

УДК 617.583/.584-007.2-089.22-053.2(045)

ХМИЗОВ С.О., ПРОЗОРОВСЬКИЙ Д.В., СУББОТА І.А., ЄРШОВ Д.В.

ДУ «Інститут патології хребта та суглобів імені проф. М.І. Ситенка НАМНУ», м. Харків, Україна

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ПРОКСИМАЛЬНОГО ВІДДІЛУ ВЕЛИКОГОМІЛКОВОЇ КІСТКИ ДИТИНИ ПРИ ТІВІА VARA В УМОВАХ ОДНОБІЧНОГО БЛОКУВАННЯ ПРОКСИМАЛЬНОЇ РОСТКОВОЇ ЗОНИ ФІКСАТОРАМИ РІЗНИХ ТИПІВ

Резюме. Актуальність. Сучасним стандартом хірургічного лікування фронтальних епіметафізарних деформацій колінного суглоба у дітей є метод керованого росту. Для тимчасового блокування росткової зони використовуються різні фіксатори: скоби Блаунта, пластини з гвинтами. Проте дослідження, присвячені вивченню напружено-деформованого стану при використанні зазначених фіксаторів, відсутні.

Мета: дослідження напружено-деформованого стану моделі проксимального відділу великогомілкової кістки дитини при однобічному блокуванні росткової зони фіксаторами різних типів в умовах навантажень, характерних для tibia vara.

Матеріали і методи. За допомогою програми Solid Works створена і проаналізована методом кінцевих елементів 3D-модель проксимального відділу великогомілкової кістки дитини з латеральним блокуванням одним із 3 фіксаторів: скоба Блаунта, блокована пластина, стандартна пластина в умовах навантаження, характерних для tibia vara.

Результати. В умовах навантаження, характерних для tibia vara, відзначено збільшення напружень у медіальній частині росткової зони. При однобічному блокуванні фіксаторами виявлено нові зони підвищених навантажень у кістковій тканині метаепіфіза нижче від росткової зони. Найбільше напруження у фіксаторах відзначено в зоні контакту проксимального гвинта з пластиною, а також у верхній частині скоби.

Висновок. Варусна деформація проксимального відділу великогомілкової кістки веде до підвищення навантажень у медіальній частині проксимальної росткової зони. Використання різних фіксаторів для однобічного блокування проксимальної росткової зони великогомілкової кістки призводить до появи відмінних напружень у проксимальному її епіметафізі. До мінімального підвищення напружень у кістковій тканині метафіза приводять варіанти фіксації із застосуванням пластин, а використання скоб Блаунта значно підвищує напруження в кістковій тканині в ділянці розташування скоб.

Ключові слова: керований рост, метод кінцевих елементів, скоба Блаунта, 8-plate.

Дослідження виконано в рамках НДР «Вивчити морфологічні зміни та особливості функціонування росткових зон довгих кісток кінцівок в умовах їх тимчасового блокування» (№ 0114U003017).

Вступ

Фронтальні епіметафізарні деформації колінного суглоба (ФЕДКС) (genu varum, genu valgum) є поширеною ортопедичною патологією у дітей [3]. Тимчасове однобічне блокування росткової зони (ТОБ РЗ) металевим фіксатором ефективно використовується для хірургічного лікування ФЕДКС у дітей, що дозволяє досягти поступової корекції деформації за рахунок створення асиметричного росту росткової зони оперованої кістки, тобто без виконання остеотомії (рис. 1) [2, 10, 11].

У хірургічній практиці на даний час використовуються декілька фіксаторів, що розроблені безпосередньо для ТОБ РЗ: 1) скоби Блаунта; 2) стандартні плас-

Адреси для листування з авторами:

Хмизов Сергій Олександрович

E-mail: s.khmyzov@gmail.com

Прозоровський Дмитро Вініамінович

E-mail: prozorovskiy@mail.ru

Суббота Ігор Анатолійович

E-mail: gs1971@ukr.net

Єршов Дмитро Валерійович

E-mail: tnm100@gmail.com

© Хмизов С.О., Прозоровський Д.В., Суббота І.А.,

Єршов Д.В., 2016

© «Травма», 2016

© Заславський О.Ю., 2016

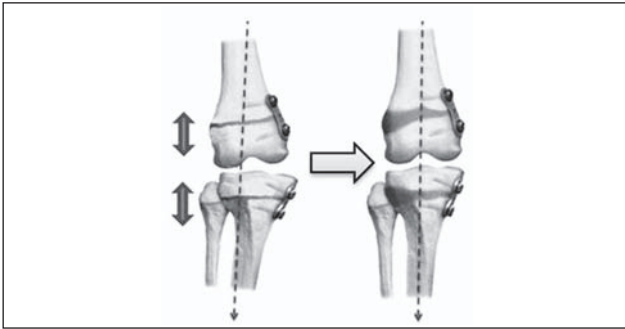


Рисунок 1. Принцип дії методу ТОБ РЗ довгих кісток: \leftrightarrow — відображає механічну ось кінцівки; \dashrightarrow — показує асиметричне зростання на стороні, протилежній від розташування пластини

тини (СтПл) із двома отворами (8-plate (Ortofix) та їх аналоги); 3) блокувані пластини (БлПл) (рис. 2) [3, 6]. Зазначені фіксатори мають різні конструктивні особливості, які можуть впливати на характер розподілу напруження в ділянці росткової зони, що, у свою чергу, може сприяти виникненню ускладнень, пов'язаних із використанням даних фіксаторів (міграції, порушення цілісності фіксатора) [5].

На сьогодні день у літературі відсутні роботи з дослідження напружено-деформованого стану епіметафізарного відділу кістки дитини в умовах однобічного блокування її росткової зони.

Мета роботи: дослідження напружено-деформованого стану моделі проксимального відділу великогомілкової кістки (ВГК) дитини із латеральним бло-

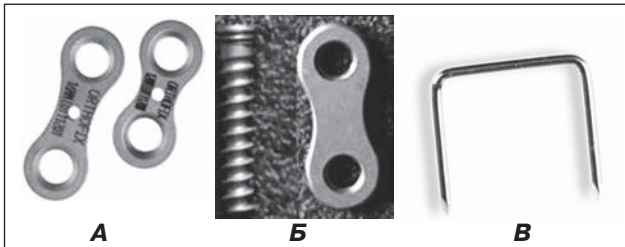


Рисунок 2. Види фіксаторів, що застосовуються для тимчасового блокування росткових зон довгих кісток кінцівок: А — пластина 8-plate (Ortofix); Б — пластина з кутовою стабільністю гвинтів (РНПЦ, Білорусія); В — скоба Блаунта

Таблиця 1. Характеристики матеріалів

Назва елемента	Матеріал	Модуль пружності, МПа	Коефіцієнт Пуассона	Межа міцності при стисканні, МПа
Дистальна частина моделі	Кортикальна кістка	5000	0,29	5
Проксимальна частина моделі	Кортикальна кістка	5000	0,29	5
Середня частина моделі (росткова зона)	Хрящова тканина	500	0,35	2,5
Пластина	Титановий сплав Ti-6Al-4V	10480	0,31	827
Елементи кріплення (гвинти)	Титановий сплав Ti-6Al-4V	10480	0,31	827
Скоби	Титановий сплав Ti-6Al-4V	10480	0,31	827

куванням росткової зони фіксаторами різних типів в умовах навантажень, що характерні для tibia vara.

Матеріали та методи

Структурною особливістю довгих кісток у дітей є наявність росткової зони, що представлена хрящовою тканиною, та розділяє епіфіз і метафіз. Структура трубчатих кісток неоднорідна: діафізарний відділ кістки складається переважно з кортикальної тканини, а проксимальний та дистальний епіфізи мають тонкий шар кортикальної кістки, внутрішній об'єм заповнений губчастою кісткою, що має інші механічні властивості. У випадку даного дослідження вирішено, що при дослідженні епіфіза, де структура кістки більш однорідна, немає необхідності створювати шари кортикальної та губчастої тканини. На основі аналізу комп'ютерної томографії із 3D-реконструкцією великогомілкової кістки 10 дітей віком від 5 до 10 років шляхом визначення середніх параметрів довжини кістки, поперекових розмірів діафіза та проксимального епіметафізарного її відділу була створена 3D-модель проксимального відділу ВГК кістки дитини 8 років, яка мала росткову зону товщиною 3 мм (рис. 3). Моделювання та розрахунки проведені із використанням програм Solid Works 2008 та COSMOS Works.

Механічні характеристики елементів моделі (кісткова, хрящова тканина) з літературних джерел мають дуже великий діапазон значень і залежать від віку. Наприклад, межа міцності кісткової тканини ВГК у віці 5 років становить 6,77–7,06 МПа, а після 25 років — 2,55–5,88 МПа. Для нашого дослідження ми обрали середні показники механічних властивостей кісткової тканини між губчастою та кортикальною кісткою для елементів моделей. Характеристики матеріалів, використаних при розрахунках моделей, наведені в табл. 1 [9].

На основі розробленої моделі проксимального відділу ВГК дитини були створені додаткові 3 моделі, в яких виконано однобічне блокування трьома різними фіксуючими пристроями, що використовуються при лікуванні ФЕДКС у дітей: 1) модель, в якій однобічне блокування проксимальної РЗ виконано скобами Блаунта; 2) модель, в якій для блокування РЗ використана блокувана пластина (пластина з кутовою стабільністю гвинтів); 3) модель із стандартною пластиною, в якій

можлива зміна кута розташування гвинтів відносно пластини (рис. 4).

Довжина гвинтів у моделях дорівнювала половині перетину проксимального епіфіза кістки.

ВГК витримує (піддається) одночасно декілька різних видів навантажень. Для нашого дослідження ми обрали навантаження, що виникає у фазі одноопорного стояння, — осьове (рис. 5). Відомо, що при варусній деформації колінного суглоба відбувається перерозподіл навантажень на медіальний і латеральний виростки ВГК, зі збільшенням навантаження на медіальний виросток [4].

Для забезпечення необхідних зони та напрямку навантаження ми застосували додаткові елементи навантаження, що контактували безпосередньо з виростками великогомілкової кістки. При навантаженні величина сили, прикладеної до обох наванта-

жувальних елементів, становила 200 Н (що дорівнює 20,39 кг).

При моделюванні навантаження на виростки ВГК при нормальних осьових взаємовідносинах у колінному суглобі (в нормі) навантаження на медіальний і латеральний виростки було розподілено рівномірно, тобто по 50 %.

Враховуючи дані існуючих досліджень [1, 7], для моделювання навантажень на виростки ВГК, що характерне для tibia vara, розподіл виконали так: 60 % на елемент, що навантажує медіальний виросток, та 40 % на елемент, що навантажує латеральний виросток. Дистальна частина кістки була жорстко закріплена, що необхідно для проведення дослідження. Таке віддалене розташування зони кріплення не призводило до додаткового впливу на область дослідження.

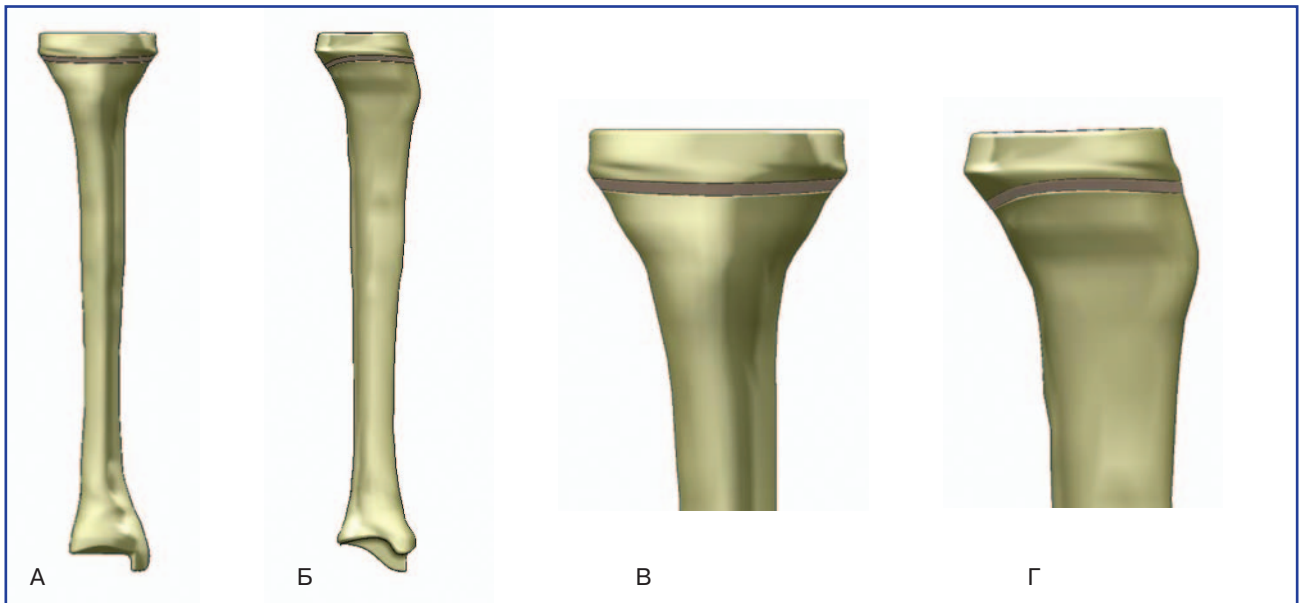


Рисунок 3. Модель великогомілкової кістки дитини, що зростає: А — зовнішній вигляд спереду; Б — зовнішній вигляд збоку; В — росткова зона спереду (наближено); Г — росткова зона збоку (наближено)

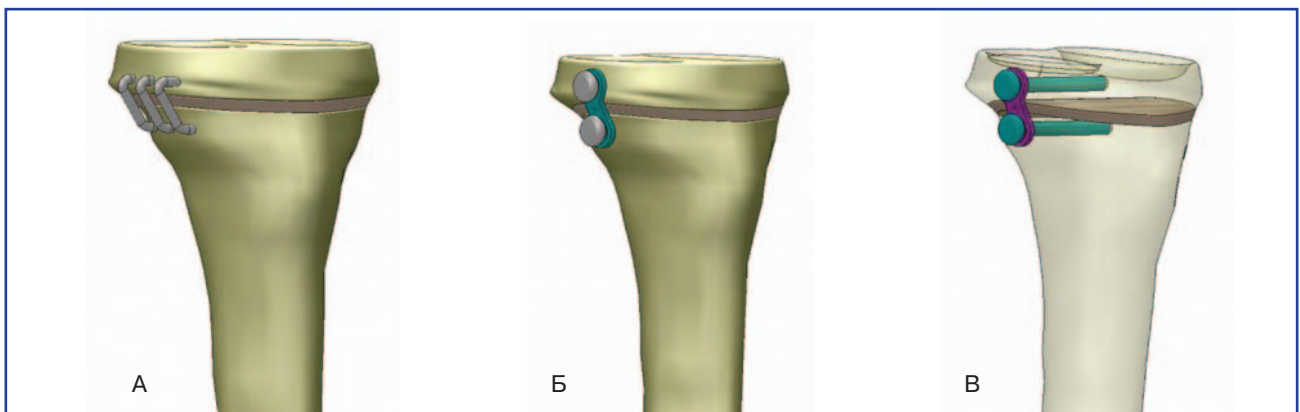


Рисунок 4. Моделі, в яких виконано латеральне блокування проксимальної росткової зони великогомілкової кістки: А — 3 скобами Блаунта; Б — блокованою пластиною; В — стандартною пластиною

Таким чином, виконано серію моделювань навантаження проксимального відділу ВГК: 1) у нормі; 2) в умовах *tibia vara*; 3) в умовах *tibia vara* та однобічного блокування проксимальної росткової зони фіксаторами різних типів (скоба Блаунта; стандартна пластина; блокована пластина).

Результати

При аналізі напружено-деформованого стану (НДС) проксимального відділу ВГК в нормі та в умовах навантаження, характерного для *tibia vara*, відмічається переміщення зони найбільшого напруження в ділянці проксимальної росткової зони та збільшення величини максимального напруження з 0,339 до 0,610 МПа (рис. 6).

Крім того, слід зазначити, що і в напруженні проксимальної росткової зони ВГК відбулись зміни: збіль-

шилась величина максимального напруження в латеральній частині з 0,103 до 0,514 МПа; і в медіальній — з 0,059 до 0,201 МПа (рис. 7, 8).

Також збільшилась загальна площа напруження вище від 0,03 МПа з 0,49 до 1,98 %, причому переважно завдяки латеральній ділянці (рис. 8).

Аналіз НДС у проксимальному відділі ВГК в умовах однобічного блокування росткової зони (рис. 9) показав, що застосування фіксуючих елементів призводить до появи нової зони підвищених напружень нижче від росткової зони, яка виникає завдяки перенесенню навантаження на скоби, пластини та гвинти. Напруження в кістковій тканині в ділянці розташування гвинтів і скоб зростає. При застосуванні скоби Блаунта напруження підвищується до 1135 МПа, а при застосуванні пластин — до 741,6 МПа (блокована пластина) та 630,7 МПа (стандартна пластина). До найменшого підвищення напруження приводять варіанти фіксації з використанням пластин. Крім того, відбувається зменшення напруження в медіальному виростку великогомілкової кістки при всіх видах фіксації.

В усіх випадках використання пластин найбільше напруження розташовується в зоні контакту верхнього гвинта з пластиною, а у випадках використання скоб Блаунта — у скобі, розташованій найбільш дорзально (рис. 10). Максимальні напруження розподілилися так: у скобі Блаунта — 2747 МПа, у стандартній пластині — 2769 МПа, а при фіксації блокованою пластиною — 4114 МПа. Ця зона підвищеного напруження розташовується за межами кісткової тканини, а в межах кісткової тканини найбільші напруження спостерігаються у гвинтах, розташованих внизу.

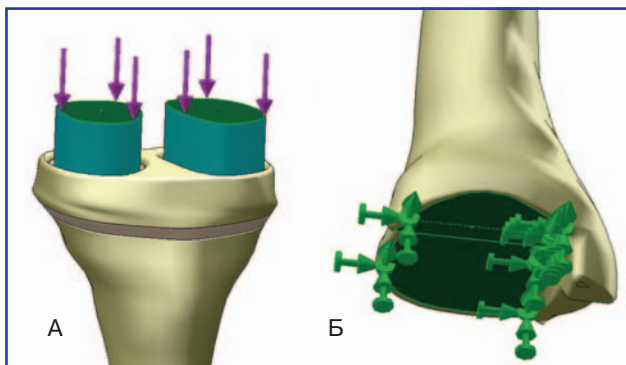


Рисунок 5. Схема навантаження моделей великогомілкової кістки: А — зона навантаження при осьовому навантаженні моделей; Б — зона кріплення при осьовому навантаженні моделей

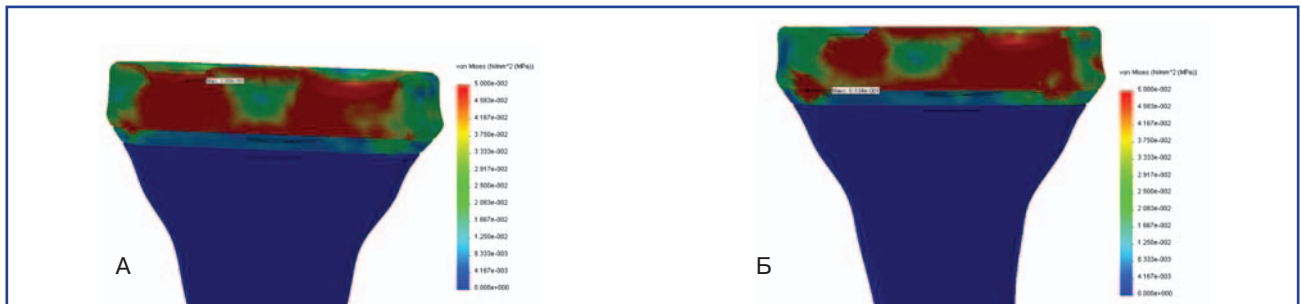


Рисунок 6. Розподіл напруження в проксимальному відділі великогомілкової кістки: А — при симетричному навантаженні на виростки; Б — при навантаженні, що характерне для *tibia vara*

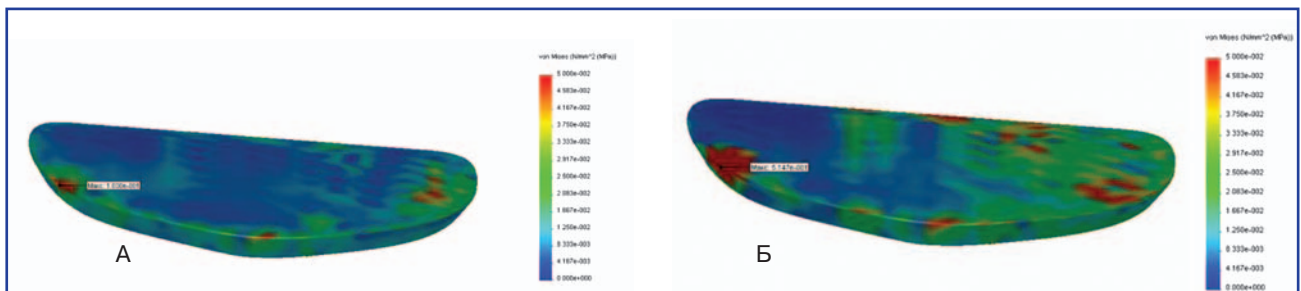


Рисунок 7. Розподіл напруження в проксимальній ростковій зоні великогомілкової кістки: А — при симетричному навантаженні на виростки; Б — при навантаженні, що характерне для *tibia vara*

Використання скоб дозволяє знизити напруження в медіальній частині росткової зони, а в латеральній напруження залишаються досить високими — 0,581 МПа. При застосуванні пластини та гвинтів максимальне напруження припадає на медіальну ділянку велико-

гомілкової кістки і становить 0,189 МПа (блокована пластина) та 0,191 МПа (стандартна пластина). Слід зазначити, що використання пластини з гвинтами призводить до появи зон підвищеного напруження в ділянці розташування кінців гвинтів із величиною на-

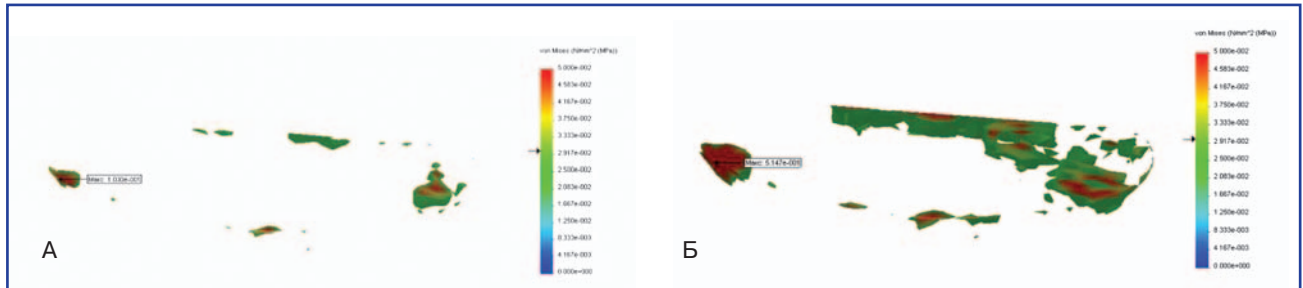


Рисунок 8. Розподіл напруження в ростковій зоні з величиною напруження вище від 0,03 МПа: А — при симетричному навантаженні на виростки; Б — при навантаженні, що характерне для *tibia vara*

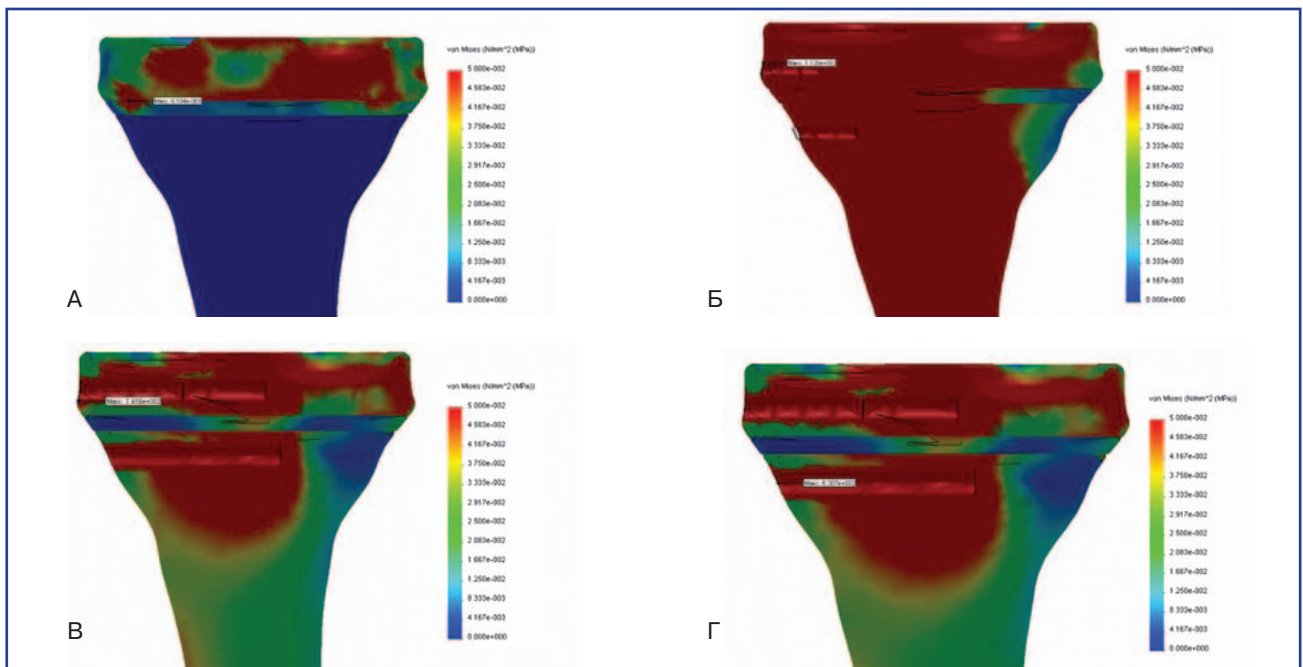


Рисунок 9. Розподіл напруження в проксимальному відділі великогомілкової кістки при навантаженні на виростки, характерному *tibia vara*: А — без фіксуючих елементів; Б — при однібічному блокуванні росткової зони 3 скобами Блаунта; В — при однібічному блокуванні росткової зони БлПл; Г — при однібічному блокуванні росткової зони СтПл

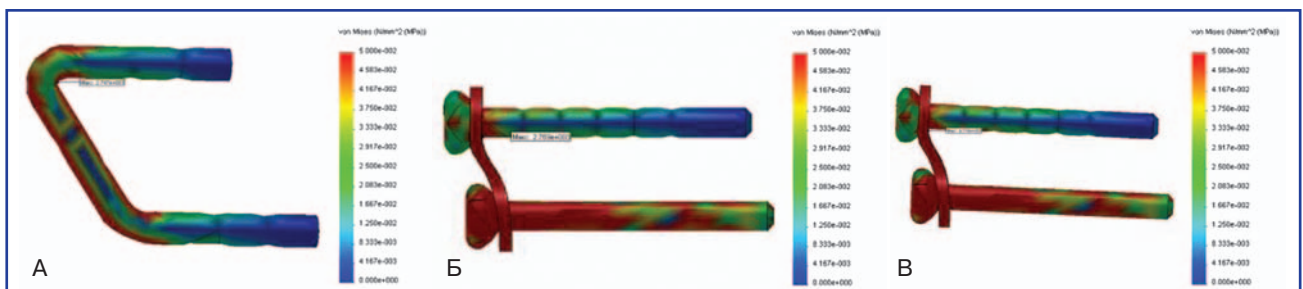


Рисунок 10. Розподіл напруження у фіксуючих елементах при навантаженні на виростки, характерному для *tibia vara*: А — модель, де для однібічного блокування росткової зони використані 3 скоби Блаунта; Б — модель, де використана БлПл; В — модель, де використана СтПл

пруження близько 0,036 МПа в обох випадках (рис. 11, рис. 12).

Використання фіксуючих елементів дозволяє суттєво знизити обсяг напружень вище від 0,03 МПа в ростковій зоні. Так, при використанні скоби Блаунта цей показник становить 3,32 % від загального обсягу росткової зони, блокованої пластини — 1,17 % від загального обсягу росткової зони, стандартної пластини —

1,12 % від загального обсягу росткової зони. Якщо не використовувати фіксуючих елементів, цей показник становить 1,98 %. Це свідчить про зменшення обсягу зон напруження на 30–40 %.

Обговорення

Використання різних фіксаторів для однобічного блокування проксимальної РЗ ВГК призводить до по-

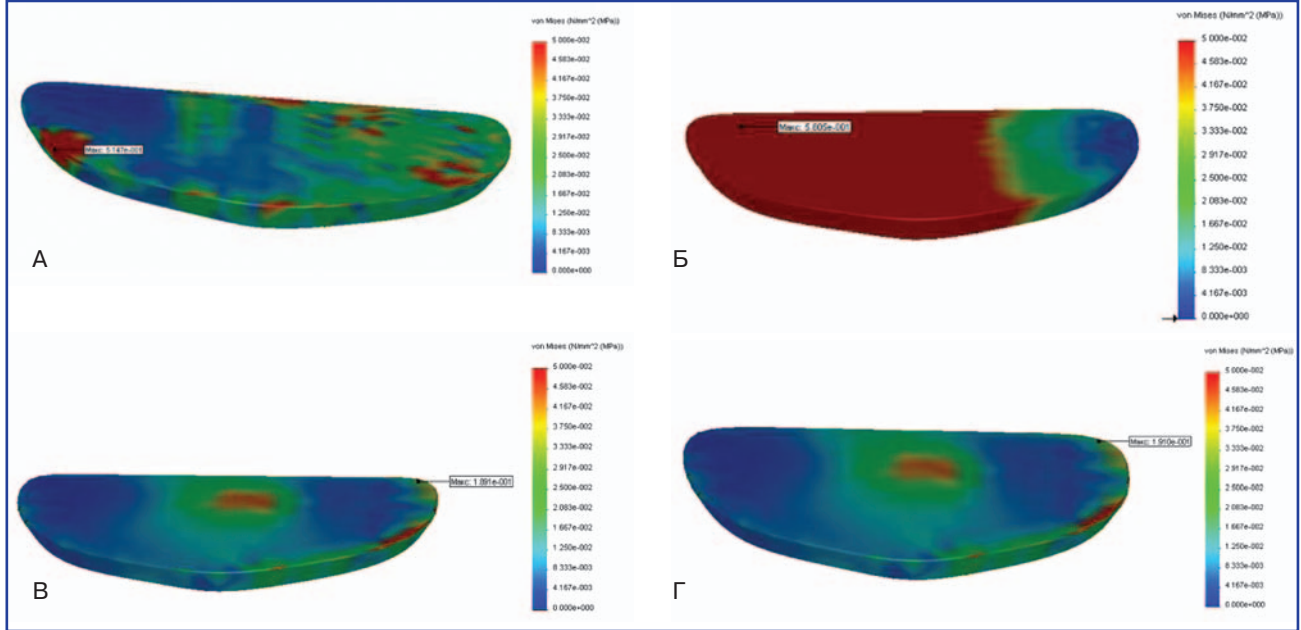


Рисунок 11. Розподіл напруження в ростковій зоні при навантаженні на виростки, характерному для *tibia vara*: А — без фіксуючих елементів; Б — при однобічному блокуванні росткової зони З скобами Блаунта; В — при однобічному блокуванні росткової зони із використанням БлПл; Г — при однобічному блокуванні росткової зони із використанням СтПл

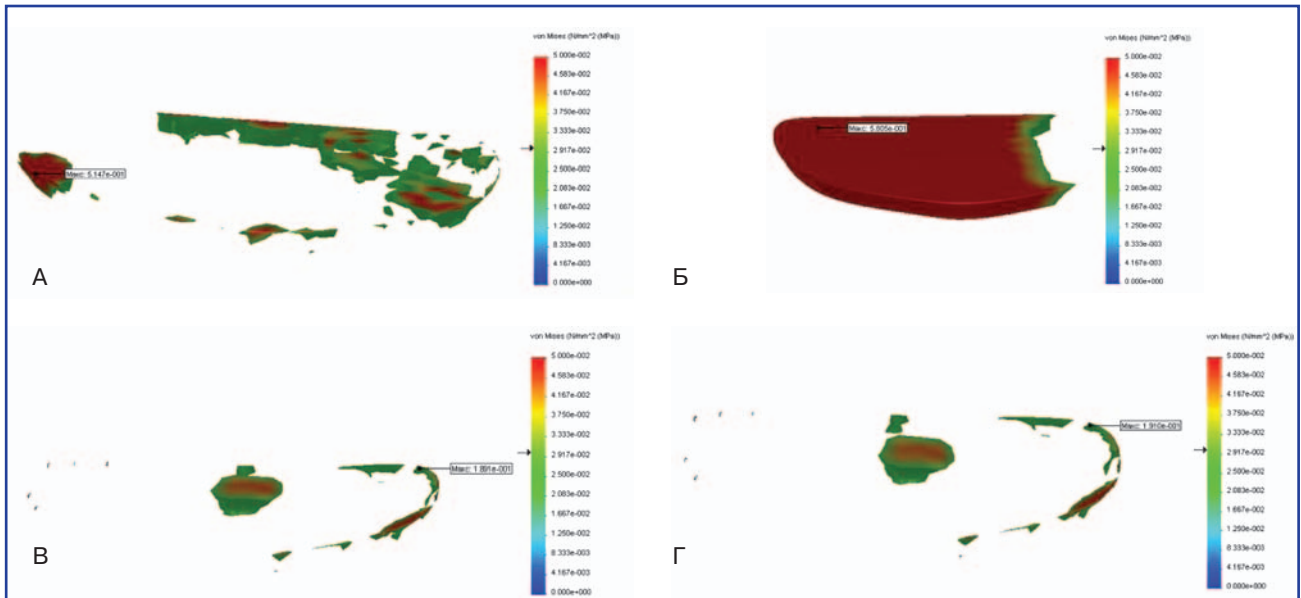


Рисунок 12. Розподіл напруження в ростковій зоні величиною напруження вище від 0,03 МПа при навантаженні на виростки, характерному для *tibia vara*: А — без фіксуючих елементів; Б — при однобічному блокуванні росткової зони З скобами Блаунта; В — при однобічному блокуванні росткової зони із використанням БлПл; Г — при однобічному блокуванні росткової зони із використанням СтПл

яви неоднорідних напружень у проксимальному її епі-метафізі, при цьому фіксатор частково сприймає та переносить навантаження із концентрацією напружень у метафізарному відділі кістки. Також слід відзначити, що при використанні пластин із гвинтами характер передачі навантаження не змінюється, хоча має місце незначне зменшення величин максимального напруження в ростковій зоні при використанні БлПл. При використанні скоб Блаунта визначається виражена асиметрія НДС росткової зони із суттєвим підвищенням напруження в ділянці розташування фіксаторів. При використанні стандартної пластини із 2 гвинтами найбільше напруження відзначається у зоні розташування гвинта, що введений у метафіз. Ці дані можуть пояснювати причину ускладнень методики ТОБ РЗ при лікуванні tibia vara, що проявляються у порушенні цілісності гвинта, введеного у метафіз [8].

Висновки

При дослідженні створеної кінцево-елементної моделі ВГК відзначається збільшення напруження в медіальній частині росткової зони при навантаженні, характерному для tibia vara. Використання різних фіксаторів для однобічного блокування проксимальної РЗ ВГК призводить до появи відмінних напружень у проксимальному її епіметафізі. В умовах однобічного блокування латеральної частини росткової зони ВГК до мінімального підвищення напруження в кістковій тканині метафіза приводять варіанти фіксації із застосуванням пластин, а використання скоб Блаунта значно підвищує напруження в кістковій тканині в області розташування скоб.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфліктів інтересів, автори не мають будь-якої спонсорської фінансової допомоги.

Список літератури

1. Бурлаков Э.В. Биомеханический анализ характера нагружения межмышечковой поверхности коленного сустава во фронтальной проекции [Текст] / Э.В. Бурлаков, Д.В. Алатов, В.Д. Макушин, Л.Л. Саблукова // Медицинская техника. — 2008. — № 2. — С. 27-32.
2. Кенис В.М. Коррекция деформаций нижних конечностей у детей с помощью метода управляемого роста / Кенис В.М., Клычкова И.Ю., Мельченко Е.В. и соавт. // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. — 2013. — № 4. — С. 50-55.
3. Корж Н.А. Метод временного блокирования зон роста при лечении деформаций нижних конечностей у детей (обзор литературы) / Н.А. Корж, С.А. Хмызов, А.И. Корольков, Д.В. Ершов // Ортопедия, травматология и протезирование. — 2013. — № 2. — С. 114-121.
4. Сіменач Б.І. Фактор навантаження суглоба і його роль в теоретизації ортопедичної науки / Б.І. Сіменач, Б.А. Пустовойт, Є.П. Бабуркіна та ін. // Ортопедія, травматологія та протезування. — 1995. — № 2. — С. 3-10.
5. Burghardt R.D. A technical note on improved instrumentation for Blount staple insertion / R.D. Burghardt, A.D. Kanellopoulos, J.E. Herzenberg // J. Children's Orthopaedics. — 2012. — Vol. 6(4). — P. 347-350. — Doi: 10.1007/s11832-012-0422-2.
6. Burghardt R.D. Mechanical failures of eight-plate guided growth system for temporary hemiepiphysiodesis / R.D. Burghardt, S.C. Specht, J.E. Herzenberg // J. Pediatr. Orthop. — 2010 Sep. — № 30(6). — P. 594-7. — Doi: 10.1097/BPO.0b013e3181e4f591.
7. Heller M.O. The influence of alignment on the musculoskeletal loading conditions at the knee / M.O. Heller, W.R. Taylor, C. Perka et al. // Langenbecks Arch. Surg. — 2003 Oct. — № 388(5). — P. 291-7.
8. Oto M. Adolescent Blount disease in obese children treated by eight-plate hemiepiphysiodesis / M. Oto, G. Yilmaz, Bowen J.R. et al. // Eklem Hastalik. Cerrahisi. — 2012 Apr. — № 23(1). — P. 20-4.
9. Skeletal Tissue Mechanics / Martin R.B., Burr D.B., Sharkey N.A., Fyhrie D.P. — London.: Springer, 2015. — 500 p.
10. Stevens P.M. Guided growth for angular correction: a preliminary series using a tension band plate / P.M. Stevens // J. Pediatr. Orthop. — 2007. — № 27(3). — P. 253-9.
11. Yilmaz G. Guided growth with a noncannulated screw-plate system for angular deformity of the knee: a preliminary report / G. Yilmaz, M. Oto, A.M. Thabet // J. Pediatr. Orthop. — 2014 Apr-May. — № 34(3). — P. 336-45.

Отримано 03.03.16 ■

Хмызов С.А., Прозоровський Д.В., Суббота І.А., Ершов Д.В.

ГУ «Институт патологии позвоночника и суставов имени проф. Н.И. Ситенко НАМНУ», г. Харьков, Украина

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОКСИМАЛЬНОГО ОТДЕЛА БОЛЬШЕБЕРЦОВОЙ КОСТИ РЕБЕНКА ПРИ TIBIA VARA В УСЛОВИЯХ ОДНОСТОРОННЕГО БЛОКИРОВАНИЯ ФИКСАТОРАМИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

Резюме. Актуальность. Современным стандартом хирургического лечения фронтальных эпиметафизарных деформаций коленного сустава у детей является метод управляемого роста. Для временного блокирования зоны роста используются различные фиксаторы: скобы Блаунта, пластины, винты, однако исследования, посвященные изучению напряженно-деформированного состояния при использовании указанных фиксаторов, отсутствуют.

Цель: исследование напряженно-деформированного состояния модели проксимального отдела большеберцовой кости с односторонним блокированием ростковой зоны фиксаторами разных типов в условиях нагрузок, характерных для tibia vara.

Материалы и методы. С помощью программы Solid Works создана и проанализирована методом конечных элементов 3D-модель проксимального отдела большеберцовой кости ре-

бенка с латеральным блокированием одним из 3 фиксаторов: скоба Блаунта, блокируемая пластина, стандартная пластина в условиях нагрузки, характерных для tibia vara.

Результаты. В условиях, характерных для варусной деформации проксимального отдела большеберцовой кости без фиксаторов, отмечено увеличение нагрузок в медиальной части ростковой зоны. При одностороннем блокировании фиксаторами выявлено появление новых зон повышенных нагрузок в костной ткани метаэпифиза ниже ростковой зоны. Наибольшее напряжение в фиксаторах отмечено в зоне контакта проксимального винта с пластиной, а также в верхней части скобы.

Вывод. Варусная деформация проксимального отдела большеберцовой кости ведет к повышению нагрузок в медиальной части проксимальной ростковой зоны. Использование различных фиксаторов для одностороннего блокирования проксимальной зоны роста большеберцовой кости ведет к появлению разных напряжений в проксимальном ее эпиметафизе. К минимальному повышению напряжений в костной ткани метафиза приводят варианты фиксации с использованием пластин, а применение скоб Блаунта ведет к значительному повышению напряжений в костной ткани в области размещения.

Ключевые слова: управляемый рост, метод конечных элементов, скоба Блаунта, 8-plate.

Khmyzov S.O., Prozorovsky D.V., Subbota I.A., Yershov D.V.

SE «Institute of Spine and Joint Pathology named after M.I. Sytenko of NAMS of Ukraine», Kharkiv, Ukraine

STRESS STRAIN STATE OF THE PROXIMAL TIBIA IN A CHILD WITH TIBIA VARA USING UNILATERAL HEMIEPIPHYSIODESIS WITH DIFFERENT TYPES OF DEVICES

Summary. Background. The current standard of pediatric frontal knee deformities treatment is a guided growth technique. Several devices are used for temporal growth plate blocking: Blount staples and different plates with screws. Up to now there is no any research devoted to stress-strain state analysis of the epimetaphyseal part of the pediatric bone with one side temporal growth plate block on it.

Objective. To study the stress-strain state of the pediatric proximal tibia model with lateral hemiepiphyodesis using different types of devices in loading conditions typical to the tibia vara.

Materials and methods. 3D models of the proximal child's tibia with lateral hemiepiphyodesis using Blount staples or locking or non-locking plate were analyzed in a load conditions typical to tibia vara by finite element method using Solid Works program.

Results. Increased compressive stress was found in the medial part of the proximal tibial growth plate in load conditions typical to tibia vara. New areas of high stress in the metaphyseal bone below growth plate were detected. The maximum stress was registered in lockers noted in the contact area of the proximal screws to the plate, and in the upper part of the Blount staples.

Conclusion. Varus deformity of the proximal tibia leads to higher compressive stress in the medial part of the proximal tibial growth plate. Lateral hemiepiphyodesis of the proximal tibial growth plate using different types of lockers leads to different pattern of stress strain state of proximal tibial epimetaphysis. Minimal load increase in metaphysis bone tissues is observed if locking plates are used, Blount staples application causes significant enhance of load in bone tissue in its place.

Key words: guided growth, finite element method, Blount staples, 8-plate.