

# Эффективность и безопасность применения пневмотурникета во время тотальной артропластики коленного сустава: когда выполнять его релиз?

Д.В. Чугаев, Н.Н. Корнилов, П.Г. Коган

ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена»  
Минздрава России  
Ул. Акад. Байкова, д. 8, Санкт-Петербург, 195427, Россия

## Реферат

**Актуальность.** Использование пневмотурникета (жгута) во время тотального эндопротезирования коленного сустава является высокоэффективной опцией, позволяющей уменьшить время оперативного вмешательства и снизить объем интраоперационной кровопотери. Разные исследователи пропагандируют различающиеся между собой тактические подходы к продолжительности использования турникета во время артропластики — так называемые ранний и поздний релизы.

**Цель исследования** — оценить эффективность и безопасность применения различных методик использования пневмотурникета во время первичного тотального эндопротезирования коленного сустава.

**Материал и методы.** 72 пациента с терминальной стадией гонартроза рандомизированно были разделены на две группы по 36 человек в каждой: I — с применением пневмотурникета на протяжении всего оперативного вмешательства, включая ушивание раны (поздний релиз турникета); II — с применением пневмотурникета до окончания имплантации компонентов эндопротеза и выполнением гемостаза после релиза пневмотурникета с последующим ушиванием операционной раны (ранний релиз турникета). Во время нахождения пациента в стационаре оценивали: показатели периоперационной кровопотери и изменения показателей крови, потребность в переливании гемотрансфузионных сред, выраженность болевого синдрома по шкале VAS, скорость восстановления функции коленного сустава, количество послеоперационных осложнений.

**Результаты.** Продолжительность операции в изучаемых группах составила  $70 \pm 15,4$  мин в группе I (поздний релиз) и  $95 \pm 27,5$  мин в группе II (ранний релиз) ( $p = 0,001$ ). На 7-е сутки после выполненного оперативного вмешательства были отмечены статистически значимые отличия ( $p < 0,05$ ): снижение уровня показателей гемоглобина, эритроцитов и гематокрита у больных, которым выполняли ранний релиз пневмотурникета, было более выраженным. При оценке скорости восстановления функции коленного сустава по шкале KSS, интенсивности болевого синдрома, количества ишемических и тромбозмболических осложнений значимых статистических отличий у пациентов обеих групп выявлено не было.

**Заключение.** Применение пневмотурникета на протяжении всей операции с релизом турникета после ушивания операционной раны не приводит к резкому увеличению количества ишемических и тромбозмболических осложнений. В то же время, применение данной методики в значительной степени сохраняет показатели гемоглобина, эритроцитов и гематокрита на высоком уровне, без их критического снижения.

**Ключевые слова:** эндопротезирование коленного сустава, пневмотурникет, кровопотеря, кровосбережение.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-4-9-17

Чугаев Д.В., Корнилов Н.Н., Коган П.Г. Эффективность и безопасность применения пневмотурникета во время тотальной артропластики коленного сустава: когда выполнять его релиз? *Травматология и ортопедия России*. 2017;23(4):9-17. DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-4-9-17.

**Cite as:** Chugaev D.V., Kornilov N.N., Kogan P.G. [Efficiency and Safety of Tourniquet during Total Knee Arthroplasty: When to Perform Release?]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2017;23(4): 9-17. (in Russian). DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-4-9-17.

Чугаев Дмитрий Валерьевич. Ул. Акад. Байкова, д. 8, Санкт-Петербург, 195427, Россия / Dmitry V. Chugaev. 8, ul. Akad. Baykova, St. Petersburg, 195427, Russia; e-mail: dr.chugaev@gmail.com

Рукопись поступила/Received: 31.08.2017. Принята в печать/Accepted for publication: 01.11.2017.

# Efficiency and Safety of Tourniquet during Total Knee Arthroplasty: When to Perform Release?

D.V. Chugaev, N.N. Kornilov, P.G. Kogan

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

## Abstract

Use of a pneumatic tourniquet during total knee arthroplasty is an effective option allowing reduction of the time of surgery and intraoperative blood loss. At the same time, there are a lot of researchers who advocate differing tactical approaches to the duration of the tourniquet application — the so-called “early” and “late” releases.

*Purpose of the study.* To assess the effectiveness and safety of various methods of tourniquet use during primary total knee arthroplasty.

*Material and methods.* 72 patients with end-stage knee osteoarthritis were randomly divided into two equal prospective groups: 1) keeping the tourniquet throughout the surgery, including wound closure (late release); 2) performing knee arthroplasty using the tourniquet until after implantation of the prosthesis component and implementation of hemostasis after the release of the tourniquet (early release). Such aspects as perioperative blood loss and changes in blood counts, blood transfusion volume, and severity of pain on the VAS scale, the rate of recovery of the knee joint function and number of postoperative complications were assessed during hospital stay of patients.

*Results.* The duration of procedures was  $70 \pm 15,4$  min for the Group I with tourniquet throughout surgery (late release) and  $95 \pm 27,5$  for the Group II with early release ( $p = 0,001$ ). On the 7th day after the arthroplasty the authors observed statistically significant differences ( $p < 0,05$ ) in the dynamics of reducing the level of hemoglobin, red blood cells and hematocrit in patients of compared groups — in patients who underwent late release of the tourniquet, these indicators were higher. When assessing the rate of recovery of knee joint function according to the KSS -and the intensity of the pain syndrome no significant statistical differences were found in the patients of both groups.

*Conclusion.* Application of the tourniquet throughout the surgery to release after closure of the surgical wound does not lead to a sharp increase in the number of ischemic and thromboembolic complications, while at the same time, the application of this methodology to a large extent maintains hemoglobin indicators, red blood cells and hematocrit at a high level without a critical decrease.

**Keywords:** knee arthroplasty, intraoperative blood loss, tourniquet, drain.

DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-4-9-17

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

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

## Введение

Несмотря на то, что применение пневмотурникета (жгута) во время артропластики коленного сустава, по мнению ряда авторов, может быть ассоциировано с ишемическим повреждением четырехглавой мышцы бедра, более выраженным болевым синдромом в послеоперационном периоде, проблемами с заживлением послеоперационной раны и увеличением количества тромбоэмболических осложнений, пневмотурникет в ортопедии применяется достаточно широко [1–6]. Этому способствуют очевидные преимущества, которые он позволяет получить: уменьшение продолжительности оперативного вмешательства, снижение объема интраоперационной кровопотери, отличная визуализация во время оперативного вмешательства, обеспечение оптимальных условий для цементной фиксации имплантата [7–9].

На настоящий момент существует несколько методик, применяемых при тотальном эндопротезировании коленного сустава:

1) использование интраоперационно жгута, который обеспечивает минимальную кровопотерю во время операции, но зачастую не позволяет выполнить адекватный гемостаз;

2) отказ от использования во время операции пневмотурникета, что не препятствует выполнению тщательного последовательного гемостаза на разных этапах оперативного вмешательства;

3) использование пневмотурникета во время оперативного вмешательства, релиз пневмотурникета, выполнение гемостаза и ушивание операционной раны без жгута [10].

Кроме непосредственно факта использования жгута во время артропластики коленного сустава, значимым влиянием на развитие осложнений и эффективность турникета может обладать и методика его использования, в частности, на каком этапе вмешательства будет произведен его релиз [7]. С одной стороны, использование пневмотурникета до окончания полимеризации цемента, его ранний релиз и выполнение гемостаза, позволяют

оценить степень кровоточивости мягких тканей и произвести коагуляцию поврежденных во время хирургического доступа кровеносных сосудов. С другой стороны, за счет эффекта постишемической гиперемии кровотечение бывает более значимым, чем без использования жгута, и в течение короткого времени приводит к большому объему интраоперационной кровопотери [11]. Многие авторы, изучающие различные методики применения пневмотурникета, рекомендуют использовать его на протяжении всего оперативного вмешательства с ушиванием раны наглухо, без дренирования полости коленного сустава [12, 13]. Повсеместное применение подобного подхода ограничивает разумное опасение многих ортопедов относительно возможности интраоперационного повреждения крупного сосуда, отсутствие контроля за качеством выполнения гемостаза и риск развития в послеоперационном периоде гемартроза [14]. Если хирургическое вмешательство затягивается более чем на 1,5–2 ч, время также может выступать фактором, обуславливающим необходимость релиза пневмотурникета, чтобы избежать ишемического повреждения мягких тканей и увеличения риска тромбоэмболических осложнений [15]. Хотя большинство современных исследований показывают, что подобная тактика эффективна в отношении кровосбережения и безопасна в плане развития послеоперационных осложнений [16]. При проведении анализа литературы по данному вопросу обращают на себя внимание противоречивые выводы исследователей, зачастую пропагандирующих диаметрально противоположные подходы к кровосбережению при первичной артропластике коленного сустава, что не позволяет окончательно и с абсолютной уверенностью выбрать единственно верный подход.

**Цель исследования** — оценить эффективность и безопасность применения различных методик использования пневмотурникета во время первичного тотального эндопротезирования коленного сустава.

### Материалы и методы

Среди изучаемых пациентов преобладали больные с гонартрозом, сочетающимся с варусной деформацией на уровне коленного сустава (фронтальная деформация до 25°). В исследование не были включены пациенты с обширными дефектами костей, формирующих коленный сустав, требующие использования различного рода пластических вмешательств на коленном суставе и использования эндопротезов с повышенной фронтальной стабилизацией.

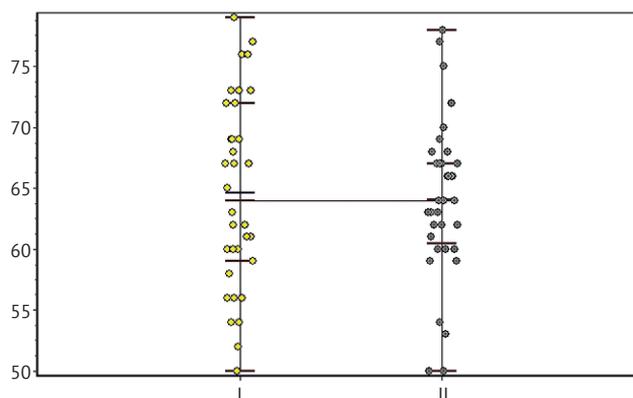
Семьдесят два пациента с терминальной стадией гонартроза, нуждающихся в выполнении то-

тального эндопротезирования коленного сустава, с индексом массы тела менее 42, были рандомизированно разделены на две проспективные группы, отличающиеся по типу используемого хирургического кровосберегающего пособия:

I группа (n = 36) (поздний релиз турникета), где применяли пневмотурникет на протяжении всего оперативного вмешательства, включая ушивание раны;

II группа (n = 36) (ранний релиз турникета), где использовали пневмотурникет до окончания имплантации компонентов эндопротеза и выполняли гемостаз после релиза пневмотурникета с последующим ушиванием операционной раны.

Средний возраст пациентов в группе с пневмотурникетом на протяжении всего оперативного вмешательства составил  $64,6 \pm 7,5$  лет, в группе с гемостазом перед ушиванием раны —  $63,9 \pm 6,7$  лет. Статистически значимых различий значений возраста получено не было ( $p > 0,05$ ) (рис. 1).



**Рис. 1.** Распределение пациентов по возрасту (группа I — пневмотурникет на протяжении всей операции без дренажа, группа II — релиз турникета перед ушиванием раны и гемостазом без дренажа) ( $p > 0,05$ )

**Fig. 1.** Patients distribution depending on age (group I — tourniquet during the whole surgery without drain, group II — tourniquet release prior to wound closure and hemostasis without drain) ( $p > 0,05$ )

### Хирургическое лечение пациентов

В качестве анестезиологического пособия применяли спинномозговую анестезию с использованием бупивакаина в дозировке 15–20 мг. Всем пациентам за 30 мин до начала операции вводили 1,5 г транексамовой кислоты внутривенно. Оперативное лечение производили в положении пациента на спине, с оперируемой нижней конечностью фиксированной упором ортопедического стола. На верхнюю треть бедра накладывали пневмотурникет, который активировали, создавая в манжете давление 270–300 мм рт. ст. У всех пациентов был применен передний доступ

к коленному суставу (передне-медиальный — для пациентов с варусной деформацией и передне-латеральный по Кемблишу — у пациентов с вальгусной деформацией). С помощью стандартного набора инструментов для выполнения артропластики коленного сустава с использованием общепринятых методик выполняли костные резекции бедренной и большеберцовой костей, подготавливали ложа для компонентов эндопротеза, выполняли их цементирование и ушивание раны. Среди имплантированных эндопротезов в обеих группах преобладали имплантаты с сохранением передней крестообразной связки (CR) — 87%. Дренирование полости коленного сустава у пациентов изучаемых групп не выполняли.

Сравнение между двумя группами было проведено по следующим параметрам: объем интра- и послеоперационной кровопотери: лабораторные показатели крови (гемоглобин, количество эритроцитов, гематокрит), потребность в переливании гемотрансфузионных сред, выраженность болевого синдрома по шкале VAS, скорость восстановления функции коленного сустава (опороспособность, амплитуда и овладение весом конечности), количество послеоперационных осложнений.

В связи с несовершенством существующих в настоящий момент индексов для определения объема интраоперационной кровопотери невозможно учесть в рутинной работе операционной бригады такие факторы, как испарение крови, пропитывание кровью мягких тканей и операционного белья и иные виды латентной кровопотери. Поэтому для определения объема интраоперационной кровопотери нами была использована визуальная метрическая оценка количества собранной в градуированную колбу аспиратора жидкости.

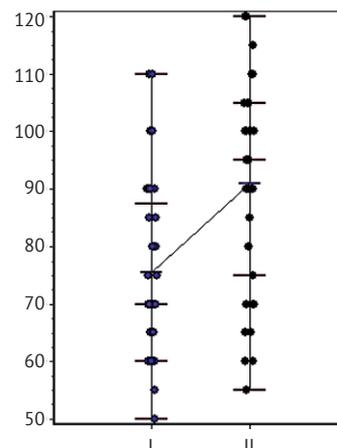
В послеоперационном периоде у пациентов клинически оценивали наличие ишемических и тромбоземболических осложнений, а накануне перед выпиской из стационара выполняли УЗИ вен нижних конечностей.

После получения исходных данных пациентов были составлены электронные таблицы с использованием компьютерной программы Microsoft Excel. Для статистической обработки полученных данных мы использовали программы InStat+ ver.3.37 (2005) и Past ver.2.17 (2012). Большая часть исследуемых данных не соотносилась с нормальным распределением, поэтому для их обработки мы использовали методы непараметрической статистики.

## Результаты

Средняя продолжительность операции составила  $70 \pm 15,4$  мин для I группы (с пневмотурникетом) в течение всего оперативного вмешательства

и  $95 \pm 27,5$  для II группы, в которой перед ушиванием раны производили гемостаз (рис. 2).



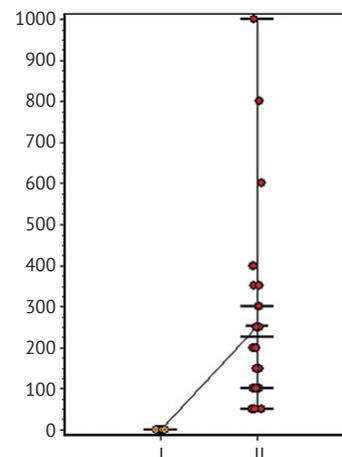
**Рис. 2.** Продолжительность оперативного вмешательства в изучаемых группах, мин ( $p = 0,001$ )

**Fig. 2.** Surgery time in studied groups, min ( $p = 0,001$ )

Операция в группе I проходила значительно быстрее, чем в группе II ( $p = 0,001$ ). В среднем продолжительность хирургического вмешательства в группе I была меньше на  $15 \pm 11,6$  мин.

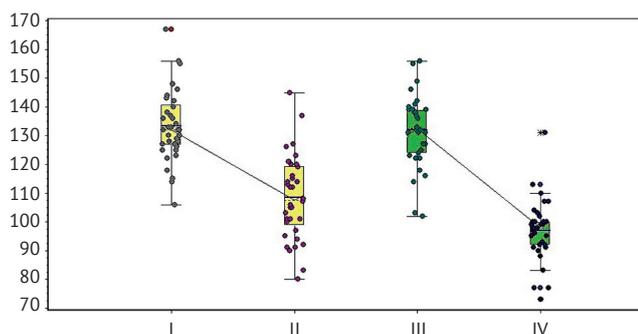
Статистическая оценка показателей кровопотери в I группе (с пневмотурникетом на протяжении всего оперативного вмешательства) по сравнению с группой II (с гемостазом перед ушиванием раны) не производилась в связи с нулевыми значениями кровопотери в группе I (рис. 3).

При оценке уровня гемоглобина у обследуемых пациентов до операции были зафиксированы статистически не отличающиеся показатели ( $p = 0,9$ ) ( $133,4 \pm 12,3$  г/л в группе I (I на рис. 4) и  $132 \pm 12,5$  г/л в группе II (III на рис. 4)). На 7-е сутки после выполненного оперативного вмешательства были отмечены статистически значимые отличия ( $p = 0,02$ ) в динамике снижения уровня гемоглобина между группами, в среднем составившие  $108,4 \pm 14,5$  г/л (для группы с пневмотурникетом на протяжении всей операции) (II на рис. 4) и  $96,9 \pm 10,7$  г/л (для группы с гемостазом перед ушиванием операционной раны) (IV на рис. 4).



**Рис. 3.** Объем интраоперационной кровопотери в изучаемых группах, мл

**Fig. 3.** Intraoperative blood loss in studied groups, ml

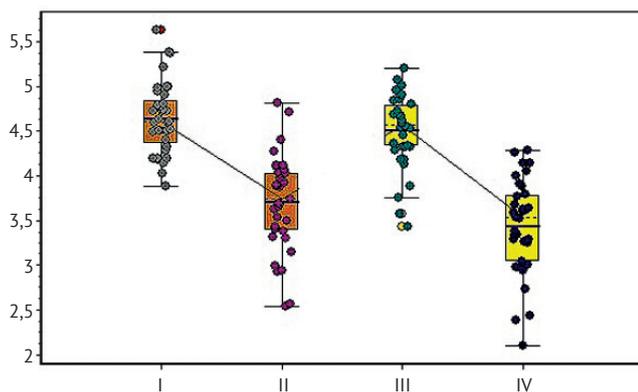


**Рис. 4.** Показатели уровня гемоглобина до операции и на 7-е сутки послеоперационного периода в изучаемых группах, г/л

**Fig. 4.** Hemoglobin values prior to surgery and on 7th day after the surgery in studied groups, g/l

Разница в уровне гемоглобина до и после операции для группы с поздним релизом турникета составила  $24,9 \pm 12,5$  г/л, и  $35 \pm 12,3$  — для группы с ранним релизом, причем полученные значения оказались статистически значимо ( $p = 0,03$ )

Показатели уровня эритроцитов в крови изучаемых пациентов до операции статистически не отличались ( $p = 0,3$ ) (I и III на рис. 5), но после выполненного оперативного вмешательства демонстрировали сходную с показателями гемоглобина динамику снижения, наиболее выраженную в группе пациентов, которым выполнялся гемостаз перед ушиванием операционной раны ( $p = 0,04$ ) (II и IV на рис. 5). Разница в уровне эритроцитов до и после операции для группы с поздним релизом турникета составила  $0,9 \pm 0,4$  г/л и  $1,06 \pm 0,4$  г/л для группы с ранним релизом.

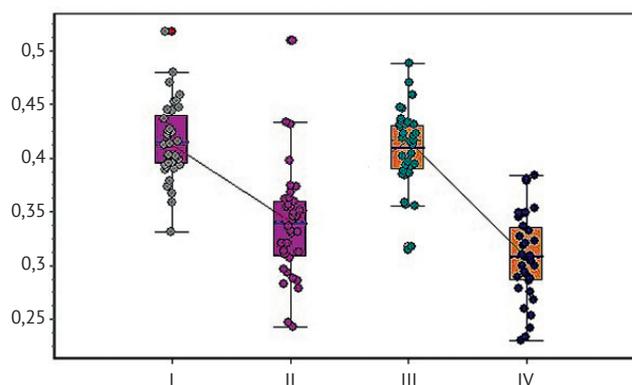


**Рис. 5.** Показатели уровня эритроцитов до операции и на 7-е сутки послеоперационного периода в изучаемых группах,  $\times 10^{12}$

**Fig. 5.** Red blood cells level prior to surgery and on 7th day after the surgery in the groups,  $\times 10^{12}$

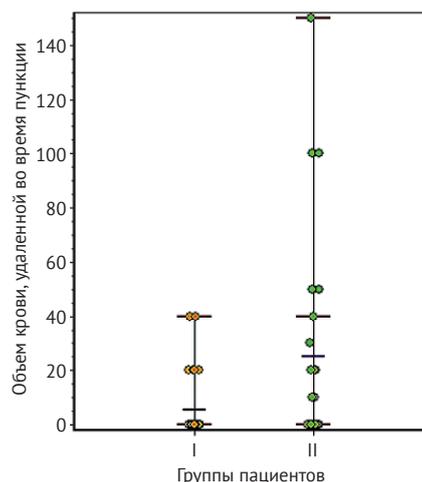
Показатели уровня гематокрита на дооперационном этапе (I и III на рис. 6) также статистически значимо не отличались ( $p = 0,7$ ). В раннем послеоперационном периоде разница в уровне гематокрита для группы с поздним релизом турникета составила  $0,07 \pm 0,04$  г/л, и  $0,1 \pm 0,03$  г/л для группы с ранним релизом.

Количество пункций коленного сустава в послеоперационном периоде было сопоставимо в изучаемых группах ( $p = 0,2$ ), но объем крови, эвакуированной из полости коленного сустава, был больше в группе II ( $p < 0,05$ ) (рис. 7, табл.).



**Рис. 6.** Показатели уровня гематокрита до операции и на 7-е сутки послеоперационного периода в изучаемых группах, г/л

**Fig. 6.** Hematocrit levels prior to surgery and on 7th day after the surgery in the groups, g/l



**Рис. 7.** Объем крови, удаленной из полости коленного сустава во время пункции, мл

**Fig. 7.** Blood volume evacuated from joint space aspiration, ml

**Количество пункций коленного сустава в изучаемых группах**  
**The number of knee aspirations in groups**

Группы пациентов	Количество пациентов в группе, <i>n</i>	Количество пункций коленного сустава, <i>n</i>	Количество пункций коленного сустава, %	Количество пациентов, которым понадобилось выполнение двух и более пункций
I	36	8	22,22	1
II	36	17	38,89	4

Переливание гемотрансфузионных сред понадобилось в двух случаях, причем оба пациента были из группы II, в которой выполняли релиз турникета и гемостаз перед ушиванием операционной раны. По одному послеоперационному осложнению зафиксировано в обеих группах: в группе I — краевой некроз раны, благополучно разрешившийся после консервативного лечения, и в группе II — гематома операционной раны, потребовавшая санирующего вмешательства с благоприятным клиническим исходом.

При оценке скорости восстановления функции коленного сустава по шкале KSS, интенсивности болевого синдрома, возможности овладения весом конечности значимых статистических отличий у пациентов обеих групп выявлено не было ( $p > 0,05$ ).

На протяжении 3 мес. после операции среди пациентов обеих групп не зафиксировано ни одного случая перипротезной инфекции, тромбоемболических осложнений (тромбоз вен нижних конечностей, ТЭЛА).

### Обсуждение

Высокий уровень объема периоперационной кровопотери во время эндопротезирования коленного сустава обусловлен рядом факторов, таких как травматичность вмешательства; обильная васкуляризация мягких тканей, окружающих коленный сустав; наличие обширных костных ран (костные ложа для компонентов эндопротеза) [17, 18]. Диффузная кровоточивость из мягких тканей и костных опилов приводит к ухудшению визуализации в операционной ране, ухудшает цементную технику, приводит к развитию постгеморрагической анемии в послеоперационном периоде, что требует простых и эффективных решений по профилактике данных негативных аспектов, сопутствующих артропластике.

У пациентов, включенных в наше исследование, не было зафиксировано тромбоемболических осложнений. Но стоит указать, что в современных условиях частота этих осложнений столь мала, что для изучения влияния турникета, отказа от дренирования и прочих факторов, группы исследова-

ния должны быть значительно больше. Исследуя изменения показателей гемоглобина, эритроцитов и гематокрита, наилучшие показатели мы выявили в группе с поздним релизом турникета. Опыт применения данной методики позволил установить, что отказ от осуществления гемостаза после выполненного основного этапа хирургического пособия, не влечет за собой необходимость выполнения большего количества пункций коленного сустава.

Проблема так называемого раннего релиза турникета и его целесообразности достаточно активно обсуждается в литературе, хотя консенсус по данному вопросу не достигнут. Так, P. Zhang с соавторами, проведя анализ 16 исследований, пришли к выводу, что ранний релиз турникета (перед ушиванием операционной раны) статистически значимо увеличивает объем периоперационной кровопотери, что в значительной степени нивелирует благоприятные эффекты использования жгута, хотя в то же время выполнение гемостаза перед ушиванием операционной раны позволило уменьшить количество периоперационных осложнений, в первую очередь, — «малых инфекционных» [11]. Сходные результаты были получены и в нашем исследовании, в котором группа пациентов с ранним релизом турникета показала худшие результаты по показателям снижения гемоглобина / эритроцитов / гематокрита и количеству эвакуированной во время пункций крови по сравнению с группой пациентов с поздним релизом жгута. Метаанализ, выполненный K.R.V.S. Rama с соавторами, также выявил статистически значимый кровосберегающий эффект релиза пневмотурникета после ушивания операционной раны, хотя так же, как и в метаанализе P. Zhang с соавторами, количество осложнений, связанных с заживлением операционной раны, было больше [7]. Сходные данные получены С. Yildiz с соавторами, по результатам исследования которых релиз пневмотурникета после ушивания операционной раны и перекрытие дренажной трубки в течение первых 6 ч после операции позволили уменьшить послеоперационную кровопотерю и величину снижения уровня гемогло-

бина [19]. Подобная тактика была подтверждена и метаанализом, выполненным T.W. Tai с соавторами, которые показали, что перекрытие дренажа после тотального эндопротезирования на срок 3–4 ч не оказывает негативного воздействия на количество послеоперационных осложнений и реабилитацию, но значительно уменьшает дренажную кровопотерю и благоприятно влияет на уровень гемоглобина у исследуемых пациентов в послеоперационном периоде [20].

Логическим продолжением тактики перекрытия дренажа является применение пневмотурникета с его релизом после ушивания раны и отказ от дренирования полости коленного сустава. P.R. Padala с соавторами, используя интраоперационно медикаментозный «коктейль» с адреналином и отказавшись от дренирования полости коленного сустава, установили, что данная методика показывает хороший кровосберегающий результат и безопасна для пациента [21]. Сходным образом мы поступили и в нашем исследовании, отказавшись от дренирования полости коленного сустава, причем это решение, как и в сходных работах, не привело к тому, чтобы результаты эндопротезирования (нарушение заживления раны, рецидивирующие массивные гемартрозы, глубокая инфекция, проблемы ранней реабилитации) статистически значительно изменились.

Оригинальное исследование было выполнено C.S. Oh с соавторами, которые оценивая безопасность применения жгута, для минимизации риска осложнений, связанных с его применением, в первую очередь у пациентов старшей возрастной группы, изучали эффект ишемического preconditionирования, заключающийся в подготовке головного мозга и других внутренних органов к резкому увеличению концентрации продуктов метаболизма, высвобождающихся при выполнении релиза пневмотурникета. Исследователи накладывали манжеты пневмотурникета на оба бедра пациента и до выполнения хирургического доступа производили активацию манжеты турникета на контралатеральной оперируемой конечности трижды с экспозицией по 15 мин. Полученные исследователями данные показывают, что описываемый прием в значительной степени снижает негативные эффекты использования пневмотурникета и может быть использован рутинно, преимущественно у пациентов пожилого возраста [22]. Каждая из описанных выше методик имеет свои положительные и отрицательные стороны, но в настоящее время используется исходя зачастую лишь из личных предпочтений оперирующего хирурга, и можно констатировать, что ни в России, ни за рубежом нет единства в определении наиболее рациональной тактики применения пневмотурникета.

Все вышеуказанные исследования имеют определенные ограничения, связанные с количеством пациентов, использованными конструкциями (только заднестаблизированные или эндопротезы с сохранением задней крестообразной связки), с использованием дренажа или отказом от него. Безусловно, проведенное нами исследование также имеет ограничения, так как не были изучены результаты использования пневмотурникета у пациентов с гонартрозом, сопровождающимся тяжелой деструкцией коленного сустава, у пациентов, которым выполнялось ревизионное эндопротезирование. В этих случаях из-за большей продолжительности оперативного вмешательства и зачастую значительных технических трудностей время операции превышает допустимое время экспозиции жгута. Патологически измененные мягкие ткани коленного сустава при ревизионных вмешательствах обладают большей тенденцией к кровоточивости, чем мягкие ткани интактного коленного сустава. Пациенты с терминальным ожирением также являются не самым благоприятным объектом для применения пневмотурникета во время тотального эндопротезирования, так как крайне выраженный слой подкожной жировой клетчатки не позволяет манжете пневмотурникета обеспечить достаточную компрессию и использовать жгут эффективно. Нами не рассматривалась в качестве осложнения выраженная имбибиция кожи и подкожной жировой клетчатки кровью, так как мы не выявили корреляции между так называемыми «гематомами» и значимым снижением уровня гемоглобина и эритроцитов и трудностями с ранней реабилитацией.

### Заключение

Учитывая тот факт, что большинству пациентов было выполнено стандартное первичное эндопротезирование коленного сустава, не требовавшее замещения костных дефектов костей, формирующих коленный сустав, или использования ревизионных систем, объем кровопотери во всех изучаемых группах не был критическим. Но в то же время существующая на дооперационном этапе анемия, скрытая кровопотеря, продолжающаяся после укрытия послеоперационной раны капиллярное кровотечение и другие факторы приводили к развитию у обследуемых пациентов постгеморрагической анемии.

Проведенное исследование показало, что применение пневмотурникета на протяжении всей операции не приводит к резкому увеличению количества ишемических и тромбоэмболических осложнений у пациентов изучаемых групп и в значительной степени сохраняет показатели гемоглобина, эритроцитов и гематокрита на высоком уровне, без их критического снижения.

Исследуя динамику изменения показателей гемоглобина, эритроцитов и гематокрита, наилучшие мы выявили в группе с поздним релизом турникета без дренирования коленного сустава и без выполнения гемостаза перед ушиванием раны. Опыт применения данной методики позволил установить, что отказ от осуществления гемостаза после выполненного основного этапа хирургического пособия не приводит к увеличению частоты пункций коленного сустава. Динамика изменения интенсивности болевого синдрома и уровень восстановления функциональной активности прооперированных пациентов находилась на сходном уровне без статистически значимых отличий.

Таким образом, можно заключить, что применение позднего релиза турникета с отказом от дренирования полости коленного сустава без выполнения гемостаза является безопасной и эффективной процедурой, обладающей высокой кровосберегающей способностью. Применение пневмотурникета в пределах 270–300 мм рт. ст. не приводит к увеличению интенсивности болевого синдрома и не ассоциировано с большим количеством послеоперационных осложнений и может быть рекомендовано как высокоэффективная опция при тотальном эндопротезировании.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

**Источник финансирования:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

### Литература / References

- Olivecrona C., Tidermark J., Hamberg P., Ponzer S., Cederfjäll C. Skin protection underneath the pneumatic tourniquet during total knee arthroplasty: A randomized controlled trial of 92 patients. *Acta Orthop.* 2006;77(3):519-523. DOI: 10.1080/17453670610012539.
- Din R., Geddes T. Skin protection beneath the tourniquet a prospective randomized trial. *ANZ J Surg.* 2004;74(9):721-722. DOI: 10.1111/j.1445-1433.2004.03143.x.
- Mayer C., Franz A., Harmsen J.-F., Queitsch F., Behringer M., Beckmann J., Krauspe R., Zilkens C. Soft-tissue damage during total knee arthroplasty. *J Orthop.* 2017;14(3):347-353. DOI: 10.1016/j.jor.2017.06.015.
- Abdel-Salam A., Eyres K.S. Effects of tourniquet during total knee arthroplasty. A prospective randomised study. *J Bone Joint Surg Br.* 1995;77(2):250-253.
- Yi S., Tan J., Chen C., Chen H., Huang W. The use of pneumatic tourniquet in total knee arthroplasty: A meta-analysis. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2014;134(10):1469-1476. DOI: 10.1007/s00402-014-2056-y.
- Guler O., Mahirogullari M., Isyar M., Piskin A., Yalcin S., Mutlu S., Sahin B. Comparison of quadriceps muscle volume after unilateral total knee arthroplasty with and without tourniquet use. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2016;24(8):2595-2605. DOI: 10.1007/s00167-015-3872-5.
- Rama K.R.B.S., Apsingi S., Poovali S., Jetti A. Timing of tourniquet release in knee arthroplasty. Meta-analysis of randomized, controlled trials. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89(4):699-705. DOI: 10.2106/JBJS.F.00497.
- Vertullo C.J., Nagarajan M. Is cement penetration in TKR reduced by not using a tourniquet during cementation? A single blinded, randomized trial. *J Orthop Surg.* 2017;25(1):230949901668432. DOI: 10.1177/2309499016684323.
- Verburg H., van de Ridder L.C., Verhoeven V.W.J., Pilot P. Validation of a measuring technique with computed tomography for cement penetration into trabecular bone underneath the tibial tray in total knee arthroplasty on a cadaver model. *BMC Med Imaging.* 2014;14(1):29. DOI: 10.1186/1471-2342-14-29.
- Huang Z.Y., Pei F.X., Ma J., Yang J., Zhou Z.K., Kang P., De, Shen B. Comparison of three different tourniquet application strategies for minimally invasive total knee arthroplasty: a prospective non-randomized clinical trial. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2014;134(4):561-570. DOI: 10.1007/s00402-014-1948-1.
- Zhang P., Liang Y., He J., Fang Y., Chen P., Wang J. Timing of tourniquet release in total knee arthroplasty: A meta-analysis. *Medicine (Baltimore).* 2017;96(17):e6786. DOI: 10.1097/MD.0000000000006786.
- Lee Q.J., Mak W.P., Hau W.S., Yeung S.T., Wong Y.C., Wai Y.L. Short duration and low suction pressure drain versus no drain following total knee replacement. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2015;23(3):278-281. DOI: 10.1177/230949901502300302.
- Чугаев Д.В., Корнилов Н.Н., Сорокин Е.П. Современные хирургические аспекты кровосбережения в тотальном эндопротезировании коленного сустава (обзор). *Саратовский научно-медицинский журнал.* 2017;13(2):273-279. Chugaev D.V., Kornilov N.N., Sorokin E.P. [Modern surgical aspects in blood loss management in total knee arthroplasty]. *Saratovskij nauchno-meditsinskij zhurnal* [Saratov Journal of Medical Scientific Research] 2017;13(2):273-279. (in Russian).
- Papalia R., Zampogna B., Franceschi F., Torre G., Maffulli N., Denaro V. Tourniquet in knee surgery. *Br Med Bull.* 2014;111(1):63-76. DOI: 10.1093/bmb/ldu012.
- Власов С.В., Сафронов Н.Ф., Власова И.В., Тлеубаева Н.В. Факторы риска тромбогеморрагических осложнений при эндопротезировании коленного сустава. *Политравма.* 2009;(2):36-41. Vlasov S.V., Safronov N.F., Vlasova I.V., Tleubaeva N.V. [Risk factors of thrombohemorrhagic complications in knee joint endoprosthesis]. *Politravma* [Polytrauma]. 2009;(2):36-41. (in Russian).
- Huang Z., Ma J., Zhu Y., Pei F., Yang J., Zhou Z., Kang P., Shen B. Timing of tourniquet release in total knee arthroplasty. *Orthopedics.* 2015;38(7):445-451. DOI: 10.1097/MD.0000000000006786.
- Куляба Т.А., Корнилов Н.Н. Артропластика коленного сустава. СПб.: РНИИТО им. Р.Р. Вредена, 2012. 228 p. Kulyaba T.A., Kornilov N.N. Arthroplastika kolennogo sustava [Total knee arthroplasty]. St. Petersburg: RNIITO im. R.R. Vredena, 2012. 228 p. (in Russian).
- Чугаев Д.В., Корячкин В.А., Корнилов Н.Н., Сорокин Е.П. Нехирургические методики кровосбережения у больных при тотальном эндопротезировании коленного сустава (обзор литературы). *Трансфузиология.* 2017;18(1):23-28. Chugaev D.V., Koryachkin V.A., Kornilov N.N., Sorokin E.P. [Nonsurgical blood loss management technique in patients with total knee arthroplasty (Literature review)]. *Transfuziologija* [Transfusiology]. 2017;18(1):23-28. (in Russian).

19. Yildiz C., Koca K., Kocak N., Tunay S., Basbozkurt M. Late tourniquet release and drain clamping reduces postoperative blood loss in total knee arthroplasty. *HSS J.* 2014;10(1):2-5. DOI: 10.1007/s11420-013-9363-7.
20. Tai T.-W., Yang C.-Y., Jou I.-M., Lai K.-A., Chen C.-H. Temporary drainage clamping after total knee arthroplasty: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Arthroplasty.* 2010;25(8):1240-1245. DOI: 10.1016/j.arth.2009.08.013.
21. Padala P.R., Rouholamin E., Mehta R.L. The role of drains and tourniquets in primary total knee replacement: a comparative study of TKR performed with drains and tourniquet versus no drains and adrenaline and saline infiltration. *J Knee Surg.* 2004;17(1):24-27.
22. Oh C.-S., Kim S.-H., Lee J., Rhee K.Y. Impact of remote ischaemic preconditioning on cerebral oxygenation during total knee arthroplasty. *Int J Med Sci.* 2017;14(2):115-122. DOI: 10.7150/ijms.17227.

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ:

*Чугаев Дмитрий Валерьевич* — лаборант-исследователь отделения диагностики заболеваний и повреждений ОДС, врач травматолог-ортопед травматолого-ортопедического отделения № 7 ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

*Корнилов Николай Николаевич* — д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник отделения патологии коленного сустава ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России

*Коган Павел Геннадьевич* — лаборант-исследователь отделения лечения травм и их последствий, врач травматолог-ортопед травматолого-ортопедического отделения № 7 ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

*Dmitry V. Chugaev* — Researcher, Orthopaedic Surgeon, Trauma and Orthopaedic Department N 7, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Nikolai N. Kornilov* — Dr. Sci. (Med.), Leading Researcher, Knee Pathology Department, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopaedics, St. Petersburg, Russian Federation

*Pavel G. Kogan* — Researcher, Orthopaedic Surgeon, Trauma and Orthopaedic Department N 7, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russian Federation