

## ВЛИЯНИЕ АНАТОМИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ СВЯЗОК НА КОМПЛЕКС ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА: ИССЛЕДОВАНИЕ *IN VITRO*

Р. Шмидт, С. Бенеш

Госпиталь Бундесвера в г. Ульм  
начальник – генерал медицинской службы профессор Э. Грюнвальд  
Германия

Представлены результаты экспериментального биомеханического исследования трёхмерной кинематики подтаранного и голеностопного суставов после рассечения латерального связочного аппарата, а также после трёх различных операций на связках: 1) непосредственно сухожильного шва; 2) с использованием свободного аутографта из сухожилия *m. peroneus brevis*; 3) пластики с применением аллотрансплантата, содержащего углеродистую ткань.

Анатомические реконструктивные вмешательства на латеральном связочном аппарате голеностопного сустава, которые учитывают естественные точки прикрепления связок, а также их физиологическое протяжение, не привели к какому-либо ограничению естественной амплитуды движений стопы. Таким образом, при помощи анатомической реконструкции связок удалось достичь нормальной свободы движения в подтаранном и голеностопном суставах. При этом лучшие результаты здесь показал непосредственно шов, или же костная реинсерция. Ограничения движения в подтаранном и голеностопном суставах не наблюдалось.

Непосредственный шов, или же костная реинсерция связок, предлагается в качестве метода выбора при лечении механически обусловленной хронической нестабильности голеностопного сустава. Если состояние остатков связочного аппарата не позволяет выполнить непосредственно шов связок, следует применять иной анатомический метод.

**Ключевые слова:** *in vitro*, хроническая нестабильность голеностопного сустава, подтаранный сустав, голеностопный сустав, тенodes, анатомическая реконструкция, кинематика.

## BIOMECHANICAL CONSEQUENCES OF ANATOMICAL RECONSTRUCTION OF THE LATERAL LIGAMENTS TO THE ANKLE JOINT COMPLEX: AN *IN VITRO* INVESTIGATION

R. Schmidt, S. Benesh

Bundeswehrkrankenhaus Ulm,  
chief – E. Grunwald, MD Professor

The three-dimensional kinematics of both the ankle and the subtalar joints was examined after cutting and subsequent repairing the lateral ligaments using three anatomical procedures: direct repair, tendon graft and carbon-fibre implant.

All procedures restored the original kinematics of the subtalar joint, except the plantar/dorsiflexion. For the talocrural joint, the tendon graft and the carbon fibre implant left a minimal laxity for the inversion/eversion and internal/external rotation movements. The direct repair procedure restored the physiologic kinematics almost completely and gave the best results, allowing to restore almost completely the physiologic kinematics. Each procedure respected the insertion points and the directions of the original ligaments. However, the different results for the direct repair and the other two anatomical procedures show that this condition alone is not sufficient to restore the kinematics of the talocrural and subtalar joints perfectly. None of the procedures caused a movement restriction.

Thus, we recommend the direct repair of the ligaments as the method of choice. If the quality or the conditions of the ligaments do not allow a direct repair, we recommend to use another anatomical reconstruction.

**Key words:** *in vitro* study, chronic ankle instability, talocrural joint, subtalar joint, tenodesis, anatomical reconstruction, kinematics.

### Введение

Повреждение латерального связочного аппарата голеностопного сустава – самая частая травма в спортивной медицине [14, 15]. Причины этого следует искать как в анатомических особенностях голеностопного сустава, так и в механизмах, лежа-

щих в основе травм. Особенную опасность представляют собой различные игровые виды спорта, например футбол [44]. И если острое повреждение связок сегодня чаще лечат консервативными методами, то относительно оперативного подхода к лечению хронической нестабильности связоч-

ного аппарата по-прежнему нет единого мнения [4, 39, 40]. Приблизительно в 20% всех ортопедических клиник в качестве метода выбора используют тенodesы [4].

Для оценки биомеханического воздействия тенодезов на комплекс голеностопного сустава нами были проведены исследования *in vitro*, касающиеся наиболее часто используемых тенодезов по Эвансу, Уотсон–Джонсу или Крисмен–Снуку [2, 36, 37]. Эти исследования свидетельствуют о том, что ответом на измененную биомеханику и связанным с этим изменением нагрузки может быть повышенный износ сустава [2]. В частности, в таранно-пяточном суставе он является следствием биомеханически неблагоприятного вмешательства. Из этого вытекает требование к выполнению анатомически более корректных реконструктивных методов восстановления латерального связочного аппарата. Результаты анатомических методов пластических операций на связках в опытах *in vitro*, учитываются всё еще недостаточно.

Еще в 1978 г. С. J. Wirth с соавторами с помощью лигатурного шва на трупах показали, что только непосредственное анатомическое восстановление наружных боковых связок голеностопного сустава гарантирует свободную подвижность в подтаранном и голеностопном суставах [47]. Отклонение от естественных точек прикрепления приводило либо к ограничению подвижности, либо к ослаблению связок. Углубленные исследования *in vitro* показали, что тенодезы вообще ограничивают тыльное сгибание стопы [38]. Нарушение биомеханики голеностопного сустава как возможная причина возникновения деформирующего артроза, обнаруженного путем длительных наблюдений, обсуждались также Н. Р. Becker с соавторами и J. Karlsson с соавторами [5, 21]. В литературе встречаются критические замечания по поводу тенодезов, которые могут приводить к снижению функции голеностопного сустава [16, 17, 27]. Некоторые исследования, напротив, подтверждают, что пациенты, у которых применяли анатомические методы пластических операций на связках, остались ими довольны [3, 31, 32, 45]. Имитируя естественное натяжение связок, эти методы практически не оказывают никакого негативного влияния на биомеханические показатели голеностопного сустава [9, 33, 35, 43]. Многими авторами были предприняты сравнительные биомеханические исследования пластики связок с помощью имитаторов нагрузки или движения [10, 11, 28]. Но, в зависимости от конструкции, использовавшиеся устройства могли только частично имитировать физиологические условия. В ходе экспериментов *in vitro* на комплексе голеностопного сустава, проведенных раньше, хорошо

показал себя модифицированный имитатор позвоночного столба по H. J. Wilke, используемый для точного анализа относительных движений [38, 46].

Результаты длительных клинических наблюдений после анатомической реконструкции связок указывают на значение регенерации связочного аппарата, что максимально восстанавливает нормальную анатомическую структуру, и о чём неоднократно упоминается в литературе [23, 25, 29, 49]. Однако, что касается обоснования данного требования, то здесь почти отсутствуют данные биомеханических исследований, которые бы анализировали механический эффект анатомической техники реконструкции. Поэтому целью нашего исследования были ответы на следующие вопросы:

1. Можно ли за счет анатомической реконструкции связок достичь нормальной амплитуды движения в голеностопном суставе?
2. Какая хирургическая техника больше всего соответствует физиологии неповрежденного голеностопного сустава?

### Материал и методы

Для исследований применялись 10 препарированных человеческих голеней, которые были подвергнуты глубокой заморозке при температуре минус 20°C. Их размораживали за 12 часов до препарирования. Препараты были отсечены на расстоянии 15 см выше голеностопного сустава, таким образом, длина большеберцовой кости у всех была одинаковой. Затем от голени были отделены все мягкие ткани, за исключением структур сумочно-связочного аппарата голеностопного сустава и *Membrana interossea*. По техническим причинам зажим препарата в имитаторе происходил с поворотом на 180°, в результате чего проксимальный конец большеберцовой кости оставался внизу, на дне испытательной рамы. Большеберцовая и малоберцовая кости были вместе залиты в цилиндр из полиметилметакрилата (Technovit 3040, Heraeus Kulzer GmbH, Wehrheim), внизу которого, с целью фиксации в имитаторе, был привинчен фланец. Пяточная кость была закреплена на имитаторе с помощью специально разработанного для этого держателя (рис.).

Для каждого препарата были предусмотрены пять серий эксперимента. Вначале определяли размер движения при неповрежденном связочном аппарате. Затем имитировали повреждение связок, при котором *Lig. fibulotalare anterius*, а затем и *Lig. fibulocalcaneare* были рассечены скальпелем. После этого были исследованы три различных анатомических метода восстановления связок.

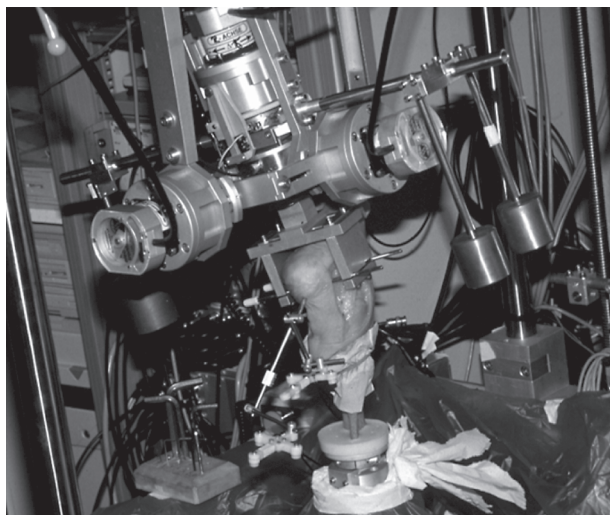


Рис. Препарат голени зажат в имитаторе позвоночника

Вначале выполняли восстановление связок по L. Broström [8], или же, при невозможности наложения непосредственного шва, костная неинсерция по J. Karlsson [22]. После этого в качестве заменителя связок использовали свободный аутотрансплантат (разделенное пополам сухожилие *M. peroneus brevis*). Свободный аутотрансплантат был проведен по аналогии с ходом связок *Ligg. fibulotalare anterius* и *fibulocalcanearae* – через просверленное отверстие V-образной формы на верхушке малоберцовой кости, после чего производилась его фиксация к таранной и пяточной костям с помощью кортикальных винтов. В отдельных случаях крепление винтов производилось с помощью костного цемента (Technovit 3040, Heraeus Kulzer GmbH, Wehrheim). При последнем, третьем, методе трансплантат сухожилия был заменен связкой, содержащей углеродистые волокна (Linaphil, B. Braun Melsungen). Эта связка с целью полной имитации фиксировалась к костным структурам аналогичным способом.

Для каждого состояния стопы – нативное (NA), рассеченные связки (DB), связочный шов (AR), свободный трансплантат сухожилий (BR), углеродистое волокно (KO) – на имитаторе позвоночника были определены трехмерные пространства свободы движений (ROM) с целью исследования следующих отделов:

- 1) общий комплекс голеностопного сустава (OSG и USG) – SGK;
- 2) голеностопный сустав – OSG;
- 3) подтаранный сустав – USG.

Данные ROM были определены для всех видов тыльных/подошвенных сгибаний, инверсии/эверсии, а также наружной и внутренней

ротации. Регистрация данных осуществлялась с помощью системы измерений по Цебрису (Zebris, Tuttlingen, Deutschland), которая определила амплитуду движений при использовании доплеровского эффекта для определенных точек измерения.

После фиксации препарата в нейтральном положении без нагрузки производилась запись каждого из трех циклов движения. При этом целью первых двух циклов было прекондиционирование препарата, третий цикл был предназначен для анализа результатов. Предыдущие исследования показали, что третий цикл приблизительно идентичен всем следующим циклам [38, 46]. На основании кривой третьего цикла рассчитывали объем движения (ROM).

Для сравнения полученных результатов с данными интактного сустава были использованы непараметрические тесты для спаренных измерений – Wilcoxon Signed Rank Test и Friedman Test, StatView 5, SAS Inc. За уровень достоверности было принято число  $p < 0,05$ .

## Результаты

В общей сложности были препарированы и исследованы 10 голеностопных суставов. Для подошвенных и дорсальных сгибаний по техническим причинам были использованы только 8, для эверсии/инверсии – 9 стоп. У двух препаратов объем движения после рассечения связок был больше, чем степень измерения имитатора позвоночника. С целью наглядности данные в текстовой части качественно представляются в угловых процентах (W%). Абсолютные показатели в градусах со стандартным отклонением и статистическими достоверностями приведены в соответствующих таблицах.

### 1. Тыльное разгибание/подошвенное сгибание

Рассечение *Ligg. fibulotalare anterius* и *fibulocalcanearae* привело во всем комплексе голеностопного сустава (SGK) к увеличению подвижности на 8 W%, в голеностопном суставе (OSG) – на 7 W%, а в таранно-пяточном (USG) – даже к увеличению подвижности на 19 W%. Как и ожидалось, рассечение связок увеличило степень подошвенного сгибания и тыльного разгибания. Все методы анатомического восстановления связок уменьшали условия нестабильности как в общем комплексе голеностопного сустава (SGK), так и в самом голеностопном суставе (OSG). Отдельно в таранно-пяточном суставе (USG) также наблюдалось увеличение подвижности. В результате шва связок (AR) было практически достигнуто состояние связочного аппарата, аналогичное его естественному состоянию в комплексе голеностопного су-

става (SGK) и в самом голеностопном суставе (OSG). Ограничение уровня подвижности не было установлено ни при каких других использованных методах операции.

### 2. Инверсия/эверсия

Рассечение *Ligg. fibulotalare anterius* и *fibulocalcaneare* привело к увеличению подвижности в комплексе голеностопного сустава (SGK) на 38 W%, в самом голеностопном суставе (OSG) – на 220 W% и в таранно-пяточном суставе (USG) – на 3 W%. Все хирургические методы стабилизировали голеностопный сустав приблизительно одинаково, причем применение методики с использованием углеродистого волокна (КО) создавали условия, приближенные к естественному состоянию связочного аппарата. Что касается таранно-пя-

точного сустава, то предпочтение здесь стоит отдать непосредственно шву связки (AR), так как он наиболее приближен к условиям нативного состояния.

### 3. Внутренняя / наружная ротация

Рассечение связок привело к увеличению подвижности в комплексе голеностопного сустава (SGK) на 30 W%, в голеностопном суставе (OSG) – на 50 W%, в таранно-пяточном суставе (USG) – на 12 W%. Анатомическая реконструкция с применением шва связок создает наилучшие условия для восстановления по сравнению с другими операционными методами. Применение трансплантата сухожилия *m. peroneus brevis* также почти не оказало негативного влияния на таранно-пяточный сустав (USG).

Таблица 1

**Абсолютные показатели при тыльном разгибании/подошвенном сгибании, град.**

Состояние	Средний показатель	СО	Мин.	Макс.	Достоверность p<0,05
Комплекс голеностопного сустава (SGK)					
NA	33,8	3,7	27,1	38,0	
DB	36,4	3,7	32,5	41,9	да
AR	34,3	3,9	28,9	40,1	нет
BR	35,8	3,8	30,5	40,5	нет
КО	35,5	4,9	26,8	41,7	нет
Голеностопный сустав (OSG)					
NA	30,7	3,7	25,5	37,8	
DB	32,8	4,1	26,4	40,9	да
AR	30,6	4,5	23,1	39,4	нет
BR	31,8	3,0	27,0	38,1	нет
КО	31,5	3,3	26,2	37,6	нет
Таранно-пяточный сустав (USG)					
NA	2,6	1,6	0,5	5,4	
DB	3,1	1,7	0,5	6,1	да
AR	3,3	2,2	0,2	6,4	да
BR	3,7	2,5	0,2	7,1	да
КО	3,5	2,3	0,1	6,6	да

Таблица 2

**Абсолютные показатели при инверсии/эверсии, град.**

Комплекс голеностопного сустава (SGK)					
Состояние связок	Средний показатель	CO	Мин.	Макс.	Достоверность p<0,05
NA	20,5	4,8	9,2	28,3	
DB	29,5	9,9	22,5	38,2	да
AR	23,1	3,4	16,6	28,1	нет
BR	24,3	4,4	19,0	30,6	да
KO	22,8	6,0	15,9	32,3	нет
Голеностопный сустав (OSG)					
NA	2,6	3,2	0,5	11,3	
DB	9,9	6,5	0,5	20,8	да
AR	4,4	3,3	1,4	11,0	нет
BR	4,9	3,4	0,6	12,3	да
KO	4,6	3,4	0,9	12,7	да
Таранно-пяточный сустав (USG)					
NA	18,6	5,8	6,3	23,8	
DB	19,4	7,1	9,4	24,0	нет
AR	18,9	4,9	10,0	24,0	нет
BR	19,1	5,0	10,1	25,5	нет
KO	17,1	5,1	7,6	23,9	нет

Таблица 3

**Абсолютные показатели при наружной и внутренней ротации, град.**

Комплекс голеностопного сустава (SGK)					
Состояние связки	Средний показатель	CO	Мин.	Макс.	p<0,05
NA	15,0	4,2	10,0	21,4	
DB	19,3	4,3	12,0	25,5	да
AR	15,6	3,3	9,8	19,6	нет
BR	17,6	4,0	11,1	23,8	да
KO	16,8	4,1	10,5	23,2	да
Голеностопный сустав (OSG)					
NA	7,1	1,2	5,7	9,0	
DB	11,3	4,7	6,3	18,3	да
AR	8,0	1,9	5,3	11,9	да
BR	10,8	3,6	7,1	17,3	да
KO	9,8	5,5	0	18,7	да
Таранно-пяточный сустав (USG)					
NA	6,9	3,6	1,9	11,9	
DB	7,3	3,7	2,2	13,4	да
AR	6,9	3,4	1,3	11,6	нет
BR	6,2	2,5	3,2	11,5	нет
KO	5,7	2,5	2,7	9,4	нет

## Обсуждение

Исследование *in vitro* подтвердило, что анатомические реконструктивные вмешательства на латеральном связочном аппарате голеностопного сустава не приводят к какому-либо ограничению объёма движений в суставе. Таким образом, методом анатомической реконструкции связок удается достичь нормальной функции в таранно-пяточном и голеностопном суставах. При этом наилучшие результаты были получены при использовании шва связок или костной реинсерции.

В своих исследованиях R. Krips с соавторами, а также J. Karlsson с соавторами смогли доказать, что результаты анатомической реконструкции связок, даже после наблюдения на протяжении десяти лет, существенно превосходят результаты, имеющие место после тенодезных операций [23, 29]. J. Karlsson и O. Lansinger на примере молодых пациентов, активно занимающихся спортом, смогли установить, что анатомические реконструктивные методы дают очень хорошие ближайшие и отдалённые результаты без причинения ущерба функции сустава [24, 25]. С другой стороны, существует целый ряд публикаций, в которых сообщается о хороших и отличных результатах тенодезов по Evans или Watson–Jones [1, 7, 34, 48]. Однако результаты, полученные в длительные сроки наблюдений после различных операций тенодеза, стоит всё-таки рассматривать под критическим углом. Так, например, J. Karlsson с соавторами оценили отдалённые результаты в среднем через 14 лет после тенодеза по методу Эванса и на основании объективных клинорентгенологических исследований обнаружили удовлетворительные результаты только в 50% всех повторно обследованных пациентов [21]. Н.Р. Веcker с соавторами после тенодеза по Эвансу обнаружили отчетливое увеличение толщины костной ткани таранной и малоберцовой костей, являющееся усиливающимся признаком деформирующего артроза голеностопного сустава [5]. A. Kaikonen с соавторами спустя пять лет после тенодеза по Эвансу смогли определить удовлетворительные результаты лишь у 52% обследованных пациентов [20]. D. Rosenbaum с соавторами обнаружили неудовлетворительные клинические и рентгенологические результаты спустя 10 лет после тенодеза по Эвансу [37].

Именно на фоне все еще существующей неуверенности в выборе оперативного метода лечения хронической нестабильности голеностопного сустава и продолжающихся споров по этой проблеме, исследования *in vitro* могут внести определённый вклад в обоснование подходов к хирургическому вмешательству [10, 40–42].

Как при любом исследовании *in vitro*, стоит задать критический вопрос: в какой мере эти результаты можно применить к ситуации *in vivo*. Стабильность голеностопного сустава – это не только совокупность статико-биомеханических условий, но и динамическое взаимодействие сухожилий, окружающих голеностопный сустав [18, 19, 24]. Так, незначительные послеоперационные механические дефекты могут быть эффективно скомпенсированы достаточным проприоцептивным тренингом перонеальной мускулатуры [6, 12, 13, 26]. Не в последнюю очередь улучшению нейромышечных характеристик способствуют регулярные занятия спортом. Эту гипотезу доказали K. Lipke с соавторами, которые при обследовании 120 добровольцев со здоровыми стопами обнаружили отчетливо укороченное перонеальное время реакции у спортсменов по сравнению людьми, не занимающимися спортом [30].

## Выводы

На основе полученных результатов *in vitro* можно сделать вывод, что анатомические реконструкции наружного связочного аппарата представляют собой эффективный метод лечения механически обусловленной хронической нестабильности. По возможности предпочтение должно быть отдано шву связок. Только при определении нормальных точек прикрепления связок и при обеспечении естественной протяженности заменителей связок возможна нормальная подвижность сустава. В противовес различным техникам тенодеза, анатомические методы восстановления связочного аппарата не ведут к ограничению нормальной биомеханики сустава.

У молодых и активно занимающихся спортом пациентов риск заболевания артрозом следует минимизировать за счет точной и отвечающей анатомическим особенностям репарации. Незначительную послеоперационную механическую недостаточность можно в полной мере компенсировать посредством хорошо организованной программы физиотерапевтических упражнений в рамках послеоперационной реабилитации.

## Литература

1. Andersen E., Hvass I. Treatment of lateral instability of the ankle – a new modification of the Evans repair. Arch. Orthop. Trauma Surg. 1986;106:15-17.
2. Becker H.P., Rosenbaum D. Functional disorders of the foot after tenodeses: is the method still currently acceptable? Sportverletz. Sportschaden. 1996;10:94-99.
3. Becker H.P., Rosenbaum D. Chronic recurrent ligament instability on the lateral ankle. Orthopäde. 1999;28:483-492.

4. Becker H.P., Schmidt R., Gutcke A., Gerngross H. Current status of diagnosis and therapy of chronic collateral ligament instability of the ankle joint: results of a survey of 267 German clinics in 1994. *Unfallchirurg.* 1995;98:493-499.
5. Becker H.P., Zeithammel G., Danz B., Rosenbaum D., Gerngross H. Clinical and roentgenologic 5 year follow-up of modified Evans-plasty in chronic lateral instability of the ankle joint. *Unfallchirurg.* 1995;98:333-337.
6. Bennett W.F. Lateral ankle sprains. Part II: Acute and chronic treatment see comments. *Orthop. Rev.* 1994;23:504-510.
7. Bjorkenheim J.M., Sandelin J., Santavirta S. Evans' procedure in the treatment of chronic instability of the ankle. *Injury.* 1988;19:70-72.
8. Brostrom L. Sprained ankles. VI. Surgical treatment of «chronic» ligament ruptures. *Acta Chir .Scand.* 1966;132:551-565.
9. Burri C., Neugebauer R. Carbon fiber replacement of the ligaments of the shoulder girdle and the treatment of lateral instability of the ankle joint. *Clin. Orthop.* 1985;196:112-117.
10. Chen J., Siegler S., Schneck C.D. The three-dimensional kinematics and flexibility characteristics of the human ankle and subtalar joint--Part II: Flexibility characteristics. *J. Biomech. Eng.* 1988;110:374-385.
11. Colville M.R., Marder R.A., Zarins B. Reconstruction of the lateral ankle ligaments. A biomechanical analysis. *Am. J. Sports Med.* 1992;20:594-600.
12. Devanne H., Maton B. Role of proprioceptive information in the temporal coordination between joints. *Exp. Brain Res.* 1998;119 () 58-64.
13. Fernandes N., Allison G.T., Hopper D. Peroneal latency in normal and injured ankles at varying angles of perturbation. *Clin. Orthop.* 2000;193-201.
14. Fritschy D., Junet C., Bonvin J.C. Functional Treatment of Severe Ankle Sprain. 1987;131-136.
15. Garrick J.G. The frequency of injury, mechanism of injury, and epidemiology of ankle sprains. *Am J. Sports Med.* 1977;5:241-242.
16. Hollis J.M., Blasier R.D., Flahiff C.M. Simulated lateral ankle ligamentous injury. Change in ankle stability. *Am J. Sports Med.* 1995;23:672-677.
17. Hollis J.M., Blasier R.D., Flahiff C.M., Hofmann O.E. Biomechanical comparison of reconstruction techniques in simulated lateral ankle ligament injury. *Am J. Sports Med.* 1995;23:678-682.
18. Jerosch J., Bischof M. The effect of proprioception on functional stability of the upper ankle joint with special reference to stabilizing aids. *Sportverletz Sportschaden.* 1994;8:111-121.
19. Jerosch J., Schoppe R. Midterm effects of ankle joint supports on sensomotor and sport- specific capabilities In Process Citation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2000;8:252-259.
20. Kaikkonen A., Lehtonen H., Kannus P., Jarvinen M. Long-term functional outcome after surgery of chronic ankle instability. A 5-year follow-up study of the modified Evans procedure. *Scand J. Med Sci Sports.* 1999;9:239-244.
21. Karlsson J., Bergsten T., Lansinger O., Peterson L. Lateral instability of the ankle treated by the Evans procedure. A long- term clinical and radiological follow-up. *J. Bone Joint Surg. Br.* 1988;70:476-480.
22. Karlsson J., Bergsten T., Lansinger O., Peterson L. Surgical treatment of chronic lateral instability of the ankle joint. A new procedure. *Am J. Sports Med.* 1989;17:268-273; discussion 273-274.
23. Karlsson J., Eriksson B.L., Bergsten T., Rudholm O., Sward L. Comparison of two anatomic reconstructions for chronic lateral instability of the ankle joint. *Am J. Sports Med.* 1997;25:48-53.
24. Karlsson J., Lansinger O. Lateral instability of the ankle joint. *Clin. Orthop.* 1992:253-261.
25. Karlsson J., Lansinger O. Chronic lateral instability of the ankle in athletes. *Sports Med.* 1993;16:355-365.
26. Karlsson J., Lansinger O., Faxen E. Lateral instability of the ankle joint (2). Active training programs can prevent surgery. *Lakartidningen.* 1991;88:1404-1407.
27. Kjaersgaard-Andersen P., Madsen F., Frich L.H., Wethelund J.O., Sojbjerg JO: Lateral hindfoot instability treated with the Evans tenodesis: a biomechanical analysis. *J. Foot Surg.* 1990;29:25-32.
28. Kjaersgaard-Andersen P., Sojbjerg JO, Wethelund JO, Helmig P, Madsen F: Watson-Jones tenodesis for ankle instability. A mechanical analysis in amputation specimens. *Acta Orthop Scand* 60 (1989) 477-480
29. Krips R., van Dijk C.N., Halasi T., Lehtonen H., Moyon B., Lanzetta A., Farkas T., Karlsson J. Anatomical reconstruction versus tenodesis for the treatment of chronic anterolateral instability of the ankle joint: a 2- to 10-year follow- up, multicenter study. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2000;8:173-179.
30. Lipke K., Tannheimer M., Benesch S., Gerngross H., Becker H.P., Schmidt R. Die Peroneale Reaktionszeit: Untersuchung in einem Normalkollektiv. *Unfallchirurg.* 2001
31. Liu S.H., Baker C.L. Comparison of lateral ankle ligamentous reconstruction procedures. *Am J. Sports Med.* 1994;22:313-317.
32. Liu S.H., Jacobson K.E. A new operation for chronic lateral ankle instability. *J. Bone Joint Surg. Br* 1995;77:55-59.
33. Lundberg A., Goldie I., Kalin B., Selvik G. Kinematics of the ankle/foot complex: plantarflexion and dorsiflexion. *Foot Ankle.* 1989;9:194-200.
34. Ottosson L.: Lateral instability of the ankle treated by a modified Evans procedure. *Acta Orthop. Scand.* 1978;49:302-305.
35. Paar O., Rieck B., Bernett P. Experimental studies on load-bearing pressure and contact areas in the ankle joint. *Unfallheilkunde.* 1983;86:531-534.
36. Rosenbaum D., Becker H.P., Sterk J., Gerngross H., Claes L. Long-term results of the modified Evans repair for chronic ankle instability. *Orthopedics.* 1996;19:451-455.
37. Rosenbaum D., Becker H.P., Sterk J., Gerngross H., Claes L. Functional evaluation of the 10-year outcome after modified Evans repair for chronic ankle instability. *Foot Ankle Int.* 1997;18:765-771.
38. Rosenbaum D., Becker H.P., Wilke H.J., Claes L.E. Tenodeses destroy the kinematic coupling of the ankle joint complex. A three-dimensional in vitro analysis of joint movement see comments. *J. Bone Joint Surg. Br.* 1998;80:162-168.
39. Rudert M., Wulker N., Wirth C.J. Fibular ligament rupture-conservative or surgical treatment? *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 1997;135:Oa25-26.
40. Schmidt R., Becker H.P., Gerngross H. Surgical treatment of chronic ankle joint instability--many variations in German clinics. Analysis of a 1994 German survey. *Sportverletz Sportschaden.* 1997;11:21-26.

41. Siegler S., Chen J., Schneck C.D. The three-dimensional kinematics and flexibility characteristics of the human ankle and subtalar joints--Part I: Kinematics. J Biomech Eng.1988;110:364-373.
42. Siegler S., Chen J., Schneck C.D. The effect of damage to the lateral collateral ligaments on the mechanical characteristics of the ankle joint--an in vitro study. J Biomech Eng.1990;112:129-137.
43. Siegler S., Wang D., Plasha E., Berman A.T. Technique for in vivo measurement of the three-dimensional kinematics and laxity characteristics of the ankle joint complex. J. Orthop. Res.1994;12:421-431.
44. Steinbrück K. Fibulo-talare Bandverletzungen beim Sportler. Sporttherapie-Sporttraumatologie.1996:1-8.
45. Verhagen R.A., de Keizer G., van Dijk C.N. Long-term follow-up of inversion trauma of the ankle. Arch. Orthop. Trauma Surg.1995; 114: 92-96.
46. Wilke H.J. Möglichkeiten und Grenzen der biomechanischen in vitro Testung von Wirbelsäulenimplantaten. Habilitationsschrift. Medizinische Fakultät der Universität Ulm. 1996.
47. Wirth C.J., Kusswetter W., Jager M. Biomechanics and pathomechanics of the ankle joint. Hefte Unfallheilkd.1978; 131:10-22.
48. Younes C., Fowles J.V., Fallaha M., Antoun R. Long-term results of surgical reconstruction for chronic lateral instability of the ankle: comparison of Watson-Jones and Evans techniques. J. Trauma.1988; 28:1330-1334.
49. Zwipp H., Tscherne H. Treatment of chronic anterolateral instability of the upper ankle joint: direct ligament reconstruction-periosteal flap-tenodesis. Unfallheilkd.1984; 87:405-415.

---

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

Шмидт Роланд – доктор медицины приват-доцент, полковник медицинской службы, начальник хирургической клиники госпиталя Бундесвера г. Ульм.

Schmidt Roland – Priv.-Doz., Ärztlicher Direktor der Klinik für Allgemein-, Visceral- und Thoraxchirurgie Bundeswehrkrankenhaus Ulm

e-mail: doc.r.schmidt@t-online.de;

Бенеш Стефан – доктор медицины, полковник медицинской службы, старший врач хирургической клиники госпиталя Бундесвера г. Ульм.

Benesch Stefan – Oberarzt der Klinik für Allgemein-, Visceral- und Thoraxchirurgie Bundeswehrkrankenhaus Ulm  
e-mail: sbenesch@me.com.

*Рукопись поступила: 17.05.2013*