

Хирургическое лечение остеоартроза седловидного сустава (обзор литературы)

Л.А. Родоманова^{1,2}, И.В. Орлова¹

¹ ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России

Ул. Акад. Байкова, д. 8, 195427, Санкт-Петербург, Россия

² ГБОУ ВПО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. И.П. Павлова» Минздрава России

Ул. Льва Толстого, д. 6-8, 197022 Санкт-Петербург, Россия

Реферат

Седловидный (первый запястно-пястный) сустав играет важнейшую роль в функции кисти, обеспечивая противопоставление первого пальца при схвате. Поражение этого сустава сопровождается болевым синдромом и деформацией первого луча, что в значительной степени снижает качество жизни пациента.

Проведен анализ литературы, посвященной хирургическому лечению дегенеративных поражений седловидного сустава. В обзоре представлены особенности анатомии и биомеханики сустава, выявлены основные факторы, способствующие развитию остеоартроза, описаны различные подходы и критерии выбора методов хирургической реконструкции седловидного сустава.

Ключевые слова: седловидный сустав, первый запястно-пястный сустав, ризартроз.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-3-135-144

Surgical Treatment of Trapeziometacarpal Osteoarthritis (Review)

L.A. Rodomanova^{1,2}, I.V. Orlova¹

¹ Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics
8, ul. Akad. Baykova, 195427, St. Petersburg, Russian Federation

² Pavlov First Saint Petersburg State Medical University
6-8, ul. L. Tolstoy, 197022, St. Petersburg, Russian Federation

Abstract

The sellar joint plays a key role in wrist function ensuring thumb contraposition when gripping. Lesions of sellar joint are accompanied by pain syndrome and deformity of the first metacarpal which substantially affects life quality of the patients. The authors carried the analysis of literature dedicated to surgical treatment of degenerative lesions of trapeziometacarpal joint. The present review describes features of joint anatomy and biomechanics, reports the key factors contributing to disease progression, covers various approaches and criteria for selection of surgical options for reconstruction of sellar joint.

Keywords: sellar joint, trapeziometacarpal joint, rhizarthrosis.

DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-3-135-144

Competing interests: the authors declare that they have no competing interests.

Funding: the authors have no support or funding to report.

Родоманова Л.А., Орлова И.В. Хирургическое лечение остеоартроза седловидного сустава (обзор литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(3):135-144. DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-3-135-144.

Cite as: L.A. Rodomanova, I.V. Orlova [Surgical Treatment of Trapeziometacarpal Osteoarthritis (Review)]. *Травматология и ортопедия России* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2018;24(3):135-144. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-3-135-144.

Орлова Ирина Владиславовна. Ул. Акад. Байкова, д. 8, 195427, Санкт-Петербург, Россия / Irina V. Orlova. 8, ul. Akad. Baykova, 195427, St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: orlova-travmatolog@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 12.02.2018. Принята в печать/Accepted for publication: 13.07.2018.

Введение

Возможность противопоставления первого пальца, а следовательно, и функциональную уникальность кисти человека обеспечивает работа первого запястно-пястного сустава. Сложная морфология и биомеханика сустава, многообразие движений и значительные нагрузки часто приводят к дегенеративным процессам в суставе, которые выявлены у 16–25% женщин и 6% мужчин старше 45 лет. При этом в структуре заболеваний кисти их частота составляет до 5% [1–4].

Первый запястно-пястный (трапециопястный) сустав представляет собой сочленение, напоминающее седло, вследствие чего в литературе зачастую носит название седловидного. Своеобразная анатомия сустава позволяет выполнять движения в трех плоскостях со значительной амплитудой и осуществлять ключевые функциональные задачи, включая различные виды схвата и удержание предметов между первым и трехфаланговыми пальцами [5–8]. Остеоартроз первого запястно-пястного сустава чаще всего развивается вследствие дегенеративных изменений идиопатического или воспалительного генеза, однако причиной его появления могут служить посттравматические изменения после переломов кости трапеции или основания первой пястной кости [1, 9, 10]. Развитие дегенеративного процесса седловидного сустава сопровождается болью, ограничением движений и слабостью мышц тенара, приводя в итоге к фиксированной контрактуре и деформации первого луча. Противопоставление первого пальца, которое необходимо при выполнении повседневных действий, таких как письмо, использование ключей, удержание столовых приборов, становится невозможным, что формирует выраженную функциональную недостаточность первого луча и кисти в целом [11–13]. Особое значение состояние первого запястно-пястного сустава имеет для людей, деятельность которых неразрывно связана с тонкой моторикой. Для них поражение сустава зачастую приводит к потере профессиональной состоятельности и резкому снижению качества жизни [9, 10]. Поэтому возможность восстановления безболезненной подвижности первого запястно-пястного сустава кисти является важной задачей современной ортопедии.

В отношении деформирующего артроза первого запястно-пястного сустава в литературе часто используется специальный термин ризартроз (артроз ризомелический — *a. rhizomelica*; греч. *rhiza* корень, начало, основание + *melos* часть тела, конечность) [1]. Представления о механизме развития заболевания, возможностях хирургического лечения формировались на основании работ,

посвященных детальному изучению анатомии и биомеханики сустава [4, 5].

На основании большого числа морфологических и экспериментальных исследований были выделены два основных фактора, ведущих к развитию дегенеративного процесса в этом суставе. Во-первых, сочленяющиеся суставные поверхности первой пястной кости и кости-трапеции имеют минимальный костный контакт, что во многом обуславливает мобильность сустава. Во-вторых, сустав подвергается значительным нагрузкам, и стабильность его обеспечивается только связками [5, 9]. Экспериментальные исследования W.P. Cooney и E. Y. Chao показали, что кинематическая цепь первого луча увеличивает нагрузку на седловидный сустав в четыре-пять раз по сравнению с фактической силой [14]. Также особенностью работы сустава является большая изменчивость геометрии оси. Сложная анатомическая организация и биомеханическое взаимодействие связочных структур обуславливают смещение центра вращения сустава в зависимости от плоскости, в которой происходит движение [5]. Таким образом, функциональное значение сустава, сложность его анатомического строения и кинематики обуславливают трудности решения проблемы лечения его патологии. К настоящему времени предложено много хирургических вмешательств, однако каждое из них имеет свои преимущества и недостатки, применимо к определенной стадии дегенеративного процесса и выполняется с учетом индивидуальных функциональных требований пациента [4].

Классификация и патогенез

Оценка состояния седловидного сустава определяется на основании клинических проявлений и рентгенологической картины. На этих показателях основана классификация R.I. Burton [15]. Однако наибольшее распространение получила исключительно рентгенологическая классификация артроза сустава, предложенная R.G. Eaton и S.Z. Glickel в 1987 г. Авторы выделяют четыре стадии развития дегенеративного процесса первого запястно-пястного сустава:

I стадия: контуры седловидного сустава нормальные, возможно расширение суставной щели вследствие синовита;

II стадия: незначительное сужение суставной щели, минимальные склеротические изменения субхондральной кости, остеофиты до 2 мм в диаметре;

III стадия: суставная щель значительно сужена, выраженные кистозные изменения и субхондральный склероз, тыльный подвывих пястной кости различной степени выраженности, остеофиты более 2 мм в диаметре;

IV стадия: разрушение суставных поверхностей седловидного сустава, признаки дегенеративного поражения ладьевидно-трапециевидного сустава [16].

Эта классификация позволяет наиболее объективно оценить степень выраженности дегенеративного процесса с учетом морфологических изменений не только трапециопястного, но и ладьевидно-трапециевидного суставов, что критически важно при выборе лечебной, в том числе и хирургической тактики [9, 16].

Многочисленные исследования показали, что применение консервативных методик лечения остеоартроза седловидного сустава, которые сводятся главным образом к ограничению двигательного режима и противовоспалительной терапии, позволяют добиться временного эффекта только на начальных стадиях патологического процесса. Высокая функциональная нагрузка на сустав неизбежно приводит к прогрессированию заболевания. Многие авторы также отмечают, что зачастую ризартроз может не проявляться клинически длительное время — до формирования выраженных дегенеративных изменений структур сустава, когда восстановление функции возможно только хирургически [4, 9, 17, 18]. Показания к хирургическому вмешательству при ризартрозе аналогичны показаниям для артропластики большинства суставов: стойкая боль, нарушение функции, нестабильность при отсутствии эффекта консервативного лечения [3, 9].

История хирургического лечения остеоартроза первого запястно-пястного сустава начинается с удаления кости-трапеции, впервые примененного W. Gervis в 1947 г. [19, 20]. Первоначально было отмечено заметное снижение боли, вследствие чего методика получила широкое распространение [3, 4, 21]. Однако чуть позже A. Murley, анализируя результаты аналогичных вмешательств, отметил высокую частоту случаев, когда у пациентов сохранялись боли и ухудшалась функция кисти [22]. Исследуя биомеханику после удаления кости-трапеции, он выделил две основные причины неудовлетворительных результатов, первой из которых было то, что удаление кости-трапеции неизбежно влекло за собой уменьшение длины первого луча, что существенно снижало силу сокращения мышц тенара. Другим ключевым фактором являлось отсутствие капсуло-связочных стабилизаторов, сохранить которые в ходе трапециэктомии технически очень сложно [9, 22].

Работы A. Murley положили начало исследованиям, связанным с изучением стабилизаторов и их влияния на биомеханику трапециопястного сустава [22, 23]. Однако, несмотря на значительное число работ, посвященных структурным особенностям капсуло-связочного аппарата

сустава, результаты их остаются спорными. Так, P.C. Bettinger описал до 16 связок, в равной степени стабилизирующих сустав, J.N. Kuhlmann подчеркнул большое значение задне-медиальных связочных структур [24, 25]. Однако в большинстве работ авторы утверждали, что в стабилизации сустава главным образом участвуют 4 связочных комплекса, тонкое взаимодействие напряжения и расслабления которых стабилизирует сустав при значительной амплитуде движений, особенно при ротации. Ключевое значение придается переднему связочному комплексу — ладонной косо́й связке, функция которой наиболее выражена при разгибании и противопоставлении [2, 7, 8, 26]. V.D. Pellegrini с соавторами установили патогенетическую связь между развитием остеоартроза сустава и дегенеративными изменениями структур передней косо́й связки, потеря целостности которых приводила к нестабильности, тыльному подвывиху и инициировало разрушение суставных поверхностей [27]. M.F. Koff с соавторами в своих исследованиях также продемонстрировали, что повреждение суставных поверхностей начинается в тыльно-лучевых квадрантах основания пястной кости и связано с несостоятельностью ладонного связочного комплекса сустава. В дальнейшем в дегенеративный процесс вовлекаются волярные квадранты и суставная поверхность кости-трапеции [28]. Таким образом, стала очевидной решающая роль ладонного связочного комплекса, дегенерация которого является ключевым пусковым фактором, ведущим к стремительному развитию артроза, что и определило необходимость его хирургической реконструкции.

Хирургическое лечение начальных стадий ризартроза

Методика лигаментопластики была разработана R.G. Eaton и J.W. Littler [29]. Для создания структуры, выполняющей функцию передней косо́й связки, использовали локтевую часть сухожилия лучевого сгибателя запястья (FCR). Дистальную фиксацию локтевого отщипа сухожилия сохраняли, а проксимальный конец проводили в костном туннеле в основании первой пястной кости. В дальнейшем методика была модифицирована — сухожильный отщип дополнительно ориентировали вокруг сухожилия длинной отводящей большой палец мышцы, а затем проводили через костный туннель [30, 31]. Лигаментопластика рекомендована в случаях, когда дегенеративный процесс ограничен связочным аппаратом, при минимальных признаках повреждения суставных поверхностей [32]. В настоящее время техника, разработанная R.G. Eaton и J.W. Littler, широко применяется в комплексе с другими оперативными вмешательствами на седловидном суставе. Показаниями к ее

исключительному применению является II стадия по классификации R.G. Eaton (незначительное сужение суставной щели, минимальные дегенеративные изменения суставных поверхностей при клинических признаках подвывиха в суставе) [31]. По данным D.M. Freedman с соавторами, реконструкция передних связочных стабилизаторов восстанавливает кинематику сустава, предотвращая дальнейшее развитие патологического процесса, что доказывают отдаленные результаты применения лигаментопластики — при 15-летнем наблюдении в 5% случаев дегенеративный процесс не прогрессировал [32]. Таким образом успешная реконструкция ладонных связок воссоздает биомеханические условия, значительно снижающие скорость развития дегенеративных процессов в суставе. Поэтому эта операция эффективна на ранних стадиях заболевания, а также дополняет другие реконструктивные методы на поздних стадиях [2, 33].

В 1973 году J.N. Wilson предложил выполнять корригирующую разгибательную остеотомию первой пястной кости больным с начальными проявлениями ризартроза, вследствие которой происходит смещение наиболее нагружаемой зоны суставной поверхности в тыльно-лучевом направлении, что предотвращает ее дальнейшую дегенерацию [34]. Ряд авторов отмечают, что использование остеотомии в сочетании с лигаментопластикой значительно снижает вероятность тыльного подвывиха первой пястной кости и прогрессирование остеоартроза [18, 27, 35]. В частности, отдаленные результаты остеотомии первой пястной кости при ризартрозе представлены в исследовании, проведенном J.L. Nobby. Автор выполнил 41 остеотомию 33 пациентам и отметил отсутствие болевого синдрома, либо возникновение его только при тяжелой работе в 80% случаев спустя 6 лет после операции [36].

Помимо корригирующих биомеханику и анатомию сустава хирургических вмешательств, описано применение его денервации [37]. Согласно исследованиям E.P. Cozzi, сустав преимущественно иннервируется тыльной сенсорной ветвью лучевого нерва, отходящей на уровне шиловидного отростка лучевой кости [38]. Была проведена серия исследований, в ходе которых отмечено отсутствие рецидивов болевого синдрома у 80% пациентов, перенесших невротомию, на протяжении 17 мес. после операции [33]. Однако T. Giesen с соавторами, выполнившие аналогичное исследование, отметили возобновление боли спустя 13 мес. во всех случаях, хотя и не до исходного уровня [39]. M. Рочрон с соавторами, детально изучив морфологию сустава, установили значительную вариабельность его иннервации [40]. По их данным, помимо ветви лучевого нерва, описанной E.P. Cozzi, сустав иннервируют до пяти ветвей

срединного нерва, отходящие на различных уровнях. Поэтому полноценная денервация сустава является технически сложным вмешательством, требующим широкого доступа и обширной диссекции тканей, что сопровождается неоправданно высоким риском повреждения моторных ветвей к мышцам тенара [38, 40]. T. Giesen с соавторами указывают на возможность применения метода у молодых пациентов на I–II стадии артроза по R.G. Eaton при отсутствии эффекта консервативного лечения, что позволяет отсрочить вмешательство на суставе на несколько лет [39].

Реконструкция седловидного сустава при остеоартрозе III–IV стадий

В случаях, когда начальные проявления дегенеративного процесса в седловидном суставе в виде его нестабильности не корригируются хирургически, либо выполняется только симптоматическое лечение, развитие дегенеративного процесса приводит к формированию тяжелых изменений в суставе [3, 13]. Несостоятельность связочного аппарата сустава приводит к прогрессированию патологических изменений. Подвывих первой пястной кости к тылу под действием осевых сил приводит к ее проксимальной миграции, что сопровождается значительным усилением боли. Снижение амплитуды движений, и прежде всего противопоставления, компенсируется формированием гиперэкстензии в пястно-фаланговом суставе. Со временем мышцы первого межпальцевого промежутка укорачиваются, первый луч фиксируется в положении приведения. Компенсация возможности щипкового схвата теперь осуществляется за счет сгибания в межфаланговом суставе с тенденцией к лучевой девиации, что приводит к перегрузке коллатеральной связки и болезненной нестабильности в межфаланговом суставе [5, 7]. При отсутствии лечения разрушение сустава развивается в течение 7–10 лет и приводит к тяжелой зигзагообразной деформации всего первого луча, что в зарубежной литературе носит название «M-деформация» или *pollux adductus*. На этой стадии в дегенеративный процесс вовлекается также и ладьевидно-трапециевидный сустав [10].

В большинстве случаев пациенты решаются на хирургическое вмешательство только при деформации первого луча и выраженном болевом синдроме, когда функция сустава необратимо утрачена [17, 21, 41]. По данным M. Merle в 80% случаев хирургическое вмешательство на седловидном суставе выполняется при остеоартрозе IV стадии по R.G. Eaton [33].

Когда ризартроз достигает III и IV стадии, добиться путем хирургического вмешательства на суставе достаточной амплитуды движений, стабильности и устойчивости к нагрузкам очень

сложно. На сегодняшний день в арсенале хирурга имеется большое количество различных вмешательств на седловидном суставе, от достаточно простых до многоэтапных реконструкций. Определяющими факторами выбора способа хирургического лечения являются состояние сустава и параартикулярных тканей, отражающее выраженность дегенеративного процесса, а также индивидуальные требования пациента к функции кисти [3, 10].

Долгое время была распространена методика подвешивающей артропластики, предложенная А. Weilby, который с помощью сухожилия длинной отводящей мышцы (APL) создавал структуру, напоминающую гамак, служившую опорой для первой пястной кости [1, 42]. Анализ отдаленных результатов показал высокую частоту осложнений в виде проксимальной миграции луча из-за механической несостоятельности сухожильной ткани, что заставило отказаться от его дальнейшего применения [4, 43].

Группа хирургов предложила объединить интерпозиционную артропластику и восстановление передней кривой связки (Ligament Reconstruction Tendon Interposition — LRTI). Первоначально техника LRTI, описанная R. I. Burton и V.D. Pelligrini, заключалась в использовании сухожилия FCR (лучевого сгибателя запястья), которое проводили через основание первой пястной кости, стабилизируя сустав, а оставшейся частью замещали пространство после трапециэктомии. Таким образом формировалась скользящая поверхность сустава в виде интерпонента, а лигаментопластика предотвращала смещение пястной кости. Авторы применяли методику у пациентов с III стадией артроза, не занятых тяжелой физической работой. Результаты были обнадеживающими — операция позволяла добиться безболезненных движений со значительной амплитудой в большинстве случаев [44]. Методика получила широкое распространение, и в дальнейшем было разработано множество ее модификаций. В качестве пластического материала разные авторы использовали сухожилия лучевых разгибателей запястья, длинной отводящей первой палец мышцы, длинной ладонной мышцы [12, 18, 45–47]. Однако, несмотря на целый ряд положительных отзывов, показания к LRTI остаются ограниченными. Основываясь на результатах многочисленных исследований, многие авторы подчеркивают, что эту методику не следует применять у пациентов, занятых физическим трудом, а также у лиц с высокими функциональными требованиями [13, 45, 47]. Под действием нагрузки на сустав сухожильная ткань меняет свои механические свойства, объем интерпонированной ткани уменьшается, снижаются высота сустава и длина луча, что сопровождается постепенной потерей

силы мышц тенара [6, 33]. J.D. Stussi же отметил снижение высоты сустава на 40% вне зависимости от физической нагрузки при десятилетнем наблюдении после трапециэктомии и LRTI [48].

С целью максимального сохранения высоты сустава некоторые хирурги выполняли LRTI после частичной трапециэктомии. Результаты показали снижение боли в 93% случаев и мобильность, соответствующую неоперированному суставу при средних сроках наблюдения [6, 46, 48–50]. В настоящий момент нет единого мнения насчет применения интерпозиционной артропластики при IV стадии, когда в дегенеративный процесс вовлечен трапецио-ладьевидный сустав. Основываясь на данных о рецидиве болевого синдрома в большом количестве наблюдений при попытках сохранения кости-трапеции, большинство хирургов сходятся во мнении об обязательном выполнении трапециэктомии на этой стадии [9, 10, 13, 50]. Однако несколько авторов предоставили данные об успешном использовании так называемой двойной интерпозиционной артропластики в сочетании с частичной трапециэктимией, при которой сухожильный интерпонент помещали также и в область трапецио-ладьевидного сустава. Несмотря на противоречия, многие хирурги отмечают, что трапециэктомия с реконструкцией связок и интерпозицией сухожилия (LRTI) считается «золотым стандартом» для лечения остеоартроза первого запястно-пястного сустава [30, 31, 51–53].

Интерес вызвали сообщения о применении имплантата из биоматериала ARTELON Spacer, разработанного шведской компанией Artimplant AB. Спейсер предназначен для имплантации между первой пястной костью и трапецией после обработки суставных поверхностей и представляет собой T-образное устройство из полиуретановой кислоты и поликапролактона, горизонтальная часть которого помещается между обработанными суставными концами пястной кости и кости-трапеции, а вертикальная часть стабилизирует сустав. Фиксация материала осуществляется с помощью кортикальных мини-винтов. Авторы отмечают важные преимущества метода: необходимость минимального объема резекции суставных концов костей, что позволяет максимально сохранить анатомию и высоту сустава [54–56]. Опубликованные результаты трехлетнего наблюдения были обнадеживающими. Но последующие исследования показали, что около 50% материала подвергается деградации в течение 5 лет, что проявляется потерей силы схвата и нестабильностью сустава. По данным O.A. Barron и L.W. Catalano, интерпозиционная артропластика сустава с помощью ARTELON Spacer требует ревизионных вмешательств в 37% случаев в течение 5 лет после операции, что дает основания отказаться от его применения [4].

Среди методов оперативных вмешательств при ризартрозе необходимо отметить возможность выполнения артрореза первого запястно-пястного сустава. Артрорез, полностью исключая движения в суставе, значительно снижает функциональные возможности кисти. Фиксированное положение всего первого луча создает трудности при повседневных действиях. К тому же доказано, что передача избыточной нагрузки при заблокированном седловидном суставе приводит к развитию артроза смежных суставов запястья [4, 45, 57]. Проведено достаточно много исследований, в ходе которых сравнивали функциональное и клиническое состояние седловидного сустава в отдаленном периоде после артрорезирования и интерпозиционной артропластики. Результаты исследований показали, что сила схвата после артрорезирования значительно больше, чем после LRTI в отдаленном периоде наблюдения. Несмотря на отсутствие движений в суставе, большинство пациентов были удовлетворены функциональным состоянием кисти [11, 45, 49, 57]. Техника артрорезирования седловидного сустава заключается в удалении разрушенных суставных поверхностей, остеофитов и замещении дефекта костным трансплантатом, после чего сочленяющиеся кости фиксируются серкляжем, скобками, спицами или винтами Герберта. Классическое положение сустава при артрорезировании — 45° отведения и противопоставление с легкой пронацией луча, что позволяет осуществлять основные виды схвата [4, 33, 49]. Достигнутые результаты после артрорезирования сохраняются при длительном наблюдении, необходимость в ревизионных вмешательствах возникает редко — в 3% случаев. Поэтому, несмотря на очевидные недостатки, артрорез остается одним из наиболее распространенных методов в хирургии седловидного сустава [4, 33].

Основываясь на опыте лечения деформирующего артроза других суставов, понятным стало предположение о возможности протезирования и трапецио-пястного сустава. В 1973 г. J.Y. de la Caffiniere разработал концепцию протезирования седловидного сустава — конструкция состояла из шарика и гнезда, фиксированных с помощью цемента в пястной кости и трапеции. Автор отмечал несомненные преимущества протезирования: сохранение длины луча, восстановление силы и мобильности, а также отсутствие боли, ограничивая его применение изолированным поражением трапецио-пястного сустава, без сопутствующих контрактуры и деформации, что соответствует III стадии процесса. Кроме того, автор не рекомендовал протезирование пациентам, занятым тяжелым физическим трудом [58]. Однако, несмотря на теоретические преимущества, протезы de la Caffiniere были подвергнуты большой критике

из-за неудовлетворительных отдаленных результатов вследствие расшатывания и миграции компонентов протеза. В результате многие исследователи пытались усовершенствовать конструкцию за счет изменения формы компонентов, материала либо способа фиксации [9, 41, 59]. Разработка каждой новой модели протеза изначально сопровождалась публикациями, демонстрировавшими хорошие и отличные результаты при небольшом сроке наблюдения [33, 53, 60]. Однако частота осложнений в отдаленном периоде в виде подвывихов, расщепления чашек, проксимальной миграции пястной кости и переломов кости трапеции, особенно у молодых активных пациентов, оставалась высокой независимо от конструктивных особенностей моделей протезов [41, 53, 59, 61, 62]. Высокую частоту неудач при попытках протезирования многие хирурги связывают прежде всего с плохим воспроизведением механики сустава. Также определяющую роль отводят значительным техническим трудностям при установке компонентов протеза: небольшой обзор и ограниченная способность маневрирования при малом объеме сустава, затрудняющие центрирование чашки в кости-трапеции, а также необходимость удаления значительного объема костной ткани при обработке пястной кости. Все эти особенности практически исключают возможность установки ревизионной конструкции [3, 41, 60, 62].

V. Spartacus с соавторами в ходе экспериментальной работы изучили особенности кинематики на трехмерных моделях седловидного сустава и протезов в различных позициях. Исследование показало выраженное нарушение соосности головки и чашки протеза при крайних положениях сустава. Конструкции протезов не воспроизводят оригинальную кинематику сустава. Избыточное напряжение, создаваемое этой конструкцией, по мнению авторов, объясняет короткий срок службы протезов [62]. Однако некоторые авторы указывают на возможность более длительного функционирования протезов при условии точной ориентации чашки, совпадающей с наклоном суставной поверхности кости-трапеции — волярно под углом 45° [63]. J. Knak и T. Hansen, анализируя осложнения, также отметили ориентацию чашки в кости-трапеции как критический фактор, влияющий на результат протезирования [61].

Учитывая многочисленные проблемы, возникающие при протезировании сустава, для решения вопроса о его целесообразности, группой хирургов было проведено исследование, показавшее отсутствие существенных различий в функциональности сустава после интерпозиционной артропластики и протезирования через год после операции — в обоих случаях достигается возможность безболезненных движений с удовлетвори-

тельной амплитудой [12]. Данных о долгосрочных удовлетворительных результатах протезирования сустава не представлено. Поэтому, несмотря на значительное количество исследований и многообразие конструкций, возможность протезирования до настоящего времени остается нерешенной проблемой в хирургии седловидного сустава [4, 33, 64].

Вне зависимости от выбранного способа операции на суставе, если хирургическое вмешательство выполняется на запущенных стадиях артроза, его неотъемлемой частью является коррекция деформации первого луча [33, 65]. Способ устранения гиперэкстензии в пястно-фаланговом суставе зависит от ее выраженности. В литературе описаны несколько вариантов. По мнению M. Merle, деформация, не достигающая 30°, может быть исправлена трансартикулярной фиксацией сустава спицей в течение 4 нед. В случае формирования более выраженной гиперэкстензии автор рекомендует выполнение капсулодеза [33]. M. Henry же отдает предпочтение выполнению тенотомии сухожилия короткого разгибателя первого пальца (EPB) с последующей его транспозицией на сухожилие длинной отводящей мышцы (APL). Таким образом устраняется основная деформирующая пястно-фаланговый сустав сила, а также облегчается отведение первого луча [65]. Более сложной задачей является коррекция приводящей контрактуры. В большинстве случаев хирурги сталкиваются с фиксированным приведением, сопровождающимся атрофией мышц первого межпальцевого промежутка. Для восстановления противопоставления первого луча требуется пересечение всех укороченных структур с их последующей Z-пластикой. В ряде случаев возникает необходимость кожной пластики [33].

Ревизионная хирургия седловидного сустава

Необходимость повторных вмешательств на седловидном суставе возникает, по данным разных авторов, в 2–25% случаев, в зависимости от способа первичной артропластики. Выбор ревизионного вмешательства представляет собой сложную задачу [4, 33]. Характерными осложнениями первичной артропластики седловидного сустава являются сохранение коллапса первого луча, несостоятельность или потеря фиксации восстановленных связок, подвывих, лизис интерпозиционного материала, распространение дегенеративного процесса на пястно-фаланговый и ладьевидно-трапециевидный суставы. Клиническими проявлениями, как правило, служат сохранение боли или функциональная несостоятельность оперированного сустава [66]. Повторные вмешательства ос-

ложнены отсутствием пластического материала для восстановления высоты сустава и его стабилизации. По данным большинства авторов, наилучших результатов при ревизионных вмешательствах позволяет добиться артродезирование [9, 10]. Широко используется костная аутопластика, с помощью которой заполняется канал в пястной кости после удаления протеза, а также возмещается дефект длины первого луча. Однако в случаях, когда сохранение мобильности сустава является критически важным условием для пациента, возможна попытка повторного выполнения интерпозиционной артропластики при сохранении достаточного объема пластического материала [33]. Как в первичной, так и в ревизионной хирургии седловидного сустава широко использовались силиконовые спейсеры: Silastic, Tie или Swanson. С их помощью легко восстанавливалась высота сустава, который стабилизировался за счет лигаментопластики. Этому методу часто отдавали предпочтение при неудачном протезировании — ножка спейсера заполняла дефект ткани пястной кости [33, 66]. Но анализ отдаленных результатов показал высокую частоту фрагментации имплантатов и реакции параартикулярных тканей, вызванных контактом с силиконом [52, 66, 67]. На сегодняшний день такие имплантаты нашли применение при повторных вмешательствах у пожилых пациентов с низкими требованиями к функции сустава [8, 67, 68].

Заключение

Хирургическое лечение при дегенеративном поражении седловидного сустава вследствие его высокого функционального значения и сложности морфологии и биомеханики остается сложной проблемой. Основные задачи артропластики сустава заключаются в восстановлении безболезненных движений с амплитудой, позволяющей выполнять основные функции захвата с достаточной силой. Многообразие различных хирургических методик, зачастую противоречивые данные о результатах их применения создают значительную проблему оптимального выбора. В большинстве своем хирургические вмешательства позволяют добиться лишь кратковременных удовлетворительных результатов либо сопровождаются значительным функциональным дефицитом сустава. Поэтому разработка тактики хирургического лечения остеоартроза седловидного сустава, позволяющей восстановить его функцию и минимизировать осложнения, требует дальнейшего изучения.

Конфликт интересов: не заявлен.

Источник финансирования: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Литература [References]

- Mikhalkievich D.I. Rhizarthrosis of the hand. *Медицинский журнал*. 2017;(3):21-26.
Mikhalkievich D.I. Rhizarthrosis of the hand. *Meditsinskii zhurnal* [Medical Journal]. 2017;(3):21-26. (in Russian).
- Bettinger P.C., Berger A.B. Functional ligamentous anatomy of the trapezium and trapeziometacarpal joint (gross and arthroscopic). *Hand Clinics*. 2001; 17(2):151-168.
- Gay A.M., Cerlier A., Iniesta A., Legré R. Surgery for trapeziometacarpal osteoarthritis. *Hand Surg Rehabil*. 2016; 35(4):238-249. DOI: 10.1016/j.hansur.2016.06.002.
- Barron O.A., Catalano L.W. Green's Operative Hand Surgery. 6th ed. Churchill Livingstone. 2011. Ch. 13. P. 407-426.
- Капанджи А.И. Верхняя конечность. Физиология суставов. Том 1. 6-е изд. М.: Эксмо, 2009. С. 268-287.
Kapandji A.I. [Upper extremity. Joint's Physiology]. Vol. 1. VI ed. Moscow: Eksmo; 2009. P. 268-287. (in Russian).
- Luria S., Waitayawinyu T., Nemechek N., Huber P., Tencer A., Trumble T. Biomechanical analysis of trapeziectomy, ligament reconstruction with tendon interposition, and tie-in trapezium implant arthroplasty for thumb carpometacarpal arthritis: a cadaver study. *J Hand Surg Am*. 2007;32(5):697-706.
DOI: 10.1016/j.jhsa.2007.02.025.
- Rongieres M. Anatomie et physiologie de l'articulation trapezometacarpienne humaine. *Chir Main*. 2004;23: 263-269. DOI: 10.1016/j.main.2004.09.002.
- Rubino M., Cavagnaro L., Sansone V. A new surgical technique for the treatment of scaphotrapezial arthritis associated with trapeziometacarpal arthritis: the narrow pseudoarthrosis. *J Hand Surg*. 2016;41(7):710-718.
DOI: 10.1177/1753193415609656.
- Matullo K., Ilyas A., Thoder J. CMC arthroplasty of the thumb: a review. *Hand (N Y)*. 2007;2(4):232-239.
DOI: 10.1007/s11552-007-9068-9.
- Murphy N., Dasari B., Adams J. A review of osteoarthritis of the trapeziometacarpal joint (TMJ). *Rheumatol Occup Therapy*. 2009;24(1):8-11.
- Hattori Y., Doi K., Dormitorio B., Sakamoto S. Arthrodesis for primary osteoarthritis of the trapeziometacarpal joint in elderly patients. *J Hand Surg*. 2016;41(7):753-759. DOI: 10.1016/j.jhsa.2016.05.009.
- Jurča J., Němejc M., Havlas V. [Surgical treatment for advanced rhizarthrosis. Comparison of results of the Burton-Pellegrini technique and trapeziometacarpal joint arthroplasty]. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. 2016;83(1):27-31. (in Czech).
- Wajon A., Vynycomb T., Carr E., Edmunds I., Ada L. Surgery for thumb (trapeziometacarpal joint) osteoarthritis. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015;23(2): CD004631.
DOI: 10.1002/14651858.cd004631.pub4.
- Cooney W.P., Chao E.Y. Biomechanical analysis of static forces in the thumb during hand function. *J Bone Joint Surg Am*. 1977;59(1):27-36.
DOI: 10.2106/00004623-197759010-00004.
- Burton R.I., Pellegrini V.D. Jr. Basilar joint arthritis of thumb. *J Hand Surg Am*. 1987;12(4):645.
- Eaton R.G., Glickel S.Z. Trapeziometacarpal osteoarthritis. Staging as a rationale for treatment. *Hand Clin*. 1987;3(4):455-471.
- Heyworth B.E., Lee J.H., Kim P.D., Lipton C.B., Strauch R.J., Rosenwasser M.P. Hylan versus corticosteroid versus placebo for treatment of basal joint arthritis: a prospective, randomized, double-blinded clinical trial. *J Hand Surg*. 2008;33(1):40-48.
DOI: 10.1016/j.jhsa.2007.10.009.
- Tomaino M.M. Thumb metacarpal extension osteotomy: rationale and efficacy for Eaton stage I disease. *Hand Clin*. 2006;22(2):137-141. DOI: 10.1016/j.hcl.2006.02.008.
- Gervis W.H. Osteoarthritis of the trapeziometacarpal joint treated by excision of the trapezium. *Proc R Soc Med*. 1947;40:492.
- Gervis W.H. Excision of the trapezium for osteoarthritis of the trapezio-metacarpal joint. *J Bone Joint Surg*. 1949;31B:537-539.
- Boughton O., Mackenzie H. Osteoarthritis of the Trapeziometacarpal Joint (TMJ): A review of the literature. In: Osteoarthritis – diagnosis, treatment and surgery. 2012. DOI: 10.5772/28676.
- Murley A.H.G. Excision of the trapezium in osteoarthritis of the first carpo-metacarpal joint. *J Bone Joint Surg*. 1960;42B:502-507.
- Murley A.H. Carpometacarpal osteoarthritis of the thumb. *Lancet*. 1970;2(7667):312.
- Bettinger P.C., Linscheid R.L., Berger R., Cooney W.P. 3rd, An K.N. An anatomic study of the stabilizing ligaments of the trapezium and trapeziometacarpal joint. *J Hand Surg*. 1999;24(4):786-798.
DOI: 10.1053/jhsu.1999.0786.
- Kuhlmann J.N. [Importance of the posteromedial trapezometacarpal ligamentous complex]. *Chir Main*. 2001;20(1):31-47. (in French).
DOI: 10.1016/s1297-3203(01)00012-9.
- Maes-Clavier C., Bellemère P., Gabrion A., David E., Rotari V., Havet E. Anatomical study of the ligamentous attachments and articular surfaces of the trapeziometacarpal joint. Consequences on surgical management of its osteoarthritis. *Chir Main*. 2014; 33(2):118-23. DOI: 10.1016/j.main.2013.12.004.
- Pellegrini V.D., Parentis M., Judkins A., Olmstead J., Olcott C. Extension metacarpal osteotomy in the treatment of trapeziometacarpal osteoarthritis: a biomechanical study. *J Hand Surg*. 1996;21(1):16-23.
DOI: 10.1016/s0363-5023(96)80149-3.
- Koff M.F., Ugwonalli O.F., Strauch R.J., Rosenwasser M.P., Ateshian G.A., Mow V.C. Sequential wear patterns of the articular cartilage of the thumb carpometacarpal joint in osteoarthritis. *J Hand Surg*. 2003; 28(4):597-604.
DOI: 10.1016/s0363-5023(03)00145-x.
- Eaton R.G., Littler J.W. Ligament reconstruction for the painful thumb carpometacarpal joint. *J Bone Joint Surg*. 1973;55A:1656-1666.
- Eaton R.G., Lane L.B., Littler J.W., Keyser J.J. Ligament reconstruction for the painful thumb carpometacarpal joint: a long-term assessment. *J Hand Surg*. 1984;9(5): 692-699. DOI: 10.1016/s0363-5023(84)80015-5.
- Lane L.B., Henley D.H. Ligament reconstruction of the painful, unstable, nonarthritic thumb carpometacarpal joint. *J Hand Surg*. 2001;26(4):686-691.
DOI: 10.1053/jhsu.2001.26122.
- Freedman D.M., Eaton R.G., Glickel S.Z. Long-term results of volar ligament reconstruction for symptomatic basal joint laxity. *J Hand Surg*. 2000;25(2):297-304.
DOI: 10.1053/jhsu.2000.jhsu25a0297.
- Merle M. Elective Hand Surgery: Rheumatological and degenerative conditions, nerve compression syndromes. Chapter 2. Trapeziometacarpal joint arthritis. World Scientific Publishing. 2011. 529 p.
- Wilson J.N. Basal osteotomy of the first metacarpal in the treatment of arthritis of the carpometacarpal joint of the thumb. *Br J Surg*. 1973;60(11):854-858.
- Zancolli E.A., Ziadenberg C., Zancolli E.J. Biomechanics

- of the trapeziometacarpal joint. *Clin Orthop Relat Res.* 1987;(220):14-26.
DOI: 10.1097/00003086-198707000-00004.
36. Hobby J.L., Lyall H.A., Megitt B.T. First metacarpal for trapeziometacarpal osteoarthritis. *J Bone Joint Surg Br.* 1998;80(3):508-512. DOI: 10.1302/0301-620x.80b3.8199.
 37. Loréa P., Dury M., Marin Braun F., Dekkaï T., De Mey A., Foucher G. [Trapeziometacarpal denervation. Description of surgical technique and preliminary results from a prospective series of 14 cases]. *Chir Main.* 2002;21:209-217. (in French).
 38. Cozzi E.P. Denervation des articulations du poignet de la main. *Chir Main.* 1991;4:781-787.
 39. Giesen T., Klein H.J., Franchi A., Medina J.A., Elliot D. Thumb carpometacarpal joint denervation for primary osteoarthritis: A prospective study of 31 thumbs. *Hand Surg Rehabil.* 2017;36(3):192-197.
DOI: 10.1016/j.hansur.2017.01.007.
 40. Poupon M., Duteille F., Cassagnau E., Leborgne J., Pannier M. [Anatomical study of the nerve supply of the trapeziometacarpal joint. Fifteen dissections]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 2004;90(4):346-352. (in French). DOI: 10.1016/s0035-1040(04)70130-0.
 41. Comtet J.J., Rumelhart C. [Total trapezometacarpal prostheses: concepts and classification study]. *Chir Main.* 2001;20(1):48-54. (in French).
DOI: 10.1016/s1297-3203(01)00013-0.
 42. Weilby A. Tendon interposition arthroplasty of the first carpo-metacarpal joint. *J Hand Surg.* 1988;13(4):421-425. DOI: 10.1016/0266-7681(88)90171-4.
 43. Marks M., Hensler S., Wehrli M., Scheibler A.G., Schindele S., Herren D.B. Trapeziectomy with suspension-interposition arthroplasty for thumb carpometacarpal osteoarthritis: a randomized controlled trial comparing the use of allograft versus flexor carpi radialis tendon. *J Hand Surg.* 2017;42(12):978-986.
DOI: 10.1016/j.jhsa.2017.07.023.
 44. Elfar J.C., Burton R.I. Ligament reconstruction and tendon interposition for thumb basal arthritis. *Hand Clin.* 2013; 29(1):15-25. DOI: 10.1016/j.hcl.2012.08.018.
 45. Kazmers N.H., Hippensteel K.J., Calfee R.P., Wall L.B., Boyer M.I., Goldfarb C.A. et al. Locking plate arthrodesis compares favorably with LRTI for thumb trapeziometacarpal arthrosis: early outcomes from a longitudinal cohort study. *HSSJ.* 2017;13(1):54-60.
DOI: 10.1007/s11420-016-9527-3.
 46. Lenoir H., Erbland A., Lumens D., Coulet B., Chammas M. Trapeziectomy and ligament reconstruction tendon interposition after failed trapeziometacarpal joint replacement. *Hand Surg Rehabil.* 2016;35(1):21-26.
DOI: 10.1016/j.hansur.2015.09.002.
 47. Viegas S.F. A new modification of trapeziectomy and soft tissue interposition arthroplasty with abductor pollicis longus advancement. *Tech Hand Up Extrem Surg.* 2006; 10(3):130-138.
DOI: 10.1097/01.bth.0000231578.24782.cc.
 48. Stussi J.D., Dap F., Merle M. [Retrospective study of 69 primary trapeziometacarpal arthritis treated by total trapezectomy combined in 34 cases with tendon interposition arthroplasty and in 35 cases with suspensioplasty]. *Chir Main.* 2000;199(2):116-127. (in French). DOI: 10.1016/s1297-3203(00)73469-x.
 49. Hippensteel K., Calfee R., Dardas A., Gelberman R., Osei D., Wall L. Functional outcomes of thumb trapeziometacarpal arthrodesis with a locked plate versus ligament reconstruction and tendon interposition. *J Hand Surg.* 2017;42(9):685-692.
DOI: 10.1016/j.jhsa.2017.05.018.
 50. Menon J. Partial trapeziectomy and interposition alarthroplasty for trapeziometacarpal osteoarthritis of the thumb. *J Hand Surg.* 1995;20(5):700-706.
DOI: 10.1016/s0266-7681(05)80140-8.
 51. Davis T.R.C., Brady O., Dias J.J. Excision of the trapezium for osteoarthritis of the trapeziometacarpal joint: a study of the benefit of ligament reconstruction or tendon interposition. *J Hand Surg.* 2004;29(6):1069-1077.
DOI: 10.1016/j.jhsa.2004.06.017.
 52. Catalano L.W., Horne L.T., Fischer E., Barron O.A., Glickel S.Z. Comparison of ligament reconstruction tendon interposition and trapeziometacarpal interposition arthroplasty for basal joint arthritis. *Orthopedics.* 2008;31(3):1-9.
DOI: 10.3928/01477447-20080301-07.
 53. Chug M., Williams N., Benn D., Brindley S. Outcome of uncemented trapeziometacarpal prosthesis for treatment of thumb carpometacarpal joint arthritis. *Indian J Orthop.* 2014;48(4):394-398. DOI: 10.4103/0019-5413.136270.
 54. Blount A.L., Armstrong S.D., Yuan F., Burgess S.D. Porous polyurethaneurea (Artelon) joint spacer compared to trapezium resection and ligament reconstruction. *J Hand Surg.* 2013;38(9):1741-1745.
DOI: 10.1016/j.jhsa.2013.05.013.
 55. Logli A.L., Twu J., Bear B.J., Lindquist J.R., Schoenfeldt T.L., Korcek K.J. Arthroscopic partial trapeziectomy with soft tissue interposition for symptomatic trapeziometacarpal arthritis: 6-month and 5-year minimum follow-up. *J Hand Surg Am.* 2018;43(4):384.e1-384.e7. DOI: 10.1016/j.jhsa.2017.10.016.
 56. Nilsson A., Liljensten E., Bergström C., Sollerman C. Results from a degradable TMC joint Spacer (Artelon) compared with tendon arthroplasty. *J Hand Surg.* 2005; 30(2):380-389. DOI: 10.1016/j.jhsa.2004.12.001.
 57. Spekrijse K.R., Selles R.W., Kedilioglu M.A., Slijper H.P., Feitz R., Hovius S.E., Vermeulen G.M. Trapeziometacarpal arthrodesis or trapeziectomy with ligament reconstruction in primary trapeziometacarpal osteoarthritis: a 5-year follow-up. *J Hand Surg.* 2016; 41(9):910-916. DOI: 10.1016/j.jhsa.2016.07.089.
 58. De la Caffinière J.Y. [Long-term results of the total trapezio-metacarpal prosthesis in osteoarthritis of the thumb]. *Rev Chir Orthop.* 1991;77(5):312-321. (in French).
 59. Odella S., Querenghi A.M., Sartore R., Felice A., Dacatra U. Trapeziometacarpal osteoarthritis: pyrocarbon interposition implants. *Joints.* 2015;2(4):154-158.
DOI: 10.11138/jts/2014.2.4.154.
 60. Brutus J.P., Kinnen L. [Total carpometacarpal joint replacement surgery using the ARPE. Implant for primary osteoarthritis of the thumb: our short-term]. *Chir Main.* 2004; 23:224-228. (in French).
DOI: 10.1016/j.main.2004.08.001.
 61. Knak J., Hansen T. Trapeziectomy or revision into a cemented polyethylene cup in failed trapeziometacarpal total joint arthroplasty. *J Plast Surg Hand Surg.* 2016;50(5):286-290.
DOI: 10.3109/2000656x.2016.1162796.
 62. Spartacus V., Mayoly A., Gay A., Le Corroller T., Némoz-Gaillard M., Roffino S., Chabrand P. Biomechanical analysis of the trapeziometacarpal arthroplasty failures. *Comput Methods Biomech Biomed Engin.* 2017;20(1):193-194. DOI: 10.1080/10255842.2017.1382928.
 63. Caekebeke P., Duerinckx J. Can surgical guidelines minimize complications after Maïa® trapeziometacarpal joint arthroplasty with unconstrained cups? *J Hand Surg.* 2018;43(4):420-425.
DOI: 10.1177/1753193417741237.

64. Thillemann J.K., Thillemann T.M., Munk B., Krøner K. High revision rates with the metal-on-metal Motec carpometacarpal joint prosthesis. *J Hand Surg.* 2016; 41(3):322-327. DOI: 10.1177/1753193415595527.
65. Henry M. Extensor pollicis brevis spiral tenodesis for combined metacarpophalangeal instability and trapeziometacarpal arthritis. *Hand (N Y).* 2018;13(2):190-193. DOI: 10.1177/1558944717695753.
66. Megerle K., Grouls S., Germann G., Kloeters O., Hellmich S. Revision surgery after trapeziometacarpal arthroplasty. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2011;131(2):205-210. DOI: 10.1007/s00402-010-1128-x.
67. Burke N.G., Walsh J., Moran C.J., Cousins G., Molony D., Kelly E.P. Patient-reported outcomes after Silastic replacement of the trapezium for osteoarthritis. *J Hand Surg.* 2012;37(3):263-268. DOI: 10.1177/1753193411419433.
68. Aita M.A., Alves R.S., Longuino L.F., Ferreira C.H., Ikeuti D.H., Rodrigues L.M. Measurement of quality of life among patient undergoing arthroplasty of the thumb to treat CMC arthritis. *Rev Bras Ortop.* 2016; 51(4): 431-436. DOI: 10.1016/j.rboe.2016.06.003.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Родоманова Любовь Анатольевна — д-р мед. наук, профессор, заведующая научным отделением хирургии кисти с микрохирургической техникой, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России; профессор кафедры травматологии и ортопедии, ГБОУ ВПО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург

Орлова Ирина Владиславовна — клинический ординатор ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Lyubov' A. Rodomanova — Dr. Sci. (Med.), professor, head of Hand Surgery and Microsurgery Scientific Department, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics; professor of Department of Traumatology and Orthopedics of Pavlov First St. Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

Irina V. Orlova — clinical intern, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation