

при патологии плечевого сустава с введением в исследование групп сравнения.

**Конфликт интересов:** работа выполнена в рамках инициативного плана НИР кафедры травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского Минздрава России «Совершенствование методов диагностики, лечения, профилактики и реабилитации больных с травмами и заболеваниями опорно-двигательной системы».

**Авторский вклад:** концепция и дизайн исследования — А.И. Норкин, Д.А. Маланин; получение и обработка данных — А.И. Норкин, А.С. Трегубов, М.В. Демещенко, Л.Л. Черезов, А.М. Шорманов, О.Л. Емкужев, Е.А. Анисимова; анализ и интерпретация результатов — А.И. Норкин, А.С. Трегубов, М.В. Демещенко, Л.Л. Черезов, Е.А. Анисимова, А.М. Шорманов; написание статьи — А.И. Норкин, А.С. Трегубов, М.В. Демещенко, Л.Л. Черезов, А.М. Шорманов; утверждение рукописи для публикации — А.И. Норкин.

### References (Литература)

- Zhang J, Wang JH-C. Platelet-rich plasma releasate promotes differentiation of tendon stem cells into active tenocytes. *Amer J Sports Med* 2010; 38 (12): 2477–86.
- Kaux JF, Drion P, Croisier JL, et al. Tendinopathies and platelet-rich plasma (PRP): from pre-clinical experiments to therapeutic use. *J Stem Cells and Regenerative Medicine* 2015; 11 (1): 7–17.
- Filardo G, Di Matteo B, Kon E, et al. Platelet-rich plasma in tendon-related disorders: results and indication. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2018; 26: 1984–99.
- Kaux J-F, Forthomme B, Goff CL, et al. Current opinions on tendinopathy. *J Sports Science and Medicine* 2011; 10: 238–53.
- Kesikburun S, Tan AK, Yilmaz B, et al. Platelet-rich plasma injections in the treatment of chronic rotator cuff tendinopathy: a randomized controlled trial with 1-year follow-up. *Amer J Sports Med* 2013; 41 (11): 2609–16.
- Rha DW, Park CY, Kim YK, et al. Comparison of the therapeutic effects of ultrasound-guided platelet-rich plasma injection and dry needling in rotator cuff disease: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 2013; 27 (2): 113–22.
- Von Wehren L, Fabian Blanke F, Todorov A, et al. The effect of subacromial injections of autologous conditioned plasma versus cortisone for the treatment of symptomatic partial rotator cuff tears. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2016; 24: 3787–92.
- Dolkart O, Chechik O, Zarfati Y, et al. Single dose of platelet-rich plasma improves the organization and strength of a surgically repaired rotator cuff tendon in rats. *Arch Orthop Trauma Surg* 2014; 134 (9): 1271–7.
- Scarpone M, Rabago D, Snell E, et al. Effectiveness of platelet-rich plasma injection for rotator cuff tendinopathy: A prospective open-label study. *Glob Adv Health Med* 2013; 2 (2): 26–31.
- Tsicopoluos K, Tsicopoluos I, Simeonidis E, et al. The clinical impact of platelet-rich plasma on tendinopathy compared to placebo or dry needling injections: a meta-analysis. *Phys Ther Sports* 2016; 17: 87–94.
- Foster TE, Puskas BL, Mandelbaum BR, et al. Platelet-rich plasma: from basic science to clinical applications. *Amer J Sports Med* 2009; 37 (11): 2259–72.
- Werner RA, Franzblau A, Gell N, et al. A longitudinal study of industrial and clerical workers: predictors of upper extremity tendonitis. *Journal of Occupational Rehabilitation* 2005; 15: 37–46.
- Maffulli N, Wong J, Almekinders LC. Types and epidemiology of tendinopathy. *Clinics in Sports Medicine* 2003; 22: 675–92.
- Sharma P, Maffulli N. Biology of tendon injury: healing, modeling and remodeling. *J Musculoskelet Neuronal Interact* 2006; 6 (2): 181–90.
- Riley GP, Curry V, DeGroot J, et al. Matrix metalloproteinase activities and their relationship with collagen remodelling in tendon pathology. *Matrix Biol* 2002; 21: 185–95.
- Goodship AE, Birch HL, Wilson AM. The pathobiology and repair of tendon and ligament injury. *Vet Clin North Amer Equine Pract* 1994; 10: 323–49.
- Yuan J, Wang MX, Murrell GA. Cell death and tendinopathy. *Clin Sports Med* 2003; 22: 693–701.
- Bestwick CS, Maffulli N. Reactive oxygen species and tendon problems: review and hypothesis. *Sports Med Arthroscopy Rev* 2000; 8: 6–16.
- Jozsa L, Kannus P. Human Tendon: anatomy, physiology and pathology. Human Kinetics, Champaign, USA, 1997.
- Khan KM, Cook JL, Bonar F, et al. Histopathology of common tendinopathies. Update and implications for clinical management. *Sports Med* 1999; 27: 393–408.

УДК 616.728.3-089

Оригинальная статья

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНАТОМИЧЕСКОЙ ТОЧКИ ПРИКРЕПЛЕНИЯ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ РАДИОГРАФИЧЕСКИМ КВАДРАНТНЫМ МЕТОДОМ ДЛЯ АНАЛИЗА ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ ПОСЛЕ ЕЕ РЕКОНСТРУКЦИИ

**Р.Ш. Садыков** – ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского» Минздрава России, НИИ травматологии, ортопедии и нейрохирургии, врач травматолог-ортопед; **В.Б. Богатов** – ФГАОУ ВО Первый МГМУ им И.М. Сеченова Минздрава России, профессор кафедры травматологии, ортопедии и медицины катастроф, доктор медицинских наук.

## DETERMINATION OF ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT ATTACHMENT WITH RADIOGRAPHIC QUADRANT METHOD TO ANALYZE COMPLICATIONS FOLLOWING ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT RECONSTRUCTION

**R.Sh. Sadykov** – Saratov State Medical University n.a. V.I. Razumovsky, Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery; **V.B. Bogatov** – Sechenov University, Professor of Department of Traumatology, Orthopedics and Emergency Medical Science, DSc.

Дата поступления – 19.08.2019 г.

Дата принятия в печать — 30.08.2019 г.

**Садыков Р.Ш., Богатов В.Б.** Определение анатомической точки прикрепления передней крестообразной связки радиографическим квадрантным методом для анализа послеоперационных осложнений после ее реконструкции. *Саратовский научно-медицинский журнал* 2019; 15(3): 653–656.

**Цель:** показать возможность использования радиографического квадрантного метода для определения соответствия проведенного бедренного туннеля с анатомической точки прикрепления передней крестообразной

связки (ПКС). *Материал и методы.* Под наблюдением находились 18 пациентов в возрасте от 23 до 36 лет (средний возраст  $26 \pm 2$  года), которым в период с 2012 по 2014 г. выполнялась пластика ПКС артроскопическим методом трансстибиально и у которых в послеоперационном периоде в течение 1,5 – 2 лет произошел разрыв трансплантата ПКС или развилась нестабильность коленного сустава. Всем пациентам проводилась рентгенография коленного сустава в стандартных проекциях. На снимках в боковой проекции коленного сустава использовали рентгенографический квадрантный метод Bernard and Hertel для определения правильности проведенного бедренного туннеля. *Результаты.* Во всех случаях места проведенных бедренных туннелей не совпадали с анатомическими точками прикрепления ПКС, определенными с помощью сетки Bernard and Hertel. *Заключение.* Радиографический квадрантный метод определения места анатомического прикрепления ПКС можно использовать для анализа послеоперационных осложнений.

**Ключевые слова:** коленный сустав, пластика передней крестообразной связки, радиографический квадрантный метод, Bernard and Hertel.

**Sadykov RSh, Bogatov VB. Determination of anterior cruciate ligament attachment with radiographic quadrant method to analyze complications following anterior cruciate ligament reconstruction. Saratov Journal of Medical Scientific Research 2019; 15(3): 653–656.**

*Objective:* to demonstrate the potential of radiographic quadrant method for defining the correspondence of the administered femoral tunnel to the anatomical anterior cruciate ligament attachment. *Material and Methods.* We have surveyed 18 patients aged 23 to 36 y.o. (mean age  $26 \pm 2$  y.o.) who had undergone ACL arthroscopic transtibial plastic reconstruction in 2012-2014, and had post-surgical ACL graft rupture or knee joint instability. All patients had their knee joints X-ray in standard projections. Bernard and Hertel radiographic quadrant method was employed to take lateral view pictures for defining the accuracy of the administered femoral tunnel. *Results.* In all cases the sites of the administered femoral tunnels did not match ACL anatomic attachments, defined with Bernard and Hertel grid. *Conclusion.* Radiographic quadrant method of defining ACL anatomic attachments can be used for post-surgery complications analysis.

**Key words:** knee joint, ACL plastic reconstruction, radiographic quadrant method, Bernard and Hertel.

**Введение.** Повреждение передней крестообразной связки (ПКС) – одна из самых распространенных связочных травм. По данным зарубежной литературы, в США ежегодно получают лечение около 200 000 пациентов с разрывами ПКС, из них около ста тысяч лечатся оперативно, им производится реконструкция связки артроскопическим методом [1-8]. По статистике, у каждого девятого пациента развивается осложнение в виде разрыва трансплантата или повторной нестабильности коленного сустава. Нередко причиной таких осложнений являются технические ошибки, допущенные во время реконструкции ПКС [2]. Наиболее распространенной из них считается неправильное проведение бедренного канала [3]. Подготовка этого туннеля относится к самым сложным процедурам в реконструкции ПКС. Чтобы определить центр связки, хирурги полагаются на анатомические ориентиры. В некоторых исследованиях доказано, что даже эти ориентиры не соответствуют друг другу и могут отсутствовать у многих пациентов [9]. Попытка хирурга очистить боковую стенку выемки от мягких тканей радиочастотной коблацией, чтобы точно идентифицировать анатомические ориентиры, может повлиять на функциональный результат, поскольку доказано, что сохранение мягких тканей важно для проприорецепции после реконструкции ПКС [10]. Если остатки сохраняются, трудно определить, где центр следа находится в пределах этих остатков. В этом случае хирурги полагаются на свой опыт.

В послеоперационном периоде некоторые пациенты жалуются на повторную нестабильность в коленном суставе. Определить причину нестабильности можно с помощью магнитно-резонансной или компьютерной томографии, но эти исследования являются более затратными для пациента по сравнению с рентгенологическим исследованием. На рентгенологическом снимке послеоперационного коленного сустава сложно найти анатомические ориентиры, позволяющие определить точное место прикрепления ПКС. Для этих целей в 1997 г. уче-

ные M. Bernard, P. Hertel предложили использовать рентгенографический квадрантный метод. Существует интраоперационное программное обеспечение Acufex DIRECTOR APPLICATION Anatomic Guide (Smith & Nephew, London, UK) которое может использоваться для построения сетки Бернарда и Хертеля на изображении С-дуги. По этому же методу можно расчертить рентгенологический снимок, чтобы определить анатомическую точку прикрепления ПКС, и сделать вывод, насколько точно был проведен бедренный канал. Смещение канала от точки прикрепления ПКС приводит к нестабильности коленного сустава.

*Цель:* показать возможность использования радиографического квадрантного метода для определения соответствия проведенного бедренного туннеля с анатомической точкой прикрепления ПКС.

**Материал и методы.** В период с 2012 по 2014 г. на базе Саратовского научно-исследовательского института травматологии и ортопедии пролечено более 200 пациентов, которым была выполнена пластика ПКС трансстибиальным методом. Из них у 18 пациентов в послеоперационном периоде в течение 1,5 – 2 лет возникли осложнения в виде нестабильности коленного сустава. Средний возраст пациентов составлял  $26 \pm 2$  года. Всем больным оперативные вмешательства выполнялись двумя хирургами по одной и той же методике. Методы исследования включали объективную (рентгенологическую) оценку результатов пластики, рентгенологические снимки в боковой стандартной проекции. Для определения анатомической точки прикрепления ПКС и контроля качества проведенного бедренного туннеля использовалась сетка Bernard and Hertel. Этот метод прост в использовании и не зависит от размеров коленного сустава, формы и расстояния между рентгеновской трубкой и пациентом. Выполнялась истинная боковая рентгенограмма, при которой нижние и задние контуры бедренных мышечков накладываются друг на друга, далее рисуется сетка Bernard and Hertel.

1. Проводится линия по касательной к крыше межмышечковой ямки (линия Blumensaat). Чертятся две линии, перпендикулярные к первой, одна из них на пересечении касательной с поверхностной

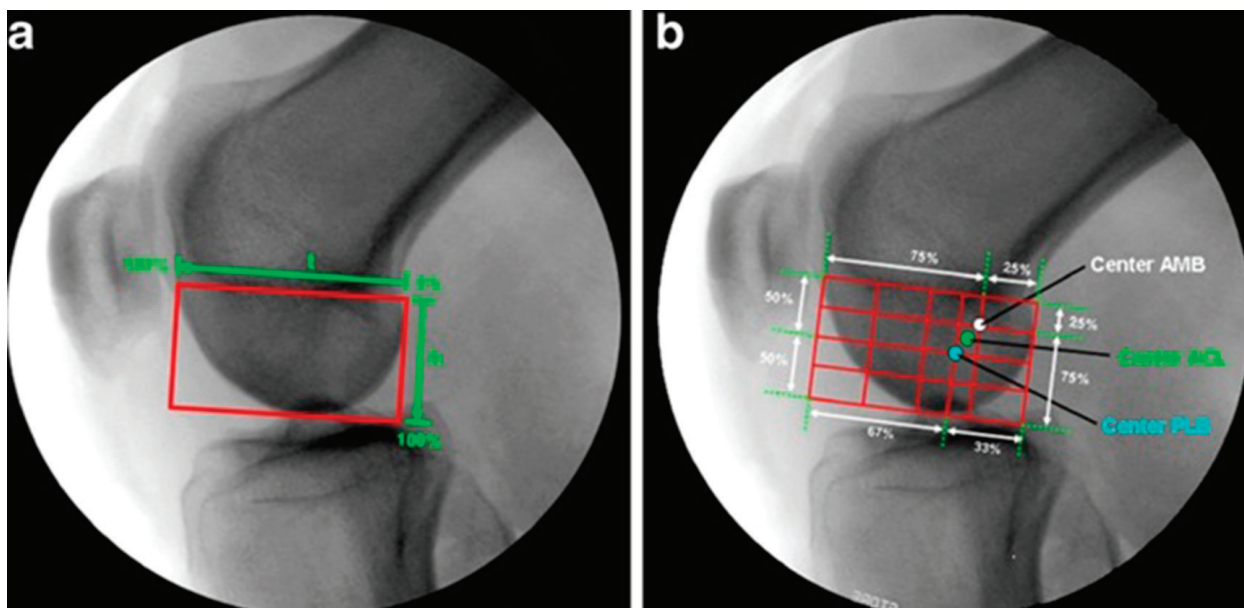


Рис. 1. Рентгенограмма коленного сустава: а – сетка Bernard and Hertel; б – центр переднемедиального и заднелатерального пучков

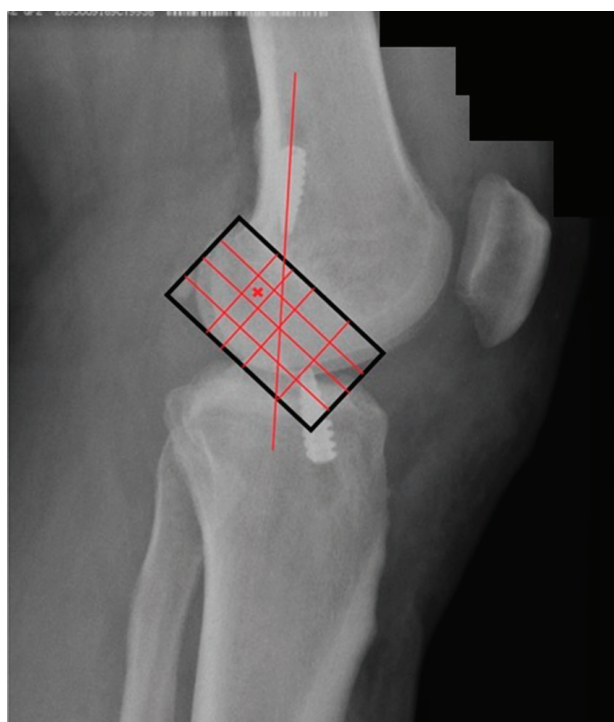


Рис. 2. Смещение бедренного туннеля на 15% от анатомической точки прикрепления

границей латерального мыщелка, вторая – на пересечении с глубокой границей. Латеральный мыщелок бедренной кости может быть определен либо по углублению края (Gant's notch), либо по тому факту, что медиальный мыщелок бедренной кости отстоит более дистально.

2. Вторая линия проводится параллельно линии Blumensaat по касательной к нижней границе мыщелков. Измерения происходят в процентном соотношении положения точки вдоль линии Blumensaat ( $t$ ), которая отражает максимальный сагиттальный размер латерального мыщелка бедренной кости, а

также вдоль вертикальной линии ( $h$ ), которая отражает максимальную высоту межмыщелковой ямки (рис. 1а).

На рис. 1b изображены центры переднемедиального и заднелатерального пучков, согласно данным P. Columbet, et al. (2006) [11]. В этом исследовании позиция пучка была определена как 25% расстояния вдоль линии Blumensaat и 25% вдоль линии  $h$ . Центр заднелатерального пучка определен в точке 33% вдоль линии  $t$  и в точке 50% вдоль линии  $h$ .

Обработка данных включала в себя расчет абсолютных и относительных показателей (%).

**Результаты.** Рентгенологические снимки всех пациентов исследованы по методике с использованием сетки Bernard and Hertel. На рис. 2 представлены рентгенограммы пациента со смещением бедренного туннеля кпереди на 15%.

Результаты этих исследований представлены в таблице.

**Смещение бедренного канала от анатомической точки прикрепления ПКС**

Критерий	Смещение бедренного канала от анатомической точки прикрепления ПКС				
	-5%	0	+5%	+10%	+20%
% смещения	-5%	0	+5%	+10%	+20%
Абс.	1	0	5	6	6
%	5,6	0	27,8	33,3	33,3

В таблице указано смещение от точки прикрепления от -5% (смещение кзади от анатомической точки прикрепления по сетке Bernard and Hertel) до +20% (смещение кпереди). Из результатов, приведенных в таблице, следует, что вертикализация трансплантата на +5% наблюдалась у 5 пациентов (27,8%), на +10% – у 6 пациентов (33,3%), смещение бедренного канала на 20% кпереди наблюдалось у 6 пациентов (33,3%).

На основании полученных результатов можно утверждать, что большинство оперативных вмешательств имели отклонение от стандартной методики,

бедренный канал был проведен кпереди от необходимого, вследствие чего произошла избыточная нагрузка на трансплантат и его повреждение, которое впоследствии привело к нестабильности коленного сустава.

**Обсуждение.** Артроскопическая реконструкция ПКС является одним из самых сложных эндоскопических вмешательств на коленном суставе. Это связано с травматичностью самой операции и необходимостью точной установки имплантата [2, 3]. На исход лечения влияет множество факторов, важнейшим из которых является анатомическое проведение имплантата. Формирование правильного бедренного туннеля имеет первостепенное значение [12-14]. Во время реконструкции хирурги используют анатомические ориентиры или идут по остатку следа ПКС. Определение правильной точки входа на основе анатомических ориентиров не всегда является точным. Найти остаток разорванной связки тоже сложно, особенно в хронических случаях. Положение размещения туннеля, таким образом, становится очень субъективным. Неправильно проведенный бедренный канал – самая распространенная ошибка, приводящая к осложнениям в послеоперационном периоде [6, 7]. Для анализа ошибок, приведших к нестабильности в коленном суставе, используют магнитно-резонансную и компьютерную томографию, являющиеся дорогостоящими методами исследования. Альтернативой этим исследованиям является рентгенография с использованием квадрантного метода Bernard and Hertel, позволяющая с точностью определить место анатомического прикрепления крестообразной связки и соответствие проведенного к ней канала. Используя этот метод рентгенографического квадранта в сочетании с рентгеноскопическим контролем во время операции, мы смогли провести анализ этой наиболее распространенной ошибки. Данный метод не зависит от размеров колена или расстояния фокусировки пленки, он прост в использовании и легко воспроизводим.

**Заключение.** Рентгенографический квадрантный метод Bernard and Hertel применим и прост в использовании для анализа послеоперационных осложнений после реконструкции ПКС коленного сустава.

**Конфликт интересов** не заявляется.

**Авторский вклад:** концепция и дизайн исследования, получение и обработка данных, написание статьи – Р.Ш. Садыков; анализ и интерпретация результатов, утверждение рукописи для публикации – В.Б. Богатов.

### References (Литература)

1. Bernard M, Hertel P, Hornung H, et al. Femoral insertion of the ACL. Radiographic quadrant method. *Am J Knee Surg* 1997; 10 (1): 14-21.
2. Xu H, Zhang C, Zhang Q, et al. A systematic review of anterior cruciate ligament femoral footprint location evaluated by quadrant method for single-bundle and double-bundle anatomic reconstruction. *Arthroscopy* 2016; 32: 1724-34. DOI: 10.1016/j.arthro.2016.01.065.
3. Crawford SN, Waterman BR, Lubowitz JH. Long-term failure of anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 2013; 29 (9): 1566-71. DOI: 10.1016/j.arthro.2013.04.014.
4. Evans S, Shaginaw J, Bartolozzi A. ACL reconstruction – it's all about timing. *Int J Sports Phys Ther* 2014; 9 (2): 268-73.
5. Hughes G, Watkins J. A risk-factor model for anterior cruciate ligament injury. *Sports Med* 2006; 36 (5): 411-28.
6. Sadykov RSh, Bogatov VB, Norkin AI. «Mistakes» during ACL reconstruction with artificial ligaments. *Vrach-aspirant* 2015; 5.2 (72): 218-23. Russian (Садыков Р.Ш., Богатов В.Б., Норкин А.И. «Ошибки» при пластике передней крестообразной связки искусственным трансплантатом. *Врач-аспирант* 2015; 5.2 (72): 218-23).
7. Sadykov RSh, Bogatov VB. Comparative analysis of ACL plastic repair outcomes with transtibial and anteromedial access. In: Collection of scientific papers of NIITON SGMU. Saratov, 2017; p. 206-7. Russian (Садыков Р.Ш., Богатов В.Б. Сравнительный анализ результатов пластики передней крестообразной связки транстибиальным и переднемедиальным доступом. В сб.: Сборник научных трудов НИИТОН СГМУ. Саратов, 2017; с. 206-7).
8. Shormanov AM, Bogatov VB, Sadykov RSh. Removal of the implant after plastics of the anterior cruciate ligament. *Vrach-aspirant* 2014; 6.1 (67): 130-5. Russian (Шорманов А.М., Богатов В.Б., Садыков Р.Ш. Удаление имплантата после пластики передней крестообразной связки. *Врач-аспирант* 2014; 6.1 (67): 130-5).
9. Ferretti M, Levicoff EA, Macpherson TA, et al. The fetal anterior cruciate ligament: an anatomic and histologic study. *Arthroscopy* 2007; 23 (3): 278-83. DOI: 10.1016/j.arthro.2006.11.006.
10. Lee BI, Kwon SW, Kim JB, et al. Comparison of clinical results according to amount of preserved remnant in arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction using quadrupled hamstring graft. *Arthroscopy* 2008; 24 (5): 560-8. DOI: 10.1016/j.arthro.2007.11.011.
11. Columbet P, Robinson J, Christel P, et al. Morphology of anterior cruciate ligament attachments for anatomic reconstruction: a cadaveric dissection and radiographic study. *Arthroscopy* 2006; 22 (9): 984-92.
12. Marchant BG, Noyes F, Barber-Westin S, Flekenstein C. Prevalence of nonanatomical graft placement in a series of failed anterior cruciate ligament reconstructions. *Am J Sports Med* 2010; 38 (10): 1987-96. DOI: 10.1177/0363546510372797.
13. Jepsen CF, Lundberg-Jensen AK, Faunoe P. Does the position of the femoral tunnel affect the laxity or clinical outcome of the anterior cruciate ligament-reconstructed knee? A clinical, prospective, randomized, double-blind study. *Arthroscopy* 2007; 23 (12): 1326-33.
14. Kumar S, Kumar A, Kumar R. Accurate positioning of femoral and tibial tunnels in single bundle anterior cruciate ligament reconstruction using the indigenously made bernard and hurtle grid on a transparency sheet and C-arm. *Arthrosc Tech* 2017; 6 (3): e757-61. DOI: 10.1016/j.eats.2017.02.005.