух костных каналах с хорошим исходом, а также неудачную попытку возместить переднюю КС шелковыми нитями, закончившаяся гнойным артритом [97].

В 1920 г. E.W. Hey-Groves сообщил о 14 пациентах, успешно оперированных с использованием лоскута широкой фасции бедра. При этом он настоятельно рекомендовал замечательный для того времени технический прием – располагать отверстие для связки на бедре в зоне межмышечковой ямки и раззенковывать края отверстий костных каналов. В этой работе имелся также сделанный по рентгенограммам рисунок, демонстрировавший переднюю сублюксацию голени при разрыве передней КС. Отметим, что это была первая рентгенологическая иллюстрация «переднего выдвигающего ящика», соответствовавшая современной радиологической диагностике теста Lachman [42].

К. Ludloff из Франкфурта впервые применил комплексный пластический материал из шелка и аутотрансплантатов [64]. Он обвил лоскут широкой фасции бедра размером 15 x 8 см длинной толстой шелковой нитью, получив таким образом цилиндрический трансплантат. Применив двухканальную технику, автор рассчитывал на изометрическое возмещение КС.

Н. Coenen (Мюнстер) в 1931 г. впервые осуществил шов и одновременно реконструкцию передней и задней КС с помощью толстых шелковых лент. Он назвал свой прием «ставропластикой», и через год результат был клинически очень хорошим [19].

В 1932 г. M. Lange (Мюнхен) сообщил о продолжении им работ по применению шелка в пластике передней КС. Он впервые указал на функцию чужеродного материала как остова для регенерации собственной ткани: «...Шелк дает только первичную стабильность после операции и служит в основном для того, чтобы побудить образование собственных тканей связки. Шелк, чуждый телу пластический материал, является «питательной средой» для подобных тканей. Они плотно окружают шелк и под влиянием функции станут новой эффективной структурой, гарантирующей долговременный успех операции» [59]. Однако он не подтвердил свои высказывания экспериментальными исследованиями.

Е. Bircher (Аару) в 1933 г. сообщил о первых опытах с ксеноматериалом, использовав сухожилия кенгуру для возмещения КС и описав при этом хорошие результаты. Он отказался от общепринятого в те годы длительного обездвиживания конечности и рекомендовал раннюю мобилизацию коленного сустава [9]. В англосаксонской литературе F.J. Cotton и G.M. Morrison сообщали о возмещении КС шелком, что закончилось плохими результатами [23].

В последующие годы были опубликованы многочисленные сообщения о пластическом воз-

мещении КС трупными тканями, в которых различные алломатериалы (крестообразные связки, фрагменты сухожилий, фасций) находили применение в тех или иных операциях [13, 24, 29, 73, 107]. В последние десятилетия по мере накопления сведений о биосовместимости тканей и открытии неизвестных ранее вирусов хирурги стали отказываться от этих видов пластики в связи с высоким риском инфекционных и трансплантационных осложнений [15].

В 1938 г. I. Palmer (Стокгольм) защитил диссертацию по повреждению связок коленного сустава с весьма точными исследованиями анатомии, биомеханики и патологии [81]. Тремя годами позже появилось самое точное к тому времени описание биомеханики коленного сустава, авторами которого были D.C. Brantigan и A.F. Voshell [14]. Обе названные работы явились теоретической базой для развития техники шва и пластики КС в 40 – 60 гг. XX столетия. В течение этих лет применение синтетических материалов не играло существенной роли.

Возмещение КС синтетическими материалами. С развитием производства искусственных материалов открылись новые возможности пластической хирургии связок. Это началось в 60 годы XX века с пластики КС синтетическими тканями у собак [27, 37, 51]. Впервые имплантация синтетических материалов человеку упомянута З.С. Мироновой (Москва), которая с 1961 г. использовала лавсан (лента из полиэфира) для восстановления связочного аппарата коленного сустава у 262 пациентов и достигла при этом 91% хороших и удовлетворительных результатов [74].

Начиная с середины 70-х годов интерес хирургов к пластике синтетическими тканями претерпел настоящий «взрыв». Это произошло после того, как FDA (орган надзора США за веществами и наркотиками) допустил использование таких материалов при определенных условиях (т.н. Salvage Cases). С 1973 г. с этой целью стали применяться ленты из пропласта (Proplast®, Vitek-Incorp), а с 1975 г. – из полифлекса (Polyflex®, Richards Manufacturing Comp.) [47]. Пластика названными материалами не приводила к клиническим хорошим результатам. Большая часть связок подвергалась разрывам либо вызывала состояния раздражения сустава, что обуславливало необходимость их удаления. Экспериментальные данные также демонстрировали механическую дефектность материалов в отношении растяжимости и прочности на разрыв [38].

В 1977 г. появилось первое сообщение о применении углепластиковых волокон, с 1971 г. – в эксперименте, а с 1973 г. они были использованы в клинике для возмещения сухожилий [48]. На

год позже вышла первая публикация о пластике КС лентой из волокон углерода [30, 49]. В Германии пионерами этого направления были хирурги С. Burri и L. Claes [15, 17, 77, 106], которые с 1978 г. экспериментально и клинически исследовали возможность использования углепластиковых волокон при восстановлении связок различных сочленений. После первоначальных сообщений об успехах при клиническом применении в этом материале обнаружили ряд недостатков. Хотя волокна и обладали отличной устойчивостью к растяжению, тем не менее, вследствие хрупкости они довольно скоро ломались при переменной нагрузке на изгиб. При этом частицы волокон, находясь свободно в полости сустава, откладывались в синовии («черное колено») и мигрировали вплоть до региональных лимфатических узлов [82, 89]. Ни предсказанная функция «шины» для направленного вставания устойчивой к нагрузке соединительной ткани при возмещении КС, ни ожидаемое костное «вмонтирование» в просверливаемых для крепления каналов не наблюдались [68, 89]. В целом недостатки углепластиковых волокон, несмотря на комбинацию с биологическим материалом – широкой фасцией бедра либо твердой мозговой оболочкой [18, 69] и на покрытие поглощаемыми полимерами [99, 103], были так велики, что материал был изъят с немецкого рынка.

В 1975 г. J.C. Kennedy впервые сообщил об имплантации ленты из полипропилена (Kennedy-LAD®, 3M Company) для восстановления порванной передней КС [54]. С 1980 г. публиковались его новые сообщения [8, 31, 55, 88]. С 1976 г. он использовал эту единственную допущенную FDA к применению ленту для усиления аутотрансплантата из собственной связки надколенника и показал хорошие результаты в нескольких клинических наблюдениях [91]. Было важно, что синтетическая лента крепилась к кости только проксимально, дистально же она нашивалась на сухожилие с целью распределения нагрузки. Все сообщения подтверждали хорошую биосовместимость. В Европе лента фирмы Kennedy-LAD® использовалась также для армирования сухожилия полусухожильной мышцы [56, 87] и порции собственной связки надколенника [33], причем поначалу в сообщениях упоминались хорошие результаты. Однако при среднесрочной оценке был установлен неприемлемо высокий процент разрывов ленты [53]. В этой связи ее производство было прекращено.

В 1980 г. была разработана лента Leeds-Keio® (Howmedica Ltd.), получившая название от английского города Лидса и японского Кейо. Речь идет о грубоволокнистой ленте из полиэфира, сотканной частично из трубчатых, частично из

плоских волокон. Первые клинические испытания ее начались в Японии в 1982 г. и на год позже – в Великобритании. К 1988 г. были прооперированы примерно 24000 пациентов. Фиксацию ленты проводили костным блоком, что вело к прорастанию ленты остеонами и со временем – к прочной остеоинкорпорации. Предполагалось, что ячейки ленты должны были служить остовом для врастания соединительной ткани, которая трансформировалась бы под действием нагрузок и образовывала таким образом «неолигаментум». Первоначально сообщения о результатах были противоречивыми [4, 32, 50, 66], отдаленные исходы оказались отрицательными [25, 93].

После многолетнего применения в ангиопротезировании политетрафлуороэтилен (Gore-Tex[®], фирмы W.F. Gore & Assoc.) в плетеной форме стал также использоваться как протез КС. В этом качестве он показал наибольшую начальную прочность среди всех искусственных материалов. Первые сообщения по его применению были опубликованы в 1983 г. [11]. После первоначальных сообщений об успехах [1, 6] при более долгосрочном наблюдении разрывы связок нарастали [83, 101]. Кроме того, отмечался высокий процент синовитов [28, 83]. Лента Gore-Tex – это единственная искусственная лента, использование которой подтверждает костное прорастание в каналах фиксации [102]. Часто наблюдавшиеся ее разрывы вопреки теоретически большой долговечности можно объяснить химическим изменением ленты вследствие вымывания из нее молекул фтора. Эта лента для пластики КС в настоящее время также не производится.

Другой конструктивный принцип был заложен при разработке ленты Dacron (фирма Stryker Meadox). Первоначально использовавшийся материал для восстановления травмированного акромиально-ключичного сочленения [39] и для пластики сухожилий [90] состоял из четырех сплетенных волокон из Dacron[®], обтянутых велюром, также сотканым из Dacron[®]. Предполагалось, что наружный слой обеспечит прорастание связки костью. Кроме того, различная эластичность остова и покрова ленты должна была обеспечить материалу модуль эластичности, близкий свойственному для КС. Однако разработанная фактура материала оказалась ошибочной, так как лишь внешний его слой фиксировался в костном ложе, центральные же волокна протеза оставались подвижными [3]. После первоначальных, весьма положительных краткосрочных наблюдений [35, 65], более долгосрочные исследования показали прогрессирующее ухудшение клинических результатов с высоким процентом нестабильности оперированного сустава [25, 68].

С 1980 г. началось клиническое применение ленты из полиэтилентерфталата (Trevira[®], фир-

ма Telos) [76], которая за несколько лет до имплантации в коленный сустав была успешно использована для задней стабилизации сегментов шейного отдела позвоночника. В сотрудничестве с фирмой Hoechst специально для пластики связок коленного сустава была разработана лента шириной 5 – 8 мм и толщиной 1 мм. В опыте на животных после полугодовой имплантации лента показала вполне удовлетворительные результаты [20]. Рекомендованная при хронической нестабильности коленного сустава [61, 75, 104], а также для армирования частично сохранных связок [60] лента показала в эксперименте и при относительно коротких сроках клинического наблюдения хорошие результаты [62, 95]. Она и сегодня еще предлагается к продаже фирмой-производителем.

В 1984 г. С. Mansat [67] на базе фирмы Protek разработал практически аналогичную ленту из полиэтилентерфталата (Proflex[®]), которую с 1985 г. начал использовать в клинике. Выяснилось, что лента в предложенной форме была слишком эластична. Поэтому автор ее модифицировал путем добавления внешней износостойкой оболочки. В результате лента приобрела модуль эластичности, соответствовавший таковому у естественных связок. Первые краткосрочные клинические результаты обнаружили превосходство этой ленты по сравнению с другими синтетическими аналогами [50], однако более поздние наблюдения, как и при применении ранее упоминавшихся материалов, выявили многочисленные разрывы.

Использование рассасывающихся материалов в технике хирургического шва началось сравнительно давно. Преимущественно использовались полимер полигликолевой кислоты Dexon[®] и полилактин с торговым названием Vicryl[®]. В дальнейшем для этих целей был представлен значительно медленнее поглощаемый материал полидиоксанон (ПДС) [46]. С 1982 г. в виде шпагата и ленты материал предназначался соответственно для усиления швов КС и для их пластики [10, 26]. Сравнительные клинические и экспериментальные испытания ПДС не обнаружили значимого улучшения результатов при его использовании [45, 86]. Период полурассасывания и потери прочности материала на разрыв оказался столь коротким, что эффективная защита аутопластики КС с армированием лентой ПДС во время критической фазы перестройки собственных тканей ставилась под сомнение [92, 96].

Заключение

История хирургии КС сравнительно молода и в связи с современным распространением массового спорта и экстремального проведения досуга имеет растущее медицинское и социальное значение. Высокий стандарт современной хирур-

гии связок является результатом продолжительного и временами спорного поиска верных решений. Одним из путей стабилизации травмированного коленного сустава была попытка заменять порванные КС синтетическими материалами. Сегодня он рассматривается как потерпевший фиаско, так как после фазы обнадеживающих сообщений о непосредственных и краткосрочных результатах отдаленные исходы почти во всех случаях удручали: искусственные связки рвались либо существенно растягивались, вызывали реакции отторжения, не оправдав надежд на роль кондуктора для врастания собственных тканей. В этой связи практически все синтетические материалы исчезли с рынка медицинской продукции. Сегодня их применение уместно лишь в качестве механической поддержки биологической операции на КС (защита шва, армировка аутопластики и т.д.).

С начала прошлого столетия на основе более точных анатомических и биомеханических данных предпринимались попытки оперативного восстановления целостности КС и тем самым – стабильности коленного сустава. Наряду со швом связок, довольно быстро возникла идея заменять поврежденную структуру ксено- или аллотканью, а также искусственными материалами. Все попытки, за исключением единичных случаев, не удавались. Лишь в 70-е годы XX столетия интерес к возмещению связок снова возрос, т.к. к этому времени показали хорошие результаты аутотрансплантаты (например, сухожилие полусухожильной мышцы), и одновременно на рынке искусственных материалов появились синтетические ткани, позволившие надеяться на лучшие долгосрочные исходы при их применении. Однако ожидания не оправдались. При использовании вариантов искусственных КС достоверно хороших длительных и даже среднесрочных результатов достигнуто не было. Напротив, часто наблюдались их разрывы, нестабильность из-за проблем крепления и реакции несовместимости, в связи с чем немалая часть протезов подлежала удалению.

К настоящему моменту эра возмещения КС синтетическими тканями может рассматриваться как исчерпавшая себя, и данная работа имеет целью критический обзор развития хирургии КС с акцентированием внимания на пластике синтетическими тканями.

Литература

- Ahlfeld, S.K. Anterior cruciate reconstruction in the chronically unstable knee using an expanded polytetrafluoroethylene (PTFE) prosthetic ligament / S.K. Ahlfeld, R.L. Larson, H.R. Collins // *Amer. J. Sports Med.* – 1987. – Vol. 15. – P. 326–330.
- Andersen, H.N. Reconstruction of chronic insufficient anterior cruciate ligament in the knee using a synthetic dacron prosthesis / H.N. Andersen, C. Braun, P.E. Sonder Gard-Petersen // *Amer. J. Sports Med.* – 1992. – Vol. 20. – P. 20–23.
- Ascherl, R. Integration und Einheilung von Kreuzbandprothesen – experimentelle Untersuchungen / R. Ascherl [et al.] // *Berichtsband DVM/AO Deutscher Verband fuer Materialforschung und -pruefung, Tagung 11.* – Berlin, 1991. – S. 111–118.
- Baldovin, M. La ricostruzione dei legamenti crociati del ginocchio con il legamento artificiale Leeds – Keyo / M. Baldovin [et al.] // *Minerva Ortop. Traumatol.* – 1989. – Vol. 40. – P. 557–536.
- Barrett, G.R. The Dacron ligament prosthesis in anterior cruciate ligament reconstruction / G.R. Barrett [et al.] // *Amer. J. Sports Med.* – 1993. – Vol. 21. – P. 367–373.
- Bartsch, H. Erste Ergebnisse der Implantation des Polytetrafluoraethylen-Prothesenbandes / H. Bartsch, M. Stelter, K. Zak // *Orthop. Prax.* – 1986. – H. 5. – S. 341–345.
- Battle, W.H. A case after open section of the knee joint for irreducible traumatic dislocation / W. H. Battle // *Clin. Soc. London Trans.* – 1900. – Vol. 33. – P. 232–233.
- Bernett, P. Die Versorgung der frischen und der veralteten Kreuzbandruptur mit kombiniertem autologem und alloplastisch verstaerktem Sehnen-transplantat (Polypropylen-Band) / P. Bernett, H. Seeske, C. Feldmeier // *Unfallchirurgie.* – 1985. – Bd. 11. – S. 251–258.
- Bircher, E. Ueber Binnenverletzungen des Kniegelenkes / E. Bircher // *Arch. Klin. Chir.* – 1933. – Bd. 177. – S. 290–359.
- Blauth, W. Gedanken zur Kreuzbandrekonstruktion unter besonderer Beruecksichtigung von synthetischem Ersatzmaterial / W. Blauth, J. Hassenpflug // *Unfallchirurg.* – 1985. – Bd. 88. – S. 118–125.
- Bolton, W. Mechanische Eigenschaften des gereckten GORE-TEX-Polytetrafluoraethylen-(PTFE-) Prothesen-Bandes / W. Bolton, B. Bruchman // *Alloplastischer Bandersatz. Aktuelle Probleme in Chirurgie und Orthopaedie* – 1983. – Bd. 25. – S. 42–48.
- Bonnet, A. Traite des maladies des articulations / A. Bonnet. – Paris, 1845. – Vol. I, II, avec atlas.
- Bosworth, D.M. Use of fascia lata to stabilize the knee in cases of ruptured crucial ligaments / D.M. Bosworth, B.M. Bosworth // *J. Bone Joint Surg.* – 1936. – Vol. 18-A. – P. 178–179.
- Brantigan, D.C. The mechanics of the ligaments and menisci of the knee joint / D.C. Brantigan, A.F. Voshell // *J. Bone Joint Surg.* – 1941. – Vol. 23. – P. 44–66.
- Burri, C. Grundlagen des Kniebandersatzes durch Kohlenstoff / C. Burri // *Unfallheilkunde.* – 1980. – Bd. 83. – S. 208–213.
- Campbell, W.C. Repair of the ligaments of the knee / W.C. Campbell // *Surg. Gynecol. Obstet.* – 1936. – Vol. 52. – P. 964–968.
- Claes, L. Biomechanische Untersuchungen zum alloplastischen Ersatz von Baendern mit elastischen Kohlenstofffaser-Bandprothesen / L. Claes [et al.] // *Rheumamed.* – 1981. – Bd. 3. – S. 63–64.
- Claes, L. In vivo and in vitro investigation of the long-

- term behaviour and fatigue strength of carbon fiber ligament replacement / L. Claes, R. Neugebauer // *Clin. Orthop.* — 1985. — N 196. — P. 99–111.
19. Coenen, H. Zur Seidenplastik an den Fingersehnen und Gelenken (Tendinoplastik, Stavroplastik, Desmoplastik) / H. Coenen // *Dtsch. Z. Chir.* — 1931. — Bd. 234. — S. 699–709.
 20. Contzen, H. Materialtechnische Voraussetzungen und biologische Grundlagen fuer den alloplastischen Kniebandersatz / H. Contzen // *Unfallchirurgie.* — 1985. — Bd. 11. — S. 242–246.
 21. Contzen, M. Experimentelle Untersuchungen zur Rekonstruktion isolierter Bandstrukturen durch alloplastisches Bandmaterial : Inauguraldissertation / M. Contzen. — Frankfurt, 1983. — 231 s.
 22. Corner, E.M. The exploration of the knee joint: with some illustrative cases / E. M. Corner // *Brit. J. Surg.* — 1914. — Vol. 2. — P. 191–204.
 23. Cotton, F.J. Artificial ligaments at the knee / F.J. Cotton, G.M. Morrison // *New. Engl. J. Med.* — 1934. — Vol. 210. — P. 1331–1334.
 24. Cubbins, W.R. Cruciate ligaments. A resume of operative attacks and results obtained / W.R. Cubbins, J.J. Callahan, C.S. Scuderi // *Amer. J. Surg.* — 1939. — Vol. 43. — P. 481–485.
 25. Denti, M. Long-term results of the Leeds-Keio anterior cruciate ligament reconstruction / M. Denti [et al.] // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthroscopy.* — 1995. — Vol. 3. — P. 75–77.
 26. Diehl, K. Kapselbandchirurgie des Kniegelenkes mit resorbierbaren Materialien / K. Diehl, M. El-Ahmad, K. Franzl // *Z. Orthop.* — 1987. — Bd. 125. — S. 467–472.
 27. Emery, M.A. Repair of the anterior cruciate ligament with 8 mm tube Teflon in dogs / M.A. Emery, O. Rostrup // *Can. J. Surg.* — 1960. — Vol. 4. — P. 111–115.
 28. Faccini, R. Studio del liquido sinoviale in operati di protesi legamentosa tipo Gore-Tex / R. Faccini [et al.] // *Ital. J. Sports Traumatol.* — 1988. — Vol. 10. — P. 251–258.
 29. Felsenreich, F. Klinik der Kreuzbandverletzungen / F. Felsenreich // *Arch. Klin. Chir.* — 1934. — Bd. 179. — S. 375–408.
 30. Forster, I.W. Biological reaction to carbon fiber implants: the formation and structure of a carbon-induced «neotendon» / I.W. Forster [et al.] // *Clin. Orthop.* — 1978. — N 131. — P. 299–307.
 31. Fowler, P.J. Kennedy ligament augmentation device for support of tissue graft in the cruciate deficient knee / P.J. Fowler // *Orthop. Rev.* — 1985. — Vol. 14. — P. 17–25.
 32. Fujikawa, K. Clinical study of anterior cruciate ligament reconstruction with the Leeds-Keio artificial ligament / K. Fujikawa // *Prosthetic ligament reconstruction of the knee* / eds. M.J. Friedman, R.D. Ferkel. — Philadelphia, 1988. — P. 132–139.
 33. Gaechter, A. Plastik aus einem transligamentären Zugang / A. Gaechter // *Kniegelenk und Kreuzbänder.* — Berlin, 1990. — S. 393–398.
 34. Galen, C. Ueber den Gebrauch der Koerperteile / C. Galen // *Die Werke des Galen, uebersetzt und erlaeutert.* — Stuttgart, 1954. — Bd. I–V.
 35. Gillquist, J. Important factors in the use of the Dacron ligament / J. Gillquist // *Acta Orthop. Belg.* — 1987. — Vol. 53, N 3. — P. 353–355.
 36. Goetjes, H. Ueber Verletzungen der Ligamenta cruciata des Kniegelenkes / H. Goetjes // *Dtsch. Z. Chir.* — 1913. — Bd. 123. — S. 221–289.
 37. Gort, J. Teflon fabric for ligament reconstruction: an experimental study / J. Gort, O. Rostrup // *Can. J. Surg.* — 1959. — Vol. 3. — P. 75–78.
 38. Grood, E.S. Cruciate ligament prosthesis: strength, creep, and fatigue properties / E.S. Grood, F.R. Noyes // *J. Bone Joint Surg.* — 1976. — Vol. 58-A. — P. 1083–1088.
 39. Harrison, W.E. Reconstruction of acromioclavicular joint using synthetic fascia / W.E. Harrison, J. Sisler // *Proceedings AAOS Symposium on «The shoulder».* — Dallas, 1974. — P. 10–11.
 40. Herz, M. Die chirurgische Behandlung paralytischer Schlottergelenke — Seidenligamente oder Arthrodese? / M. Herz // *Munch. Med. Wschr.* — 1906. — Bd. 53. — S. 2527–2529.
 41. Hey Groves, E.W. Operation for the repair of the crucial ligaments / E.W. Hey Groves // *Lancet.* — 1917. — Vol. 2. — P. 674–675.
 42. Hey Groves, E.W. The crucial ligaments of the knee-joint: their function, rupture, and the operative treatment of the same / E.W. Hey Groves // *Brit. J. Surg.* — 1920. — Vol. 7. — P. 505–515.
 43. Hoelzel, D. Fall von Zerreissung beider Kreuzbaender des linken Kniegelenks, geheilt durch Ersatz aus dem luxierten aeusseren Meniskus / D. Hoelzel // *Munch. Med. Wschr.* — 1917. — Bd. 64. — S. 928–929.
 44. Hoenigschmied, J. Leichenexperimente ueber die Zerreissungen der Baender im Kniegelenk / J. Hoenigschmied // *Dtsch. Z. Chir.* — 1893. — Bd. 36. — S. 587–620.
 45. Holzmuehler, W. Das PDS-augmentierte Patellar-sehnentransplantat zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes am Schafsknie: Chir Forum / W. Holzmuehler [et al.] // *Langenbecks Arch. Chir.* — 1989. — Suppl. — S. 265–268.
 46. Hudson, H.C. New synthetic absorbable suture / H.C. Hudson, J.F. Glenn // *J. Urol.* — 1979. — Vol. 122. — P. 429–434.
 47. James, S.L. Cruciate ligament stents in reconstruction of the unstable knee / S.L. James [et al.] // *Clin. Orthop.* — 1979. — N 143. — P. 90–96.
 48. Jenkins, D.H.R. Induction of tendon and ligament formation by carbon implants / D.H.R. Jenkins [et al.] // *J. Bone Joint Surg.* — 1977. — Vol. 59-B. — P. 53–57.
 49. Jenkins D.H.R. The repair of cruciate ligaments with flexible carbon fibre / D.H.R. Jenkins // *J. Bone Joint Surg.* — 1978. — Vol. 60-B. — P. 520–522.
 50. Jenny, J.Y. Resultats moyen terme du remplacement du ligament croise anterieur par trois types de protheses en Dacron / J.Y. Jenny, G. Jenny, F. Daubresse // *Int. Orthop.* — 1991. — Vol. 15. — P. 23–28.
 51. Johnson F.L. Use of braided nylon as a prosthetic anterior cruciate ligament of the dog / F.L. Johnson // *J. Amer. Vet. Med. Assoc.* — 1960. — Vol. 137. — P. 646–647.
 52. Jones, R. On rupture of the crucial ligaments of the knee, and on fractures of the spine of the tibia / R. Jones, S.A. Smith // *Brit. J. Surg.* — 1913. — Vol. 1. — P. 70–89.

53. Kdolsky, R.K. Kontrollarthroskopie nach synthetischer Augmentation von Reinsertionen und Ersatzplastiken des vorderen Kreuzbandes / R.K. Kdolsky [et al.] // *Arthroskopie*. — 1996. — Bd. 9. — S. 183–185.
54. Kennedy, J.C. Experience with polypropylene ligament / J.C. Kennedy // *Can. Orthop. Assoc. Meeting : Abstract Book*. — Ottawa, 1975. — 1 p.
55. Kennedy, J.C. Presidential address. Intraarticular replacement in the anterior cruciate ligament — deficient knee / J.C. Kennedy, J.H. Roth, H.V. Mendenhall // *Amer. J. Sports Med.* — 1980. — Vol. 8. — P. 1–8.
56. Klein, W. Die arthroskopische vordere Kreuzbandplastik mit Semitendinosusschlinge, verstaerkt durch Kennedy-LAD / W. Klein // *Arthroskopie*. — 1990. — Bd. 3. — S. 7–14.
57. Lange, F. Ueber die Verwendung von Seidenfaeden / F. Lange // *Verh. Dtsch. Ges. Orthop. Chir.* — 1903. — Bd. 2. — S. 10–12.
58. Lange, F. Kuenstliche Gelenkbaender aus Seide / F. Lange // *Munch. Med. Wschr.* — 1907. — Bd. 54. — S. 834–836.
59. Lange, M. Die Behandlung des Knieschlottergelenkes unter besonderer Beruecksichtigung der Verwendung von seidenen Baendern / M. Lange // *Bruns. Beitr. Klin. Chir.* — 1932. — Bd. 156. — S. 523–540.
60. Letsch, R. Nahtprotektion des frisch rupturierten vorderen Kreuzbandes durch ein PET-Band (Trevira hochfest) / R. Letsch [et al.] // *Unfallchirurgie*. — 1993. — Bd. 96. — S. 499–507.
61. Letsch, R. Der Ersatz des vorderen Kreuzbandes durch ein PET-Band (Trevira hochfest) als „Salvage Procedure“ bei chronisch instabilen voroperierten Kniegelenken / R. Letsch [et al.] // *Unfallchirurgie*. — 1994. — Bd. 20. — S. 293–301.
62. Letsch, R. Comparative evaluation of different anchoring techniques for synthetic cruciate ligaments / R. Letsch // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthroscopy*. — 1994. — Vol. 2. — P. 107–117.
63. Lopez-Vazquez, E. Reconstruction of the anterior cruciate ligament with a Dacron prosthesis / E. Lopez, Vazquez [et al.] // *J. Bone Joint Surg.* — 1991. — Vol. 73-A. — P. 1294–1300.
64. Ludloff, K. Der operative Ersatz des vorderen Kreuzbandes am Knie / K. Ludloff // *Zbl. Chir.* — 1927. — Bd. 54. — S. 3162–3166.
65. Lukianov, A.V. A multicenter study on the results of anterior cruciate ligament reconstruction using a Dacron ligament prosthesis in «salvage» cases / A.V. Lukianov [et al.] // *Amer. J. Sports Med.* — 1989. — Vol. 17. — P. 380–386.
66. Macnicol, M.F. Early results of the Leeds-Keio anterior cruciate ligament replacement / M.F. Macnicol, I.D. Penny, L. Sheppard // *J. Bone Joint Surg.* — 1991. — Vol. 73-B. — P. 377–380.
67. Mansat, C. Proflex — cruciate ligament prosthesis. Clinical results — multicentre study: 3-year review / C. Mansat. — Bern : Eigenverlag, 1991. — P. 124 p.
68. Maekisalo, S. Reconstruction of anterior cruciate ligament with carbon fiber / S. Maekisalo [et al.] // *Amer. J. Sports Med.* — 1988. — Vol. 16. — P. 589–593.
69. Maekisalo, S.E. Reconstruction of the anterior cruciate ligament with carbon fibres: unsatisfactory results after 8 years / S.E. Maekisalo [et al.] // *Knee Surg. Sports. Traumatol. Arthroscop.* — 1996. — Vol. 4. — P. 132–136.
70. Matti, H. Ersatz des gerissenen vorderen Kreuzbandes durch extraartikuläre freie Faszientransplantation / H. Matti // *Munch. Med. Wschr.* — 1918. — Bd. 65. — S. 451–452.
71. Mayo Robson, A.W. Ruptured crucial ligaments and their repair by operation / A.W. Mayo Robson // *Ann. Surg.* — 1903. — Vol. 37. — P. 716–718.
72. Menzel, A. Ueber die Erkrankung der Gelenke bei dauernder Ruhe derselben. Eine experimentelle Studie / A. Menzel // *Arch. Klin. Chir.* — 1871. — Bd. 12. — S. 990–1009.
73. Milch, H. Injuries to the crucial ligaments / H. Milch // *Arch. Surg.* — 1935. — Vol. 30. — P. 805–819.
74. Mironova, S.S. Spaetresultate der Rekonstruktion des Bandapparates des Kniegelenkes mit Lawsan / S.S. Mironova // *Zbl. Chir.* — 1978. — Bd. 103. — S. 432–434.
75. Mockwitz, J. Die alloplastische Korrektur der chronischen Knieband-Instabilitaet mit Polyäthylen-terephthalat / J. Mockwitz, H. Contzen // *Alloplastischer Bandersatz. Aktuelle Probleme in Chirurgie und Orthopaedie*. — Bern, 1983. — Bd. 25. — S. 118–123.
76. Mockwitz, J. Der alloplastische Ersatz der veralteten isolierten Kreuzbandruptur — Technik und Ergebnisse / J. Mockwitz // *J. Unfallchirurgie*. — 1985. — Bd. 11. — S. 295–301.
77. Neugebauer, R. Ergebnisse nach alloplastischem Bandersatz mit Kohlenstoffasern / R. Neugebauer, C. Burri // *Unfallchirurgie*. — 1981. — Bd. 7. — S. 298–306.
78. Noulis, G. Entorse du genou : These № 192 / G. Noulis. — Paris, 1875. — 53 p.
79. Ormos, I. Bemerkungen zur editorischen Bearbeitung der Galenschrift «Ueber die Sektion toter Lebewesen» / I. Ormos // *Galen und das hellenistische Erbe. Sudhoffs Archiv / Hrsg. J. Kollesch, D. Nickel*. — Stuttgart, 1993. — Beihefte 32. — S. 165–172.
80. Pagenstecher, D. Die isolierte Zerreiŝung der Kreuzbaender des Knies / D. Pagenstecher // *Dtsch. Med. Wschr.* — 1903. — Bd. 29. — S. 872–875.
81. Palmer, I. On the injuries to the ligaments of the knee joint. A clinical study / I. Palmer // *Acta Chir. Scand.* — 1938. — Vol. 81. — P. 2–282.
82. Parsons, J.R. Carbon fibre debris within the synovial joint / J.R. Parsons [et al.] // *Clin. Orthop.* — 1985. — N 196. — P. 69–76.
83. Paulos, L.E. The GORE-TEX anterior cruciate ligament prosthesis / L.E. Paulos [et al.] // *Amer. J. Sports. Med.* — 1992. — Vol. 20. — P. 246–252.
84. Pringle, J.H. Avulsion of the spine of the tibia / J.H. Pringle // *Ann. Surg.* — 1907. — Vol. 46. — P. 169–178.
85. Puerckhauer, R. Ueber Verletzungen der Ligamenta cruciata des Kniegelenkes / R. Puerckhauer // *Munch. Med. Wschr.* — 1913. — Bd. 60. — S. 73–75.
86. Rehm, K.E. Biomechanische Untersuchungen vom resorbierbaren Bandersatz und deren klinische Bedeutung : *Chir. Forum / K.E. Rehm [et al.] // Langenbecks Arch. Chir.* — 1984. — Suppl. — S. 205–211.
87. Riel, K.A. Langzeitergebnisse bei vorderer Kreuzbandrekonstruktion mit alloplastisch verstaerktem, autologem Sehnentransplantat (Kennedy LAD) / K.A. Riel,

- P. Bennett // *Chirurg.* — 1990. — Bd. 61. — P. 808–814.
88. Roth, J.H. Polypropylene braid augmented and nonaugmented intraarticular anterior cruciate ligament reconstruction / J.H. Roth [et al.] // *Amer. J. Sports Med.* — 1985. — Vol. 13. — P. 321–326.
89. Rushton, N. The clinical arthroscopic and histological findings after replacement of the anterior cruciate ligament with carbon-fibre / N. Rushton, D.J. Dandy, C.P.E. Naylor // *J. Bone Joint Surg.* — 1983. — Vol. 65-B. — P. 308–309.
90. Salisbury, R. E. Artificial tendons: design, application, and results / R.E. Salisbury [et al.] // *J. Trauma.* — 1974. — Vol. 14. — P. 580–586.
91. Saragaglia, D. Medium-term results of 173 ligamentoplasties of the anterior cruciate ligament using the MacIntosh technique reinforced by the Kennedy ligament augmentation device (LAD) / D. Saragaglia [et al.] // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthroscopy.* — 1995. — Vol. 3. — P. 68–74.
92. Scherer, M.A. Resorptionskinetik von Polidioxanon-Kordeln in Abhängigkeit vom Implantationsort: Berichtsband DVM/AO Tagung 11 / M.A. Scherer [et al.] // *Deutscher Verband fuer Materialforschung und -prüfung.* — Berlin, 1991. — S. 73–81.
93. Schroven, I.T.J. Experience with the Leeds-Keio artificial ligament for anterior cruciate reconstruction / I.T.J. Schroven [et al.] // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthroscopy.* — 1994. — Vol. 2. — P. 214–218.
94. Segond, P.F. Recherches cliniques et experimentales sur les épanchements sanguins du genou par entorse / P.E. Segond // *Progr. Med.* — 1879. — Vol. 16. — P. 297–421.
95. Seitz, H. Tierexperimentelle Untersuchungen zur Reinsertion des femoralen vorderen Kreuzbandabrisses / H. Seitz. — Wien; München; Bern: Verlag Wilhelm Maudrich, 1997.
96. Siebels, W. Die Auswirkung von temporären synthetischen Verstärkungsmaterialien auf die biomechanischen Eigenschaften gestielter Patellarsehenplastiken als Kreuzbandersatz beim Schaf: *Chir. Forum / W. Siebels [et al.] // Langenbecks Arch. Chir.* — 1989. — Suppl. — S. 261–264.
97. Smith, S.A. The diagnosis and treatment of injuries to the crucial ligaments / S.A. Smith // *Brit. J. Surg.* — 1918. — Vol. 6. — P. 176–189.
98. Stark, J. Two cases of ruptured crucial ligaments of the knee-joint / J. Stark // *Edinb. Med. Soc.* — 1850. — Vol. 74. — P. 267–271.
99. Strover, A.E. Technische Fortschritte in der Rekonstruktion von Kniebaendern durch die Verwendung von Kohlenstoffasern / A.E. Strover // *Alloplastischer Bandersatz. Aktuelle Probleme in Chirurgie und Orthopaedie.* — 1983. — Bd. 25. — S. 136–145.
100. Trepte, C.T. Tierexperimentelle Untersuchungen zur Frage der Verschleissfestigkeit einer Teflon-Ligament-Prothese / C.T. Trepte // *Sportverl. Sportschaden.* — 1987. — Bd. 2. — S. 81–85.
101. Weber, W. Die Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge / W. Weber, E. Weber. — Goettingen: Dieterichsche Buchhandlung, 1836.
102. Weckbach, A. Der alloplastische Bandersatz. Eine Untersuchung zur biologischen Verankerung von 5 nicht resorbierbaren Materialien / A. Weckbach, E. Kunz, T. Kirchner // *Unfallchirurg.* — 1990. — Vol. 93. — P. 380–383.
103. Weiss, A.B. Ligament replacement with an absorbable copolymer carbon-fiber scaffold — early clinical experience / A.B. Weiss [et al.] // *Clin. Orthop.* — 1985. — N 196. — P. 77–85.
104. Wentzensen, A. Ergebnisse bei isoliertem Ersatz des hinteren Kreuzbandes / A. Wentzensen // *BG U Med.* — 1987. — Bd. 64. — P. 257–260.
105. Witvoet, J. Treatment of chronic anterior knee instabilities with combined intra- and extraarticular transfer augmented with Carbon-PLA fibres / J. Witvoet, P. Christel // *Clin. Orthop.* — 1985. — N 196. — P. 143–158.
106. Wolter, D. Die Reaktion des Koerpers auf implantierte Kohlenstoffmikropartikel / D. Wolter [et al.] // *Arch. Orthop. Traum. Surg.* — 1978. — Bd. 91. — S. 19–29.
107. Zur Verth, W. Diskussionsbeitrag / W. Zur Verth // *Verh. Dtsch. Orthop. Ges.* — 1933. — Bd. 27. — S. 269–270.