

## ИСТОРИЧЕСКИЕ ПАРАЛЛЕЛИ РАЗВИТИЯ ИНТРАМЕДУЛЛЯРНОГО ОСТЕОСИНТЕЗА. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Беленький И.Г.<sup>1</sup>, Хоминец В.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, e-mail: belenkiy.trauma@mail.ru;

<sup>2</sup>ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург

---

Цель работы – на основании данных литературы осветить исторические аспекты развития интрамедуллярного остеосинтеза, показать современное состояние и перспективные направления развития этой технологии. Изложены исторические предпосылки развития интрамедуллярного остеосинтеза в XIX в. и в начале XX в. Отмечено, что прогресс этой технологии был связан с открытием асептики, наркоза, рентгеновских лучей, а также с развитием металлургии. Описаны основные этапы совершенствования технологии интрамедуллярного остеосинтеза с указанием хирургов, внесших наибольший вклад в прогресс методики. Констатируется, что сегодня интрамедуллярный остеосинтез является реальной альтернативой накостному при лечении переломов длинных костей конечностей метаэпифизарной локализации. Обозначены перспективные тенденции развития интрамедуллярного остеосинтеза: попытки стабилизации гвоздя без блокирования, производство фиксаторов из композитных материалов. Обозначены различия в путях совершенствования технологий интрамедуллярного остеосинтеза у нас в стране и за рубежом, показаны причины отставания советской травматологической школы во второй половине XX в. Констатируется, что в настоящее время в России ликвидировано значительное отставание в развитии профессионального сообщества и в подходах к лечению пациентов с переломами костей конечностей. Российский рынок предлагает широчайший спектр изделий как отечественного, так и зарубежного производства. С развитием современных технологий сегодняшние изыскания ученых направлены на тонкие биомеханические исследования с целью совершенствования конструкций для интрамедуллярной фиксации.

---

Ключевые слова: остеосинтез, интрамедуллярный остеосинтез, история остеосинтеза, травматология, эволюция остеосинтеза.

## HISTORICAL PARALLELS IN THE DEVELOPMENT OF THE INTRAMEDULLARY OSTEOSYNTHESIS. STATE AND PROSPECTS

Belenkiy I. G.<sup>1</sup>, Khominets V.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>First Saint Petersburg State Medical University, St. Petersburg, e-mail: belenkiy.trauma@mail.ru;

<sup>2</sup>Military Medical Academy named after S.M. Kirov MO RF, St. Petersburg

---

The goal of the study is to illustrate the historical aspects in the development of intramedullary osteosynthesis based on literature data, to show the current state and perspective directions of this technology development. The historical background of the development of intramedullary osteosynthesis in the 19th and early 20th centuries is described. It is noted that the progress of this technology was associated with the discovery of asepsis, general anesthesia, X-rays, and with the development of metallurgy as well. The main stages of the technology of intramedullary osteosynthesis improvement are described, with describing the surgeons who have made the greatest contribution to the progress of the technique. It has been ascertained that today intramedullary osteosynthesis is a real alternative to the plate fixation in the treatment of metaphyseal long bones fractures. Promising trends in the development of intramedullary osteosynthesis are indicated: attempts to stabilize the nail without locking, the production of implants from composite materials. The differences in ways of improving the technology of intramedullary osteosynthesis in our country and abroad are indicated, the reasons for the lag of the Soviet trauma school in the second half of the 20th century are shown. It has been ascertained that a significant lag in the development of the professional community and in approaches to the treatment of patients with fractures of long bones has now been eliminated in Russia. The Russian market offers a wide range of products, both domestic and foreign production. With the development of modern technologies, today's scientific research is aimed at biomechanical studies in order to improve implants for intramedullary fixation.

---

Keywords: osteosynthesis, medullary nailing, history of osteosynthesis, trauma care, evolution of osteosynthesis.

В настоящее время технологии интрамедуллярного остеосинтеза шагнули далеко вперед. Если в недавнем прошлом этот способ остеосинтеза костей предполагал фиксацию только диафизарных переломов длинных костей конечностей, то сегодня спектр показаний к интрамедуллярному остеосинтезу расширился и включает не только внесуставные метафизарные переломы, но даже и внутрисуставные [1, 2]. До недавнего времени считалось, что около- и внутрисуставные переломы необходимо фиксировать с применением технологий накостного остеосинтеза. Сегодня же в ряде случаев интрамедуллярный остеосинтез выступает достойным конкурентом накостному при подобных травмах [3]. История развития накостного остеосинтеза, динамика модификации как самих пластин, так и методик их имплантации достаточно хорошо изучены, чего нельзя сказать об истории развития интрамедуллярного остеосинтеза [4]. Этому аспекту посвящены единичные публикации, а также отсутствует доступная и системная информация. Знание истории этого вопроса позволит нам не только с большим уважением относиться к нашим предшественникам, значительно лучше осмыслить процессы, происходящие сегодня, но и понимать пути дальнейшего развития техники и технологии интрамедуллярного остеосинтеза.

Цель: на основании данных литературы осветить исторические аспекты развития интрамедуллярного остеосинтеза, показать современное состояние и перспективные направления развития этой технологии.

*Исторические предпосылки развития интрамедуллярного остеосинтеза (XIX в. и начало XX в.).* Этот период развития общества в целом характеризовался становлением индустриальной цивилизации и экономическим расцветом во всем мире, особенно в Европе.

Первые руководства по лечению травм были изданы в конце XVIII – начале XIX вв. авторами Pierre-Joseph Desault (1738–1795), Sir Astley Paton Cooper (1768–1841), Joseph François Malgaigne (1806–1865) [5] и Е.О. Мухиным (1755–1850) [6]. За редким исключением, в них были описаны способы консервативного лечения травм. Это представляется естественным, так как в то время развитие оперативной травматологии сдерживалось отсутствием возможности адекватного обезболивания и правил асептики, что приводило к большой доле инфекционных осложнений. В результате наиболее часто выполняемыми операциями в то время были ампутации по поводу открытых, в том числе огнестрельных, переломов. Случаи оперативных вмешательств по поводу переломов или ложных суставов носили единичный характер [5]. Первое пособие по оперативному лечению переломов было опубликовано в 1870 г. французским хирургом Laurent Jean Baptiste Bérenger-Féraud (1832–1900), который был главным хирургом французского военно-морского флота. В нем

обобщен опыт оперативного лечения более 400 клинических случаев с описанием шести типов открытой репозиции и фиксации костных отломков. Тем не менее на том этапе оперативное лечение переломов находилось еще в зачаточном состоянии [5].

Революционные события, предопределившие бурное развитие хирургии в целом и интрамедуллярного остеосинтеза в частности, произошли во второй половине XIX в. К ним относятся открытие анестезии, антисептики и рентгеновских лучей. 16 октября 1846 г. американский дантист William Thomas Green Morton (1819–1868) впервые описал выполнение операции под эфирным наркозом [5]. Британский хирург Joseph Lister (1827–1912), являвшийся учеником Пастера, внедрил в хирургическую практику принципы асептики и антисептики. В 1867 г. он опубликовал результат остеосинтеза надколенника серебряной проволокой после обработки карболовой кислотой [7]. В дальнейшем, в 1886 г., Ernst Gustav Benjamin von Bergmann (1836–1907) из Берлина предложил метод стерилизации паром, а затем, в 1890-е гг., William Stewart Halsted (1852–1922) в США и Emil Theodor Kocher (1841–1917) в Европе предложили выполнять операции в перчатках [5]. 8 ноября 1895 г. Wilhelm Conrad Röntgen (1845–1923) открыл рентгеновские лучи и опубликовал результаты своего открытия [8]. Вскоре после этого, уже в 1900 г. немецкий хирург Carl Beck (1856–1911), который работал в США, опубликовал практическое руководство по лечению переломов с использованием рентгеновского метода [5].

Возвращаясь к интрамедуллярному остеосинтезу, следует сказать, что первыми предшественниками современной концепции интрамедуллярной фиксации явились хирурги Johann Friedrich Die Venbach (1792–1847) из Германии и Theodor Bilroth (1829–1894) из Швейцарии. Первый в 1846 г. опубликовал результаты лечения несращения бедренной, большеберцовой и плечевой костей кольцами из слоновой кости [9], второй в 1861 г. использовал аналогичный метод в лечении ложного сустава большеберцовой кости [10]. А.И. Грицанов и соавт. (2005) считают, что интрамедуллярный металлический остеосинтез впервые применил американский хирург Gaillard (1865) для лечения ложного сустава плечевой кости у 16-летнего юноши. В качестве имплантата была использована металлическая трубка [11]. Heinrich Bircher (1850–1923), швейцарский хирург из Берна, опубликовал в 1887 г. статью об интрамедуллярном остеосинтезе диафизарных переломов бедренной и большеберцовой костей с помощью колец из слоновой кости и метафизарных переломов большеберцовой кости с помощью скоб из слоновой кости [12]. Подобную методику использовал и американский хирург Nicolas Senn (1844–1908), опубликовавший свою широко известную статью о применении перфорированных внутрикостных шин из слоновой кости и экстрамедуллярных костных муфт в 1893 г. [13]. Он изучил абсорбцию слоновой кости в живых тканях, применял для остеосинтеза кость быка и

по праву считается первооткрывателем биodeградируемых имплантатов. Большую роль в развитии травматологии и, в частности, интрамедуллярного остеосинтеза сыграл Ernest William Hey Groves (1872–1944). Он произвел многочисленные серии экспериментов с интрамедуллярными колышками и гвоздями из металла и слоновой кости и показал, что короткий колышек может быть использован только в тех случаях, где нет тенденции к угловой деформации. В противном случае нужно использовать длинный колышек или штифт [5, 11]. Этот автор пытался выполнять интрамедуллярный остеосинтез даже после огнестрельных повреждений и опубликовал результаты трех подобных операций [14]. Однако эта тенденция была воспринята хирургическим сообществом того времени негативно. Причиной этого послужило большое количество инфекционных осложнений. В результате Ernest William Hey Groves получил прозвище Septic Erny («септический Эрни») [15]. К сожалению, истинный вклад в развитие интрамедуллярного остеосинтеза Ernest William Hey Groves был недооценен во многом из-за превосходства его последователя Gerhard Küntscher [5]. Интересно, что первый в истории закрытый интрамедуллярный остеосинтез был выполнен в далеком 1913 г. Его автором был Georg Schöne (1875–1960), работавший в Грайфсвальде. Он описал семь успешных случаев закрытого остеосинтеза переломов локтевой и лучевой костей с использованием чрескожно имплантированных серебряных спиц или штифтов под контролем флюороскопии [16].

*Развитие интрамедуллярного остеосинтеза (XX в. – век индустриализации).* Таким образом, к началу XX в. были созданы все предпосылки для бурного развития технологий остеосинтеза. К медицинскому сообществу постепенно приходило понимание того, что путем остеосинтеза можно в значительной степени улучшить результаты лечения многих переломов и их последствий. Сдерживала этот процесс только одна проблема, а именно: к этому времени еще не были созданы металлические сплавы, обладающие необходимыми для имплантации в живые ткани свойствами – механической прочностью и биологической инертностью. Этим объясняются не вполне удачные попытки применения для остеосинтеза таких материалов, как никелированная листовая сталь [17], серебро [18], высокоуглеродистая сталь [5], ванадиевая сталь [19], алюминий [5], латунь [20]. Тем не менее различные металлы и их комбинации давно привлекали внимание исследователей. Так, одним из первых ученых, кто стал последовательно изучать поведение металлических имплантатов в живом организме еще в 1829 г., был Levert. Уже тогда он и его последователи доказали непригодность железа и его углеродистых сплавов для остеосинтеза из-за последующих инфекционных осложнений. В России первое экспериментальное исследование по этой теме провел в Дерптском университете Д. Витте в 1859 г. Золото и серебро обладали достаточной биологической инертностью, однако были недостаточно

прочны и очень дороги. Исследования красной меди, цинка и олова показали высокую токсичность этих материалов. Появление технологий хромирования и никелирования в конце XIX в., казалось, было решением проблемы. Именно на основе этих технологий были изготовлены штифты А.П. Левицкого, И.К. Спижарного (1913) в России, а также пластины Lane (1892) и Lambott (1913) за рубежом.

Пальма первенства применения интрамедуллярного остеосинтеза металлической конструкцией в России, согласно информации А.И. Грицанова и соавт. (2005), принадлежит Карлу Карловичу Рейеру (1875), который был учителем Г.И. Турнера и Н.А. Вельяминова. К.К. Рейер при ложных суставах большеберцовой кости делал резекцию концов костных фрагментов, после чего выполнял остеосинтез гвоздями собственной конструкции [11]. Вслед за ним подобные операции при ложных суставах бедренной кости производили В.И. Кузьмин (1851–1904) [11] и И.К. Спижарный (1857–1924) [11, 21].

Однако неудовлетворительные результаты как экспериментальных исследований, так и использования этих материалов в клинике показали невозможность широкого внедрения в практику изделий из этих материалов [11]. Решением этой проблемы стало изобретение нержавеющей стали. Впервые нержавеющая сталь была получена до Первой мировой войны, но в хирургии она стала применяться намного позднее [5]. Только в 1921 г., в Германии, на заводах Krupp была выплавлена первая промышленная партия нержавеющей стали, что обеспечило техническую возможность серийного изготовления имплантатов для остеосинтеза [11]. Однако, согласно информации R.M. Greenhagen et al. (2011), это произошло только в 1931 г. [15]. Исторически этот поворот к применению в качестве материала для имплантатов нержавеющей стали связывают с успешными операциями M.N. Smith-Petersen, который использовал для гвоздей собственной конструкции нержавеющую сталь [22]. В 1937 г. братья Rush [23] начали применять длинные тонкие гибкие стальные проволоки (спицы) для стабилизации переломов длинных костей. Этот метод с небольшими трансформациями сохранился и в наше время благодаря использованию гибких гвоздей в лечении переломов у детей. Таким образом, в 1930-х гг. были созданы все условия для совершенствования методики интрамедуллярного остеосинтеза.

Анализируя развитие технологий интрамедуллярного остеосинтеза в России и за рубежом до начала 1930-х гг., можно констатировать, что его эволюция шла параллельными путями без значительного опережения какой-либо из научных школ. Однако в этот период никто из исследователей не предложил универсальной технологии остеосинтеза, все они ограничились небольшим количеством клинических наблюдений при достаточно большой доле осложнений. Тем самым хочется подчеркнуть, что читателю будет интересно

проследить, как происходила эволюция интрамедуллярного остеосинтеза в странах западной Европы, США и в СССР, а также и в постсоветской России.

*Расцвет интрамедуллярного остеосинтеза (от второй половины XX в. до наших дней).* Совершенно справедливо родоначальником современной концепции интрамедуллярного остеосинтеза считается Герхард Кюнчер (G. Kuntcher). У ряда современных исследователей эта фигура вызывает негативные эмоции в силу того, что он был активным членом партии национал-социалистов и принимал участие во Второй мировой войне на стороне нацистов. Тем не менее вклад Кюнчера в развитие мировой травматологии и, в частности, в развитие теории и практики интрамедуллярного остеосинтеза трудно переоценить. Перед тем как впервые выполнить операцию на пациенте, Кюнчер экспериментировал на животных, вводя гвоздь через большой вертел в диафиз бедренной кости собаки. Позитивные результаты эксперимента вдохновили его, и в 1939 году он впервые выполнил закрытый интрамедуллярный остеосинтез перелома диафиза бедренной кости травмированному пациенту [24]. Уже в 1940 г. на заседании немецкого хирургического общества Г. Кюнчер доложил о 13 операциях закрытого интрамедуллярного остеосинтеза, после которых проводилась ранняя реабилитация без дополнительной внешней иммобилизации [25]. Ему же принадлежит идея блокирования гвоздя в костномозговом канале. Г. Кюнчер предложил концепцию «детензор», которая явилась прообразом современного блокирования интрамедуллярных фиксаторов. Таким образом, Герхарда Кюнчера можно по праву назвать отцом современного интрамедуллярного остеосинтеза, так как он открыл и внедрил ряд основополагающих положений: гвоздь должен иметь достаточные диаметр и длину в соответствии с размером костно-мозгового канала, вводить его нужно из определенной точки вдали от места перелома. Он применял флюороскопию (прототип электронно-оптического преобразователя) при операциях остеосинтеза гвоздем, а также предложил блокирование интрамедуллярного гвоздя и раннюю мобилизацию пациента.

Возвращаясь к блокированию, следует сказать, что впервые о блокировании интрамедуллярного гвоздя в современном его понимании доложили в 1972 г. французские травматологи W. Schellman и K. Klemm [26]. Через довольно непродолжительное время блокирование гвоздя в интрамедуллярном канале стало рутинной процедурой. При этом технология предполагала наличие в гвозде отверстий для блокирования круглой или продолговатой формы, что обеспечивало возможность статической или динамической фиксации в зависимости от клинической ситуации [27].

Очевидно, что в развитии остеосинтеза, помимо медицинской составляющей, огромную роль играло и играет производство имплантатов. Поэтому крайне интересно

проследить процесс становления серийного производства изделий для остеосинтеза в мире и в нашей стране. Уже с конца XIX в. мировой бизнес стал понимать перспективность развивающегося рынка продукции для травматологии и ортопедии. Первое коммерческое производство этих изделий было основано Revra DePuy в городе Warsaw, штат Indiana, в 1895 г. [28]. Следующим значительным шагом развития стало основание компании, руководимой Raymond Zimmer. Zimmer вместе с хирургом С.Ф. Lytle на заседании Американской Медицинской Ассоциации в 1927 г. представили серию из 50 алюминиевых шин. В 1941 г. Homer Stryker основал корпорацию Stryker, целью которой явилась разработка инновационных медицинских изделий и оборудования. В 1950 г. на рынок вышла компания Wright, основанная Frank O. Wright [15].

Параллельно с развитием бизнеса шло и совершенствование технологий лечения переломов. Эпохальным событием явилось основание в 1958 г. Ассоциации Остеосинтеза (AO/ASIF). Один из основателей и главный идеолог АО/АСИФ М. Muller заинтересовал молодого R. Mathys, который занимался авиацией и имел опыт конструкторской работы. Они договорились о сотрудничестве. За короткий промежуток времени этот альянс прошел путь от выпуска опытных образцов до серийного производства наборов имплантатов и инструментов для их установки [29]. В 1960 г. было оформлено соглашение о сотрудничестве между АО/АСИФ и институтом Straumann в США с целью производства имплантатов для остеосинтеза под торговой маркой Synthes [15].

Таким образом, уже в 1970-е гг. были созданы и представлены на мировом рынке в качестве серийной продукции качественные интрамедуллярные фиксаторы для остеосинтеза длинных костей конечностей.

В СССР ситуация развивалась другим путем. В нашей стране в силу ряда исторических и социально-экономических причин интрамедуллярный остеосинтез начал развиваться только после окончания Второй мировой войны. В то время отечественная медицинская промышленность производила только лишь общехирургический инструментарий, а рынки стран Запада были закрыты. Это предопределило технологическое отставание от развитых стран Европы и Америки. Нельзя недооценивать и то, что Г. Кюнчер и его последователи в годы войны приобрели колоссальный опыт выполнения интрамедуллярного остеосинтеза и практически поставили эти операции на поток, чего нельзя было сказать о представителях советской травматологической школы. Тем не менее, не имея в своем арсенале качественных имплантатов, адекватных ортопедических столов, флюороскопических аппаратов, отечественные травматологи начали активно продвигать идеи интрамедуллярного остеосинтеза. В этой связи нельзя не упомянуть Ф.Р. Богданова (1948), Я.Г. Дуброва (1948), М.О. Фридланда (1949), М.М. Казакова (1952), А.Н. Беркутова

(1953), Н.Н. Еланского (1953), И.Л. Крупко (1964), В.Г. Вайнштейна (1955), Н.В. Шеляховского (1955) и др. [11]. Так как в клиниках нашей страны в то время отсутствовали флюороскопические аппараты, все виды интрамедуллярного остеосинтеза выполнялись открытым путем. По причине отсутствия серийного производства имплантатов представители практически каждой научной школы предлагали свои варианты конструкций для остеосинтеза. Часто они производились полукустарным способом, небольшими партиями. В каждом отделении травматологии была своя слесарная мастерская для подгонки имплантата под конкретного пациента. Эти обстоятельства были причиной многочисленных осложнений оперативного лечения переломов. Тем не менее, следуя путем неудач и ошибок, наше сообщество травматологов-ортопедов развивалось и двигалось вперед.

Внедрение современных технологий интрамедуллярного остеосинтеза в России наступило в 1990-е гг. Именно в этот период в нашей стране начали регулярно проводиться АО-курсы базового уровня, где костяк преподавателей состоял из известных представителей зарубежной научной школы Ассоциации Остеосинтеза (АО). В 1999 г. была официально оформлена и зарегистрирована Российская национальная АО-секция. Сегодня приверженцами АО-философии, в которой значительное место принадлежит интрамедуллярному остеосинтезу, являются представители большинства отечественных научных школ, а современные аспекты теории и практики остеосинтеза, биологии костного сращения, лечения сопутствующих мягкотканых повреждений преподаются студентам медицинских вузов, клиническим ординаторам и слушателям факультетов постдипломного образования. В итоге на рынок в последнее время вышли отечественные медицинские изделия, вполне отвечающие требованиям сегодняшнего дня и способные составить конкуренцию продукции иностранных производителей [30].

*Перспективы развития интрамедуллярной фиксации.* Оглядываясь назад, можно увидеть, что за короткий промежуток времени – с начала 1940-х гг. до наших дней – интрамедуллярный остеосинтез совершил гигантский скачок в своем развитии. В настоящее время разработаны технологии интрамедуллярного остеосинтеза для метаэпифизарных локализаций плечевой [31], бедренной [32] и большеберцовой [1, 32] костей. Постоянно совершенствуется дизайн имплантатов. Если в начале своего пути исследователи долго шли к использованию металлов в качестве материалов для имплантатов, то сегодня наблюдается обратное движение. Одним из первых отечественных травматологов, предложивших комбинацию металла и полимерных материалов (полиамид-12) и обосновавших философию остеосинтеза этими имплантатами, был И.М. Рубленик (1980). Предложенный им круглый металлополимерный штифт имел продолговатые отверстия для удобства его блокировки и динамической компрессии. Также автором был разработан и полимерный гвоздь [33].



В настоящее время прослеживается тенденция ухода от производства конструкций для остеосинтеза из сплавов различных металлов. Это коснулось и интрамедуллярного остеосинтеза. В частности, были предложены интрамедуллярные фиксаторы из композитных материалов на основе углеродного волокна, механические исследования которых показали обнадеживающие результаты [34, 35]. Интерес к имплантатам из углерода и РЕЕК возрастает. Это вызвано тем, что модуль эластичности этих материалов приближен к модулю эластичности костной ткани. Кроме того, они обладают высокой устойчивостью к нагрузкам и не контрастны на рентгеновском изображении [36]. Так, например, эти имплантаты не дают артефакты при выполнении МРТ и КТ, что увеличивает клиническую ценность этих исследований, позволяя более качественно оценивать положение отломков и динамику сращения переломов [37]. Клиническую эффективность подобных имплантатов демонстрируют успешные результаты использования интрамедуллярных гвоздей из углеродистого волокна, усиленного РЕЕК, при остеосинтезе переломов длинных костей конечностей: плечевой кости [38], бедренной и большеберцовой костей [37]. Особенно важны преимущества имплантатов из углеродистого волокна в хирургии костных опухолей. Так, например, С. Zoccali at al. (2016) подчеркивают возможность более адекватного рентгенологического контроля после операций по поводу метастатического поражения проксимального отдела бедренной кости с остеосинтезом проксимальным бедренным гвоздем, изготовленным из углеродистого волокна. Основным недостатком этой технологии авторы считают затруднение контроля при введении гвоздя в силу его рентгенонегативности, однако этот недостаток ликвидируется путем внедрения в имплантат рентгенопозитивных маркеров. Несмотря на обнадеживающие первичные результаты, авторы говорят о необходимости проведения рандомизированных исследований для сравнения углеродистых и металлических имплантатов [39].

Несмотря на очевидный прогресс в развитии теории и практики интрамедуллярного остеосинтеза, этот способ фиксации переломов имеет ряд принципиальных недостатков, на борьбу с которыми направлены усилия исследователей. Одним из таких недостатков является повышенная лучевая нагрузка, которую получают пациент и хирургическая бригада в ходе операции. Значительная доля облучения обычно приходится на осуществление дистального блокирования [40, 41]. Именно с этим связаны действия научного сообщества, направленные на разработку методов идентификации блокирующих отверстий, которые основаны на электромагнитном эффекте [42, 43]. Другим направлением, позволяющим отойти от необходимости блокирования, является применение расширяющихся стержней. Сторонники этой концепции говорят о внутреннем блокировании стержня после его расширения в костномозговом канале [44]. Безусловно, эта технология может занять свое

место в ряду различных методов интрамедуллярной фиксации хотя бы из-за значительного сокращения времени операции и уменьшения лучевой нагрузки на больного и хирурга. Тем не менее применение подобных имплантатов сопровождается большой долей неудовлетворительных результатов, связанных с недостаточной стабильностью фиксации [45]. Кроме того, описаны технические сложности, которые возникают в ходе удаления расширяющихся интрамедуллярных конструкций [46]. Возможное решение этих проблем Т. Ingrassia et al. (2011) попытались найти в создании гвоздя, в котором дистальная фиксация осуществляется не за счет блокирования винтами, а за счет расширения дистальной части гвоздя в интрамедуллярном канале. Это достигается завинчиванием специального винта, находящегося внутри полого гвоздя. При этом происходит расширение лепестков дистальной части гвоздя и их упор в костномозговой канал изнутри. Исследование предложенного гвоздя методом конечных элементов показало обнадеживающие результаты, однако непонятно, как эта фиксационная система будет вести себя в клинике и насколько адекватно будет сохраняться стабильность фиксации с течением времени [41]. Интересно, что принципиально та же идея блокирования гвоздя путем расширения его дистальной части за счет специальных лепестков была предложена В.И. Фишкиным более 50 лет назад [11], но в силу разных обстоятельств не нашла своего развития и стала тупиковой ветвью эволюции интрамедуллярного остеосинтеза. Китайские исследователи пошли по этому пути дальше и применили блокирующийся в костномозговом канале гвоздь собственной конструкции в клинической практике у 1704 пациентов с переломами плечевой, большеберцовой и бедренной костей. Технологически предложенный гвоздь имеет резьбу на проксимальном и дистальном концах, а также паз, в который вводится дополнительный блокирующий гвоздь [45]. Этот способ интрамедуллярного остеосинтеза по своей философии напоминает методику Ключевского–Зверева, при которой для блокирования вводился дополнительный эластичный гвоздь прямоугольного поперечного сечения [47].

Еще одна попытка отказаться от дистального блокирования была предложена D. Tarnita et al. (2011). Авторы предложили модульную интрамедуллярную конструкцию со вставками из нитинола. Блокирование в этих фиксаторах осуществляется за счет эффекта памяти формы, при этом возможны два варианта: расширение центрального модуля или разведение в стороны 4 спиц, введенных в центральное отверстие гвоздя и выходящих за его нижний конец. В сравнении с традиционным интрамедуллярным остеосинтезом остеосинтез предложенной системой показал достоверное уменьшение времени операции и увеличение доли сращения переломов [48].

### **Заключение**

Историю интрамедуллярного остеосинтеза, как и развитие технологий фиксации переломов в целом, можно сравнить с началом движения тяжеловесного железнодорожного состава. Около 4000 лет назад очень медленно начался этот путь. Только в последнее столетие этот поезд набрал большую скорость и продолжает неумолимо двигаться вперед. Именно интрамедуллярный остеосинтез в течение относительно небольшого периода времени стал одним из основных методов лечения пострадавших с переломами длинных костей конечностей. Современные тенденции развития имплантатов для травматологии, технологий и техник оперативных вмешательств позволяют применять его не только при простых диафизарных переломах, но и при тяжелых многооскольчатых, сегментарных, иногда внутрисуставных, открытых и даже огнестрельных повреждениях. В настоящее время интрамедуллярный остеосинтез применяется и в ортопедии с целью коррекции деформаций и укорочений, артродезирования суставов. Он значительно расширил возможности раннего функционального лечения и реабилитации пациентов.

Несмотря на колоссальный прорыв в своем развитии, этот способ фиксации переломов имеет принципиальные недостатки, которыми являются большая лучевая нагрузка на хирургическую бригаду и на пациента в целом, а также технические сложности при репозиции отломков костей конечностей.

С развитием современных технологий сегодняшние изыскания ученых направлены на тонкие биомеханические исследования с целью совершенствования конструкций для интрамедуллярной фиксации, так как теория – это путеводная звезда прогресса, она без практики мертва, а практика (наш клинический опыт) является критерием истины.

### **Список литературы**

1. Rommens P.M., El Attal R., Hansen M., Kuhn S. Intramedulläre Nagelung von proximalen Tibiafrakturen [Intramedullary nailing of proximal tibia fractures]. Oper. Orthop. Traumatol. 2011. Vol.23. N.5. P.411-422. DOI: 10.1007/s00064-011-0127-6.
2. Dilisio M.F., Nowinski R.J., Hatzidakis A.M., Fehringer E.V. Intramedullary nailing of the proximal humerus: evolution, technique, and results. J Shoulder Elbow Surg. 2016. Vol.25. N.5. P.130-138. DOI:10.1016/j.jse.2015.11.016
3. Тихилов Р.М., Беленький И.Г., Кутянов Д.И. Современное состояние проблемы использования внутреннего остеосинтеза при лечении пострадавших с переломами длинных костей конечностей в условиях городского многопрофильного стационара Российского мегаполиса // Травматология и ортопедия России. 2012. №4 (66). С. 17 – 25.

4. Беленький И.Г., Сергеев Г.Д., Гудзь Ю.В., Григорян Ф.С. История, современное состояние и перспективы развития методов накостного остеосинтеза // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 5. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=25248> (дата обращения: 24.07.2020). DOI: 10.17513/spno.25248.
5. Bartonicek J. Early history of operative treatment of fractures. Arch Orthop. Trauma Surg. 2010. Vol. 130. P. 1385–1396. DOI: 10.1007/s00402-010-1082-7.
6. Башуров З.К. Двести лет Российской травматологии // Травматология и ортопедия России. 2006. №3 (41). С. 88 – 94.
7. Lister J. On the antiseptic principle in the practice of surgery. Br. Med. J. 1867. V.2. P. 246–248.
8. Roöntgen W.C. Uebereineneue Art von Strahlen. Vorläufige Mitteilung. Sitzungsberichte der Würzburger physik-med. 1895. P.137–147 [in German].
9. DieVenbach J.F. Neue sichere Heilmethode des falschen Gelenkes oder der Pseudoarthrose mittels Durchbohrung der Knochen und Einschlagen von Zappfen. Casper's Wochenschriftt Gesam Heilk. 1846. Vol. 46–48. P. 727–734, 745–752, 761–765.
10. Bilioth Th. Ueber Knochen—resorption. Langebeck's Archiv (Arch Klin Chir). 1861. V.2. P. 118–132.
11. Грицанов А.И., Шаповалов В.М., Хомутов В.П., Хоминец В.В. Становление и развитие способов внутреннего остеосинтеза отломков при переломах костей конечностей // Эволюция остеосинтеза: сборник научных трудов. СПб.: МОПСАР АВ, 2005. С. 5-25.
12. Bircher H. Eine neue Methode unmittelbarer Retention bei Fracturen der Rohrenknochen. Langebecks Archiv. Arch. Klin. Chir. 1887. V.34. P. 410–422.
13. Senn N. A new method of direct Fixation of the fragments in compound and ununited fractures. Ann. Surg. 1893. V.18. P.125–151.
14. Hey Groves E.W. On the application of the principle of extension to comminuted fractures of the long bone, with special reference to gunshot injuries. Br. J. Surg. 1914. V.2. P.429–443.
15. Greenhagen R. M., Jonson A.R., Joseph A. Internal Fixation: a Historical Review. Clinics in Podiatric Medicine and Surgery. 2011. Vol. 28, Issue 4. P. 607-618.
16. Schöne G. Zur Behandlung von Vorderarmfrakturen mit Bolzung. Münch Med. Wschr. 1913. V.60. P. 2327–2328.
17. Hansmann H. Eine neue Methode der Fixierung der Fragmente bei complicierten Fracturen. Verh. Dtsch. Ges. Chir. 1886. V.15. P. 134– 137.
18. Steinbach L.W. On the use of Wxation plates in the treatment of fractures of the leg. Ann Surg. 1900. V.31. P. 436–442.

19. Sherman W.O. Vanadium steel bone plates and screws. *Surg. Gyn. Obst.* 1912. V.14. P. 629–634.
20. Blake J.A. The operative treatment of fractures. *Surg Gyn Obst.* 1912. V.14. P. 338–345.
21. Спижарный И.К. Большая медицинская энциклопедия: В 35 томах / Гл. редактор Н.А. Семашко. 1-е издание. М.: Государственное издательство биологической и медицинской литературы. 1935. Т. 31. Смелли — Струма. С. 267—268.
22. Smith-Petersen M.N. Intracapsular fractures of the neck of the femur. Treatment by internal fixation. *Arch Surg.* 1931. V.64. P. 715–759.
23. Rush L.V., Rush H.L. A reconstruction operation for comminuted fracture of the upper third of the ulna. *Am J Surg.* 1937. V.38. P.332–333.
24. Зуев П.П., Ямщиков О.Н. Современные тенденции развития интрамедуллярного остеосинтеза диафизарных переломов бедренной кости // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2017. Т. 22. № 1. С. 183-186. DOI: 10.20310/1810-0198-2017-22-1-183-186.
25. Küntscher G. Die Marknagelung von Knochenbrüchen. *Langenbecks Arch Chir.* 1940. V. 200. P. 443–455.
26. Kempf I., Grosse A., Beck G. Closed locked intramedullary nailing: its application to comminuted fractures of the femur. *J. Bone Joint Surg. Am.* 1985. V. 67. P. 709-720.
27. Buckley R.E., Moran C.G., Apivatthakakul Th. *AO principles of fracture management*. 3d ed. Thieme. 2018. 1120 p.
28. Depuy: history. Available at: <http://www.depuy.com/about-depuy/corporate-info/history>. Accessed July 14, 2020.
29. Jeahhet J.P. Leading a surgical revolution. The AO Foundation – social entrepreneurs in the treatment of bone trauma. 2019. Springer. 401p. DOI: 10.1007/978-3-030-01980-8.
30. Кривенко А.Н., Гришин Д.В., Буткова Т.В., Андреюк Д.С., Кайшева А.Л. Перспективы развития секторов рынка отечественной биомедицинской продукции // Государственное управление. Электронный вестник. 2020. № 79. С. 105-134.
31. Dilisio M.F., Nowinski R.J., Hatzidakis A.M., Fehringer E.V. Intramedullary nailing of the proximal humerus: evolution, technique, and results. *J Shoulder Elbow Surg.* 2016. Vol. 25(5). P. 130-138. DOI:10.1016/j.jse.2015.11.016.
32. Virkus W.W., Kempton L.B., Sorkin A.T., Gaski G.E. Intramedullary Nailing of Periarticular Fractures. *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* 2018. Vol. 26. N.18. P.629-639. DOI:10.5435/JAAOS-D-16-00849.
33. Рубленик И.М., Васюк В.Л., Ковальчук П.Е. 30-летний опыт применения блокирующего интрамедуллярного металлополимерного остеосинтеза в лечении переломов

длинных костей у 1200 пациентов // Бюллетень ВШЦ СО РАМН. 2011. №4 (80), часть 1. С. 161-167.

34. Samiezadeh S., Fawaz Z., Bougherara H. Biomechanical Properties of a Structurally Optimized carbon-fibre/epoxy Intramedullary Nail for Femoral Shaft Fracture Fixation. *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.* 2016. Vol. 56. P. 87-97. DOI: 10.1016/j.jmbbm.2015.11.023.

35. Samiezadeh S., Tavakkoli Avval P., Fawaz Z., Bougherara H. Biomechanical assessment of composite versus metallic intramedullary nailing system in femoral shaft fractures: A finite element study. *Clin. Biomech. (Bristol, Avon)*. 2014. V. 29 (7). P. 803-810.

36. Sacchetti F., Andreani L., Palazzuolo M., Cherix S., Bonicoli E., Neri E., Capanna R. Carbon/PEEK nails: a case-control study of 22 cases. *Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol.* 2020. V.30, P. 643–651. DOI: 10.1007/s00590-019-02602-4.

37. Hillock R., Howard S. Utility of Carbon Fiber Implants in Orthopedic Surgery: Literature Review. *Reconstructive Review*. 2014. V. 4, N.1. P.23-32. DOI: 10.15438/rr.v4i1.55.

38. Kojic N., Rangger C., Özgün C., Lojpur J., Mueller J., Folman Y., Berhbalk E., Bakota B. Carbon-Fibre-Reinforced PEEK radiolucent intramedullary nail for humeral shaft fracture fixation: technical features and a pilot clinical study. *Injury, Int. J. Care Injured*. 2017. V.48. Suppl. 5. P.8–11. DOI: 10.1016/S0020-1383(17)30731-3.

39. Zoccali C., Soriani F., Rossi B., Salducca N., Biagini R. The Carbofix™ “Piccolo Proximal femur nail”: A new perspective for treating proximal femur lesion. A technique report. *Journal of Orthopaedics*. 2016. V. 13. Issue 4. P. 343-346.

40. Roux A., Bronsard N., Blanchet N., de Peretti F. Can fluoroscopy radiation exposure be measured in minimally invasive trauma surgery? *Orthop. Traumatol. Surg. Res.* 2011. V. 97. P. 662-667.

41. Ingrassia T., Mancuso A., Ricotta V. Design of a new tibial intramedullary nail // Proc. of the IMProVe 2011 International Conference on Innovative Methods in Product Design. Venice: Libreria Internazionale Cortina Padova, 2011. P. 678-684.

42. Ciftdemir M., Tuncel S.A., Ozcan M., Copuroglu C., Erem M. Does electromagnetic-manual guided distal locking influence rotational alignment in antegrade femoral nailing? *Int. Orthop.* 2015. V. 39 (3). P. 507-512.

43. Zirkle L.G., Shahab F., Shahabuddin Interlocked Intramedullary Nail Without Fluoroscopy. *Orthop. Clin. North. Am.* 2016. V. 47 (1). P. 57-66.

44. Lepore L., Lepore S., Maffuli N. Intramedullary nailing of the femur with an inflatable self-locking nail: comparison with locked nailing. *J. Orthop. Sci.* 2003. V. 8. No 6. P. 796-801.

45. Liu B., Xiong Y., Deng H., Gu S., Jia F., Li Q., Wang D., Gan X., Liu W. Comparison of our self-designed rotary self-locking intramedullary nail and interlocking intramedullary nail in the treatment of long bone fractures. *J. Orthop. Surg. Res.* 2014. V. 9. P. 47.
46. Bek D., Demiralp B., Tunay S., Sehirlioğlu A., Ateşalp A.S. Removal of a bent inflatable femoral nail: a case report. *Acta Orthop. Traumatol. Turc.* 2008. V. 42 (3). P. 211-213.
47. Зверев Е.В. Лечение функциональным внутрикостным остеосинтезом титановыми стержнями закрытых диафизарных переломов длинных трубчатых костей: дис... докт. мед. наук. Ярославль, 1990. 641 с.
48. Tarnita D., Tarnita D., Bolcu D. Orthopaedic modular implants based on shape memory alloys / ed. Prof. Reza Fazel. *Biomedical Engineering – From Theory to Applications*. Rijeka: Sciyo, 2011. P. 431-468.