

UDC 617.557:611:612.76:796.332-051
DOI: 10.32345 /USMYJ.1.2021.94-105

ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ БІОМЕХАНІКИ РУХІВ У ФУТБОЛІСТІВ НА АНАТОМІЧНІ СТРУКТУРИ ПАХВИННОЇ ДІЛЯНКИ

Омельченко Анастасія¹, Іоффе Олександр¹, Ковальчук Олександр², Негря Наталія³,
Резниченко Борис⁴, Кривоустов Микола¹, Сергієнко Валентин⁵,
Данильченко Владислав⁶, Діброва Юрій¹, Стеценко Олександр¹, Цюра Юрій¹,
Кіндзер Степан¹, Тарасюк Тетяна¹

¹ Кафедра загальної хірургії №2, НМУ ім. О.О. Богомольця, Україна

² Кафедра анатомії та патологічної фізіології Навчально-наукового центру «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка

³ Лікар-рентгенолог МЦ «МРТ+»

⁴ PhD, probayes SAS, Франція

⁵ Лікар ортопед-травматолог, прикладний кінезіолог, реабілітолог МЦ «Dr.Sergienko Health Centre»

⁶ Аспірант Національного університету виховання і спорту України

***Анотація.** Заняття спортом на аматорському чи професійному рівні може супроводжуватися виникненням тієї чи іншої спортивної травми. Однією із найбільш поширених травм у футболістів є травматизація анатомічних структур передньої черевної стінки та пахвинної ділянки, яка, зазвичай, проявляється больовим синдромом. Біль може виникати у спортсменів, які на тренуваннях чи під час гри виконують різкі рухи нижніх кінцівок, різкі повороти та зміни напрямку руху тулуба, а також швидке прискорення/сповільнення рухів нижніх кінцівок.*

Внаслідок надмірного навантаження під час занять спортом може порушуватися біомеханіка рухів у футболіста, тому при визначенні діагнозу, лікувальної тактики та прогнозуванні часу повернення до спорту важливо конкретизувати локалізацію та розповсюдженість пошкоджених тканин.

Метою дослідження було вивчити особливості впливу біомеханіки рухів у футболістів на анатомічні структури пахвинної ділянки та визначити анатомічні особливості пахвинної ділянки у футболістів зі спортивною грижею.

Проведено аналіз результатів МРТ параметрів прямих м'язів живота у 51 футболіста професійних та аматорських клубів віком від 17 до 33 років з наявним больовим синдромом в пахвинній ділянці, які перебували на лікуванні в Київській клінічній міській лікарні №3 за період 2014-2020 років. На другому етапі дослідження було проведено вимірювання пікової сили м'язів передньої черевної стінки (прямого м'язу живота, зовнішнього косоного м'язу живота) та привідних м'язів стегна на обох нижніх кінцівках у 4 групах футболістів за допомогою динамометра microFET2. Першу групу дослідження становили 15 футболістів професійних клубів зі спортивною грижею, які отримували консервативне лікування, до другої групи увійшли 36 футболістів, яким було проведено лапароскопічне хірургічне втручання з приводу спортивної грижі, до третьої групи - 54 здорових футболістів віком від 17 до 33 років та до четвертої - 11 футболістів підліткового віку. На третьому етапі з метою виявлення змін біомеханіки рухів, що можуть призводити до виникнення спортивної грижі, було обґрунтовано формулу, за якою вираховували прискорення нижньої кінцівки під час удару футболіста по м'ячу.

Представлені результати дослідження свідчать, що саме порушення біомеханіки рухів нижніх кінцівок під час удару по м'ячу спричиняють появу спортивної грижі у футболістів. На аксіальній проекції МРТ пахвинних ділянок у футболістів зі спортивною грижею були вияв-

лені зміни в проекції латерального краю прямого м'язу живота. На нашу думку, при спортивній грижі у футболістів можна визначити три патогенетичні механізми розвитку синдрому пахвинного болю: порушення біомеханіки рухів, м'язовий дисбаланс і мікротравматизація та запалення структур пахвинної ділянки.

Ключові слова: пахвинна ділянка, футболісти, біомеханіка рухів, спортивна грижа, динамометрія, МРТ пахвинної ділянки.

Вступ. Заняття спортом на аматорському чи професійному рівні може супроводжуватися виникненням тієї чи іншої спортивної травми. Однією із найбільш поширених травм у футболістів є травматизація анатомічних структур нижніх відділів черевної стінки та пахвинної ділянки, яка, зазвичай, проявляється больовим синдромом. Біль може виникати у спортсменів, які на тренуваннях чи під час гри виконують різкі рухи нижніх кінцівок, різкі повороти та зміни напрямку руху тулуба, а також швидке прискорення/сповільнення рухів нижніх кінцівок (Elattar et al., 2016; Werner et al., 2009 a; Caudill et al., 2007; Sheen & Iqbal, 2014).

Питома вага травм пахвинної ділянки становить 12-16 % від усіх травм, які отримують футболісти. Це 1,1 випадків травм на 1000 годин фізичних навантажень. У футболістів професійного рівня травми пахвинної ділянки призводять до втрати біля 19% часу їх професійної діяльності, травми привідних м'язів нижніх кінцівок становлять до 23 % в структурі травм всіх інших м'язів (Hölmich et al., 2014).

Конкретизація локалізації та розповсюдженості пошкоджених тканин є дуже важливим при встановленні діагнозу, визначенні лікувальної тактики та прогнозу часу повернення до спортивних занять.

Анатомічні структури пахвинної ділянки та особливості їх змін у футболістів

Ділянка лобкового симфізу – це лінія перетину дії сил, що виникають при скороченні м'язів тулуба та нижніх кінцівок. Серед основних м'язів передньої черевної стінки, що прикріплюються до лобкової кістки та дотично до неї – прямий м'яз живота в поєднанні з поперечним м'язом живота. До лобкового горбка також прикріплюється пахвинний серп, що до низу дугоподібно опускається від латерального краю прямого м'язу живота, з'єднуючись зі

клубово-лобковим трактом. У спортсменів зміни лобкової кістки обумовлені м'язовим дисбалансом та надмірним перенавантаженням в цій ділянці. На протидію прямому та поперечному м'язам живота довгий привідний м'яз стегна спрямовує зусилля в протилежний бік. Ця протидія може зумовлювати виникнення надривів в сухожильних волокнах вищезгаданих м'язів в місцях їх прикріплення до лобкової кістки (Garvey, 2010). Внутрішні м'язи тазу покриті внутрішньотазовою фасцією, яка переходить у внутрішньочеревну фасцію. В свою чергу фасція стегна вкриває та відмежує м'язи стегна за допомогою міжм'язових перетинок, які прикріплюються до стегнової кістки, обмежуючи відповідні футляри, де знаходяться судини, нерви та м'язи Tsyhykalo, O., Mardar, H., Lukan'ova, S., & Martsenyak, I. (2011). Надмірно інтенсивні, неправильно скеровані тренування призводять до виникнення дисбалансу в силі, витривалості, координації та здатності до розтягнення між привідними м'язами нижніх кінцівок та м'язами передньої стінки живота (Fon, 2000). Під час удару по м'ячу збільшується сила, що діє на лобковий симфіз, що в свою чергу може зумовити виникнення надривів в поперечній фасції, пахвинному серпі та інших анатомічних структурах пахвинного каналу та прилеглих м'язах. При цьому через надмірні та незбалансовані навантаження на м'язи слабкі зони пахвинної ділянки збільшуються в розмірах (Morales-Conde, 2010). При обстеженні футболістів ці зміни було виявлено при магнітно-резонансній томографії (МРТ) у вигляді підвищення МР-сигналу на PDfs від структур пахвинного каналу та підвищення МР-сигналу на PDfs від верхньої гілки лобкової кістки (Ioffe & Negria, 2020).

При підвищенні внутрішньочеревного тиску задня стінка пахвинного каналу притискається до передньої стінки, в результаті чого з

часом форма пахвинного проміжку змінюється. А саме за даними інтраопераційної ревізії у багатьох випадках пахвинний проміжок набуває трикутної форми Ioffe, O., & Tarasyuk, T. (2018).). Під час відкритих хірургічних втручань при спортивній грижі відмічалась трикутна форма пахвинної ділянки, при якій спостерігалось поперечне направлення м'язових пучків внутрішнього косоного та поперечного м'язів живота. Це, в свою чергу могло бути передумовою виникнення дефекту поперечної фасції за типом прямої пахвинної грижі.

В проекції задньої стінки пахвинного каналу поперечна фасція зазнає найбільшого впливу внутрішньочеревного тиску, особливо при розширенні пахвинного проміжку, а її стоншення між внутрішнім краєм глибокого пахвинного кільця та пахвинним серпом супроводжується розтягненням задньої стінки пахвинного каналу, що в свою чергу призводить до збільшення висоти пахвинного проміжку. Ці зміни чітко визначаються при МРТ пахвинної ділянки у футболістів зі спортивною грижею. Імовірність появи випинання задньої стінки пахвинного каналу зростає за наявності вродженої слабкості м'язово-апоневротичних структур (Taylor, 1991) та при втраті еластичності поперечної фасції внаслідок запальних змін в цій ділянці, що може проявлятися підвищенням МР-сигналу від структур пахвинного каналу (O.Y.Ioffe, 2020).

Різкі повороти та рухи зі скручуванням туглуба можуть призводити до появи розривів між волокнами зовнішнього косоного м'язу живота, однак такий вид ушкодження не призводить самостійно до появи тривалого болю в пахвинній ділянці. За даними Myalkovs'kyu D. (2015) причиною болю в пахвинній ділянці також може бути пошкодження нервово-м'язових анатомічних структур. Важливою анатомічною структурою в пахвинній ділянці є паховий трикутник або трикутник Гессельбаха, межами якого є: верхньолатерально - нижні епігастральні судини, медіально – піхва прямого м'язу живота, внизу – пахова зв'язка або зв'язка Купера (Tsyhykalo, O., Mardar, H., Lukan'ova, S., & Martsenyak, I. 2011; Sobotta Y, Putts R, Pabst R. Sobotta 2009). Трикутник Гессельбаха в проекції задньої стінки пахвинно-

го каналу покривають два сполучнотканинних шари – поперечна фасція та апоневроз поперечного м'язу живота Vabiy I. (2019). Нижньо-латеральна частина пахового трикутника є найбільш слабким місцем, що відповідає медіальній пахвинній ямці, що зверху обмежена апоневротичною дугою, знизу – здухвинно-лобковим трактом, латерально – нижніми надчеревними судинами. «Трикутник болю» розміщений латеральніше яєчкових судин та зверху обмежений здухвинно-лобковим трактом, де проходить статева та стегнова гілки статево-стегнового нерву, стегновий нерв та латеральний шкірний нерв стегна Hryhoryeva O., Buldyshkin V., Skakovs'kyu E. (2018). Однією із причин болю може бути компресія статево-стегнового нерва (Muschaweck & Berger, 2010; Білянський, 2012). Тому для усунення больового синдрому запропоновано проводити резекцію статевої гілки статево-стегнового нерва. Також можлива компресія клубово-пахвинного нерва (Akita K., Schilders E. 2007; LeBlanc K, 2003), оскільки він проходить через поперечний м'яз живота та його апоневроз, потім під кутом 90° перетинає внутрішній косий м'яз живота та знову під прямим кутом змінює напрямок, направляючись в проміжок між внутрішніми та зовнішніми косими м'язами живота. Ці особливості можуть бути передумовою до появи спортивної грижі у футболістів.

Метою дослідження було вивчити особливості впливу біомеханіки рухів у футболістів на анатомічні структури пахвинної ділянки та визначити анатомічні особливості пахвинної ділянки у футболістів зі спортивною грижею.

Матеріали та методи: Проведено аналіз результатів МРТ пахвинних ділянок, зокрема товщини та ширини прямого м'язу у 51 футболіста професійних та аматорських клубів віком від 17 до 33 років з болем в пахвинній ділянці, які перебували на лікуванні в хірургічному відділенні Київській клінічній міській лікарні №3 протягом 2014-2020 років. МРТ проводили на апараті Siemens Магнетом Аванто SQ (FIT) з індукцією магнітного поля 1,5 Тл з використанням набору стандартних імпульсних секвенцій. Серед пацієнтів у 22 футболістів відмічався біль в правій пахвин-

ній ділянці, у 17 футболістів – в лівій пахвинній ділянці, у 12 футболістів в обох пахвинних ділянках.

На другому етапі дослідження було проведено вимірювання пікової сили м'язів живота в ділянці передньої черевної стінки (прямого м'язу живота, зовнішнього косого м'язу живота) та привідних м'язів стегна на обох нижніх кінцівках 3 груп футболістів. Для цього використовували динамометр microFET2, одиниця виміру - Ньютон (Н). Першу групу дослідження становили 15 футболістів професійних клубів зі спортивною грижею, які отримували консервативне лікування, до другої групи ввійшли 36 футболістів, яким проведено лапароскопічну герніопластику, до третьої групи - 54 здорових футболістів від 17 до 33 років та 11 футболістів підліткового віку. Усі футболісти мали домінування правої нижньої кінцівки під час гри.

Для обробки статистичних даних використовували статистичний пакет EZR v. 1.54 (R statistical software version 4.03, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria) (Kanda, 2013). При обробці статистичних даних в групах дослідження визначали середнє значення (M) та стандартне відхилення ($\pm SD$) показника. При проведенні аналізу критичний рівень значимості взято рівним 0,01 та розраховано показник рангової кореляції Спірмена.

Результати:

Першим етапом вивчалися зміни структур пахвинної ділянки, а саме зв'язок товщини та ширини від медіального до латерального краю прямого м'язу живота в аксіальній проекції МРТ на рівні пахвинної ділянки у футболістів зі спортивною грижею.

Отримані результати вимірювання параметрів м'язів живота вказують на те, що існує зв'язок середньої сили між товщиною прямого м'язу справа та шириною прямого м'язу ліворуч ($r=0,574$, $p=0,01$) та сильний зв'язок товщини прямого м'язу зліва з шириною ліворуч ($r=0,688$, $p=0,01$). Виявлено сильний зв'язок між показником товщиною прямого м'язу живота праворуч та товщиною прямого м'язу живота з лівої сторони ($r=0,735$, $p=0,01$), його ширини справа та ширини ліворуч ($r=0,848$, $p=0,01$). Виявлено зв'язок

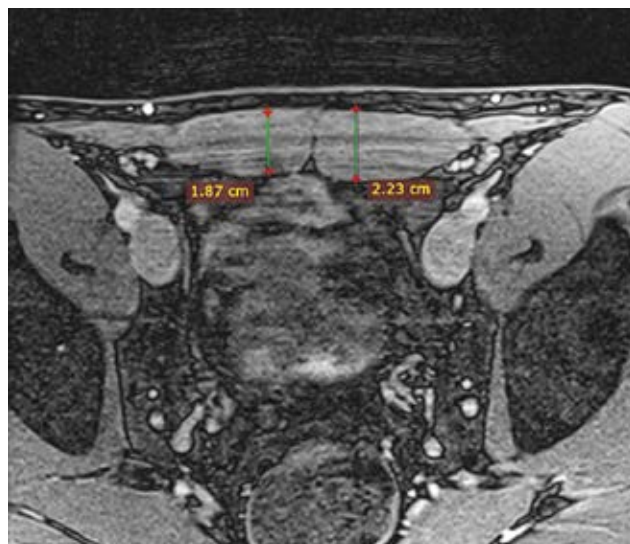


Рис.1 а. МРТ пахвинних ділянок. Різниця товщини черевців прямих м'язів живота у професійного футболіста ($p=0,01$).

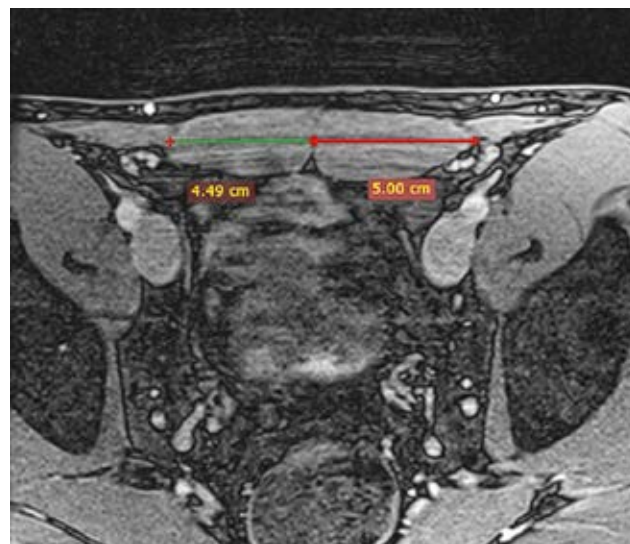


Рис1.б. МРТ пахвинних ділянок. Різниця ширини черевців прямих м'язів живота у професійного футболіста ($p=0,01$).

середньої сили товщини прямого м'язу живота ліворуч та ширини праворуч ($r=0,569$, $p=0,01$). (Рис.1а,б).

При МРТ пахвинної ділянки визначався набряк кісткового мозку лобкової кістки, що був обумовлений хронічними надривами в ділянках кріплення до лобкової ділянки, що, в свою чергу призводило до розвитку запалення. Виявлено підвищення МР-сигналу від структури в місці з'єднання сухожилків з кісткою (ентезів) довгого та короткого привідних

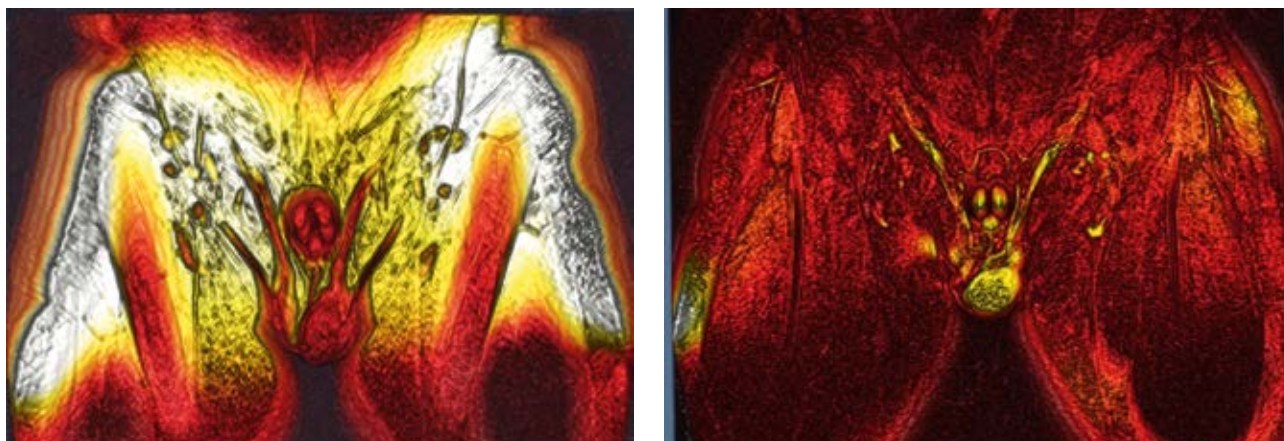


Рис. 2. МРТ пахвинних ділянок до та після хірургічного втручання.
Інтенсивність МР-сигналу зменшилась після оперативного лікування через 3 місяці.

м'язів, прямого м'язу живота в місці кріплення м'язів до лобкової кістки, що відповідає м'язово-сухожильним пошкодженням та називається ARS-синдромом (Adductor Rectus Symphysis Syndrome, патологічний стан сухожильно-м'язового комплексу привідних м'язів

зів стегна та дистальної частини прямого м'язу живота, в місцях їх кріплення до лобкової кістки) (Charnock, 2009).

В ділянці глибокого кільця пахвинного каналу у чоловіків поперечна фасція утворює зовнішню сім'яну фасцію сім'яного канатику,

Таблиця 1. Вимірювання пікової сили м'язів нижніх відділів живота та привідних м'язів стегна за допомогою динамометрії

Групи обстежених	Сила привідних м'язів стегна праворуч (Ньютон) (M±SD)	Сила привідних м'язів стегна ліворуч (Ньютон) (M±SD)	Сила зовнішнього косоного м'язу живота праворуч (Ньютон) (M±SD)	Сила зовнішнього косоного м'язу живота ліворуч (Ньютон) (M±SD)	Сила прямого м'язу живота праворуч (Ньютон) (M±SD)	Сила прямого м'язу живота ліворуч (Ньютон) (M±SD)
Футболісти професіонали зі спортивною грижею на консервативному лікуванні (n=15)	94,6±2,8	88,5±2,5	112,2±2,8	123,2±3,1	105,6±3,0	84,9±3,4
Футболісти після хірургічного лікування з приводу спортивної грижі (n=36)	105,2±3,6	98,6±2,9	81,4±2,6	76,1±3,1	82,2±2,7	78,3±2,8
Здорові футболісти-аматори (без ознак спортивної грижі) (n=20)	102,0±3,5	90,2±3,4	67,2±2,5	74,3±3,3	70,4±3,1	67,7±2,8
Здорові професійні футболісти (без ознак спортивної грижі) (n=34)	106,9±3,0	100,3±3,4	77,4±3,2	70,8±3,1	79,2±3,1	76,1±3,7
Футболісти молодіжного складу команди U-13 (n=11)	103,8±3,3	125,8±2,9	72,1±3,5	72,1±3,4	80,9±4,5	74,8±2,7

яка виходить у вигляді сліпого вивороту через пахвинний канал у калитку.

Виявлено підвищення МР-сигналу від вмісту пахвинного каналу, що проекційно у чоловіків відповідає сім'яному канатику, та відповідає ознакам спортивної грижі.

Саме тому, вважаємо, що зміни МР-сигналу в проекції пахвинного каналу можуть бути обумовлені пошкодженням поперечної фасції, що, в свою чергу, може призводити до розтягнення задньої стінки пахвинного каналу, основним проявом якого є випинання поперечної фасції під час лапароскопічного хірургічного втручання (Рис.2).

Другим етапом проводилось вимірювання пікової сили прямого та зовнішнього косоного м'язів живота та пікової сили привідних м'язів стегна за допомогою ручного динамометра microFET2.

В таблиці 1 представлені дані 51 футболіста, віком від 17 до 34 років, з них 15 футболістів-професіоналів зі спортивною грижею, які отримували консервативне лікування, 36 футболістів після хірургічного лікування з приводу спортивної грижі та 54 футболістів здорових футболістів (без ознак спортивної грижі) віком від 17 до 33 років та 11 футболістів підліткового віку U-13, яким було проведено вимірювання пікової сили м'язів нижніх відділів живота та привідних м'язів стегна.

По результатам другого етапу дослідження в другій групі середній показник пікової сили прямого м'язу живота праворуч $F=82,2\pm 2,7$ Н та ліворуч $F=78,3\pm 2,8$ Н у пацієнтів після хірургічного втручання відрізнявся незначно від середнього показника у здорових професійних гравців у футбол $F=79,2\pm 3,1$ Н та $F=76,1\pm 3,7$ Н відповідно, їх різниця праворуч ($p<0,001$) та ліворуч ($p=0,005$). У футболістів першої групи, які отримували консервативну терапію, показники пікової сили прямих м'язів живота становили праворуч $F=105,6\pm 3,0$ Н та ліворуч $F=84,9\pm 3,4$ Н, зовнішніх косих м'язів живота праворуч $F=112,2\pm 2,8$ Н та ліворуч $F=123,2\pm 3,1$ Н відповідно ($p<0,01$), що могло б свідчити про їх гіпертрофію внаслідок надмірних тренувань. Тоді як при вимірюванні показників пікової сили м'язів живота та привідної групи м'язів стегна в третій групі в 11 футболістів підліткового віку команди

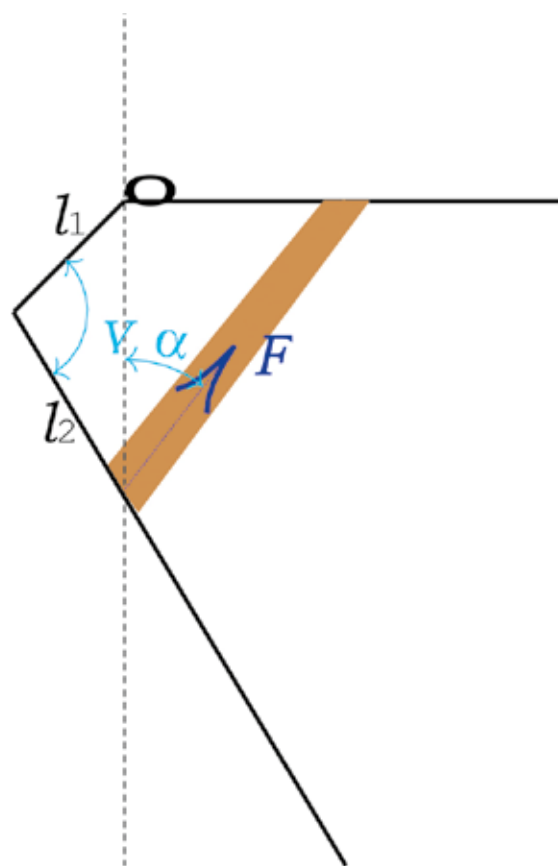


Рис. 1. Привідну групу м'язів позначено коричневою лінією, лонну та стегнову кістки – прямими чорними, кульшовий суглоб - колом. Допоміжна штрихована лінія проходить через проекцію кульшового суглобу та точку прикріплення привідної групи м'язів до лобкової кістки.

U-13 виявлено, що середній показник пікової сили м'язів привідної групи стегна більше пікової сили прямих м'язів живота (праворуч – $F=103,8\pm 3,3$ Н та ліворуч $F=125,8\pm 2,9$ Н до $F=80,9\pm 4,5$ Н та $F=74,8\pm 2,7$ Н) ($p<0,01$), що свідчить про дисбаланс сили між м'язами передньої черевної стінки та нижніх кінцівок. При цьому пікова сила зовнішнього косоного м'язу живота справа становила $F=72,1\pm 3,4$ Н та зліва $F=72,1\pm 3,5$ Н, їх різниця не є статистично значимою ($p=0,97$).

На третьому етапі з метою виявлення змін біомеханіки рухів, що можуть призводити до виникнення спортивної грижі, було обґрунтовано формулу, за якою вираховуємо прискорення нижньої кінцівки під час удару по м'ячу у футболіста.

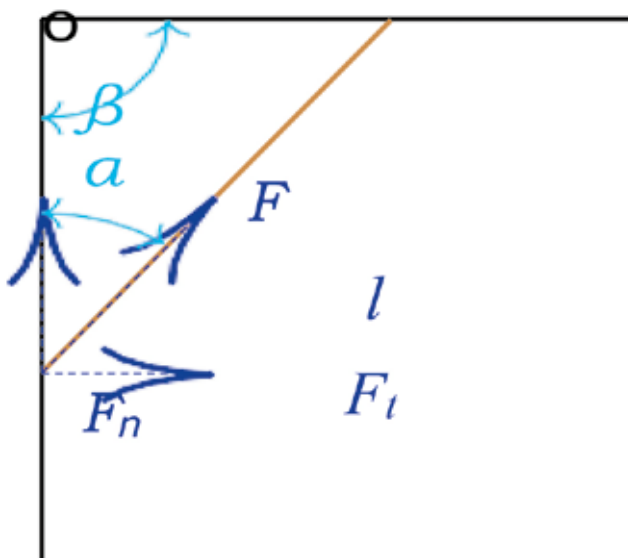


Рис. 2 Ще більш спрощена схема, де l - це відстань від кульшового суглобу до центру маси нижньої кінцівки.

В силі F виділимо компоненту вздовж кістки F_t та перпендикулярно ній F_n . Обертання нижньої кінцівки спричиняє саме ця остання F_n , а оскільки кут між м'язом та кісткою міняється, міняється й ця компонента сили.

$$F_n(t) = F \sin \alpha(t) \quad (1)$$

Тут $F = |\cdot| F$. Загалом сила змінюється з часом, але припустимо, що вона постійна.

Динаміку рухів нижньої кінцівки знаходимо за II законом Ньютона:

$$ma = F_n \quad (2)$$

де m – маса ноги, a – прискорення її центру маси.

В межах припущення, вважаємо, що центр маси нижньої кінцівки не зміститься вздовж кістки (Migliore et al., 2010), тому прискорення нижньої кінцівки можна представити через швидкість зміни кута між нижньою кінцівкою та тазом:

$$a = -l\ddot{\beta} \quad (3)$$

Знак мінус – через те, що дія сили зменшує кут β

Підставляючи рівняння 2 та 1 в 3, отримуємо:

$$ml\ddot{\beta}(t) = -F \sin \alpha(t) \quad (4)$$

Зазначається також, що сума кутів трикутника незмінна, тому між α та β існує лінійна залежність (за умови незмінності третього кута), а отже:

$$\dot{\alpha} = -\dot{\beta}, \ddot{\alpha} = -\ddot{\beta}$$

Таким чином, отримаємо формулу:

$$\ddot{\alpha}(t) = \frac{F}{ml} \sin \alpha(t) = -C \sin \alpha(t) \quad (5)$$

* позначили відношення фізичних констант як C .

Розв'язування цього рівняння виражається через еліптичні функції, але ми знаходимо його чисельно.

Підставимо наступні значення:

$$F = 21 \text{ Н: заміряні у футболістів значення} \quad (6)$$

$$m = 20 \text{ кг} \quad (7)$$

$$l = 0,4 \text{ м} \quad (8)$$

$$\alpha(t=0) = 10^\circ \quad (9)$$

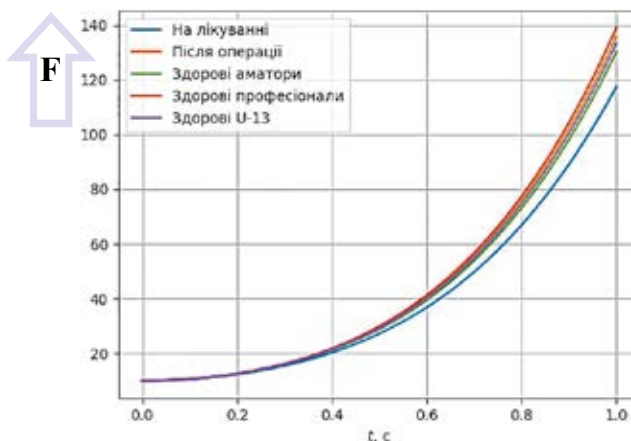
$$\dot{\alpha}(t=0) = 0 \quad (10)$$

При таких параметрах отримуємо динаміку руху нижньої кінцівки під час удару по м'ячу в 4 дослідних групах (Рис.3).

Обговорення

У спортсменів зміщення латерального краю прямого м'язу живота разом зі зміщенням краю поперечного м'язу живота призводить до появи змін передньої черевної стінки (Garvey, 2010). Слабкість пахвинного проміжку також компенсується цілим рядом захис-

Рис. 3 Графік зміни кута α під час удару



них механізмів. В дослідженні виявлено, що збільшення товщини прямого м'язу живота супроводжувалося збільшенням ширини прямого м'язу живота. Ці дані свідчать, що товщина прямого м'язу живота зростає при зміні його ширини. На нашу думку, це може бути пов'язано із зміщенням латерального краю прямого м'язу живота у ділянці прикріплення до лобкової кістки. У зв'язку з цими анатомічними особливостями змінюється функція направлення тяги волокнистого тяжу в зоні глибокого пахвинного кільця, змінюються параметри трикутника Хассельбаха та сила внутрішньочеревного тиску на передню черевну стінку. З анатомічних особливостей відомо, що в нижній третині прямого м'язу живота передню пластинку піхви прямого м'язу живота утворюють апоневрози обох косих м'язів та поперечного м'язу живота, тоді як задня поверхня прямого м'язу живота покрита тільки поперечною фасцією Ivanitskiy M. (2011).

Внаслідок надмірного навантаження під час спортивної гри порушується біомеханіка рухів у футболіста. За рахунок м'язового дисбалансу відбувається порушення клапанної функції внутрішнього косого та поперечного м'язів живота, які зближуються пахвинною зв'язкою при напруженні м'язів передньої черевної стінки за даними (Maffey, 2007). В проведеному дослідженні виявлено, що у футболістів, які перебувають на консервативному лікуванні, показники пікової сили прямих м'язів живота становили праворуч $F=105,6\pm 3,0$ Н та ліворуч $F=84,9\pm 3,4$ Н та зовнішніх косих м'язів живота праворуч $F=112,2\pm 2,8$ Н та ліворуч $F=123,2\pm 3,1$ Н ($p<0,01$), при цьому сила привідних м'язів стегна праворуч становила $F=94,6\pm 2,8$ Н та ліворуч $F=88,5\pm 2,5$ Н. Отримані дані можуть свідчити про наявність м'язового дисбалансу м'язів передньої черевної стінки та нижніх кінцівок, що може бути обумовлене захисним механізмом на больовий синдром в пахвинній ділянці. При цьому у футболіста з боєм спостерігається обмеження рухів м'язів нижніх кінцівок та гіпертрофія м'язів передньої черевної стінки.

В дослідженні Thorborg K. (2014) виявлено, що у футболістів з боєм в пахвинній ділянці та привідних м'язів стегна виявлено

значний дефіцит сили ексцентричного приведення стегна у порівнянні з контрольною групою футболістів, що не мали симптомів болю ($p<0.001$), тоді як різниці показників ізометричної сили між групами не спостерігалось ($p=0.35-0.84$).

Деякі автори виділяють компресію нерва як причину хронічного пахвинного болю у спортсменів в результаті травми, надмірних тренувань та гіпертрофії м'язів живота (Akita, Niga, Yamato, Muneta & Sato, 1999; Hemingway, Herrington & Blower, 2006; Meyers, Foley, Garrett et al., 2000; Schilders, Bismil, Robinson, O'Connor, Gibbon, Talbot, 2007; Calder et al., 2000).

Згідно результатів дослідження Valle et al. (2017) виділяють такі типи пошкоджень за ураженням позаклітинного матриксу: 1) сухожилні – розрив сполучної тканини (апоневрозу або сухожилку); 2) м'язово-сухожилні – м'язові волокна відсепаровані від своїх точок прикріплення до сухожилля; 3) внутрішньо-м'язові – розриви м'язових волокон віддалені від м'язово-сухожилних з'єднань; 4) м'язово-фасціальні – пошкодження локалізуються в найбільш дистальних ділянках апоневрозу або фасції.

На нашу думку, у формуванні спортивної грижі має значення низка біомеханічних механізмів. Представлені результати дослідження свідчать, що порушення біомеханіки рухів нижніх кінцівок під час удару по м'ячу спричинюють появу спортивної грижі у футболістів. На аксіальній проекції МРТ пахвинних ділянок у футболістів зі спортивною грижею були виявлені зміни латерального краю прямого м'язу живота.

Таким чином, при спортивній грижі у футболістів можна визначити три патогенетичні механізми розвитку синдрому пахвинного болю: порушення біомеханіки рухів, м'язовий дисбаланс і мікротравматизація та запалення. Залежно від того, які анатомічні структури пахвинної ділянки зазнають більшого ураження виникають різні комбінації патологічних станів (Garvey, 2014).

Перспектива подальших досліджень. В дослідженні проведено порівняльний аналіз результатів вимірювання пікової сили прямих

та зовнішніх косих м'язів живота та привідної групи стегна у футболістів зі спортивною грижею та здорових футболістів. Розраховано формулу, яка дозволяє вираховувати прискорення нижньої кінцівки під час удару по м'ячу у футболіста. Результати проведеного дослідження можуть бути корисними для ортопедів-травматологів, загальних хірургів, спортивних лікарів, лікарів-реабілітологів, тренерів футбольних команд, сімейних лікарів.

Висновки:

1. Товщина прямого м'язу живота прямо пропорційно корелює з його шириною – при збільшенні товщини, ширина збільшується, що пов'язане зі зміщенням ділянки прикріплення латерального краю прямого м'язу до лобкової кістки.

2. Однією з причин виникнення спортивної грижі в пахвинній ділянці є вплив біомеханіки рухів, зокрема збільшення прискорення нижньої кінцівки футболіста під час удару по м'ячу.
3. При спортивній грижі у футболістів можна визначити три патогенетичні механізми розвитку синдрому пахвинного болю: порушення біомеханіки рухів, м'язовий дисбаланс, мікротравматизація та запалення структур пахвинної ділянки.

Фінансування

Дане дослідження не отримувало фінансування від державної, громадської або комерційної організації.

ЛІТЕРАТУРА

- Akita, K., Niga, S., Yamato, Y., Muneta, T., & Sato, T. (1999). Anatomic basis of chronic groin pain with special reference to sports hernia. *Surgical And Radiologic Anatomy*, 21(1), 1-5. doi: 10.1007/bf01635044
- Babiy I. (2019) Porivnyal'na otsinka aloplastychnykh metodiv khirurhichnoho likuvannya pakhvynnoyi hryzhi (Dysertatsiya kand. med. nauk 14.01.03). Vinnyts'kyi natsional'nyy medychnyy universytet im. M.I., Vinnytsya.
- Calder, F., Evans, R., Neilson, D., & Hurley, P. (2000). Value of herniography in the management of occult hernia and chronic groin pain in adults. *British Journal Of Surgery*, 87(6), 824-825. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2168.2000.01418.x>
- Caudill, P., Nyland, J., Smith, C., Yerasimides, J., & Lach, J. (2007). Sports hernias: a systematic literature review. *British Journal Of Sports Medicine*, 42(12), 954-964. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2008.047373>
- Charnock, B., Lewis, C., Garrett, W., & Queen, R. (2009). Adductor longus mechanics during the maximal effort soccer kick. *Sports Biomechanics*, 8(3), 223-234. <https://doi.org/10.1080/14763140903229500>
- Elattar, O., Choi, H., Dills, V., & Busconi, B. (2016). Groin Injuries (Athletic Pubalgia) and Return to Play. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 8(4), 313-323. <https://doi.org/10.1177/1941738116653711>
- Fon, L., & Spence, R. (2000). Sportsman's hernia. *British Journal Of Surgery*, 87(5), 545-552. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2168.2000.01462.x>
- Garvey, J., Read, J., & Turner, A. (2010). Sportsman hernia: what can we do? *Hernia*, 14(1), 17-25. <https://doi.org/10.1007/s10029-009-0611-1>
- Garvey, J.F. & Hazard, H. (2014). Sportsman hernia or groin disruotion injury? Chronic athletic groin pain^ a retrospective study of 100 patients with long-term follow-up. *Hernia*, 18(6), 815-823. <https://doi.org/10.1007/s10029-013-1161-0>
- Hemingway, A., Herrington, L., & Blower, A. (2006). Disruption followed by rehabilitation surgical repair of posterior abdominal wall Changes in muscle strength and pain in response to. *Medicine*
- Hölmich, P. (et al.) (2014) Sports Hernia and Athletic Pubalgia: Epidemiology of Groin Injuries in Athletes, 13-21.
- Hryhoryeva O., Buldyshkin V., Skakovs'kyi E. (2018) Klinichna anatomiya ta operatyvna khirurhiya peredn'obichnoi stinky zhyvota ta cherevnoi porozhnyny. s. 7-14.
- Ioffe, O., Negria, N., Omelchenko, A., Stetsenko, O., Dibrova, Y., & Kryvopustov, M. et al. (2020). MRI and ultrasound criteria for diagnosis of a sports hernia in football players. *Wiadomości Lekarskie*, 73(4), 755-760. <https://doi.org/10.36740/wlek202004125>
- Ivanitskiy M. (2011). *Anatomiya Cheloveka* (8th ed., p. 210). Chelovek.

- Kanda Y. (2013) Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZ' for medical statistics. *Bone Marrow Transplant*, 48:452–458.
- LeBlanc, K., & LeBlanc, K. (2003). Groin pain in athletes. *Hernia*, 7(2), 68-71. <https://doi.org/10.1007/s10029-002-0105-x>
- Maffey, L. (2007). Clinician's Commentary. *Physiotherapy Canada*, 59(2), 97-98. doi: 10.3138/ptc.59.2.97
- Meyers, W., Foley, D., Garrett, W., Lohnes, J., & Mandlebaum, B. (2000). Management of Severe Lower Abdominal or Inguinal Pain in High-Performance Athletes. *The American Journal Of Sports Medicine*, 28(1), 2-8. doi: 10.1177/03635465000280011501
- Migliore, S., Ting, L., & DeWeerth, S. (2010). Passive joint stiffness in the hip and knee increases the energy efficiency of leg swinging. *Autonomous Robots*, 29(1), 119-135. <https://doi.org/10.1007/s10514-010-9186-z>
- Morales-Conde, S., Socas, M., & Barranco, A. (2010). Sportsmen hernia: what do we know? *Hernia*, 14(1), 5-15. <https://doi.org/10.1007/s10029-009-0613-z>
- Muschaweck, U., & Berger, L. (2010). Sportsmen's Groin—Diagnostic Approach and Treatment With the Minimal Repair Technique: A Single-Center Uncontrolled Clinical Review. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 2(3), 216-221. <https://doi.org/10.1177/1941738110367623>
- Myalkovs'kyi D. (2015). Klinichna semiotyka ta khirurhichni aspekty syndromu khronichnoho pakhvynnoho bolyu (Dysertatsiya kand. med. nauk 14.01.03). *Nats. akad. med. nauk Ukrayiny, Nats. in-t khirurhiyi ta transplantolohiyi im. O. O. Shalimova, Kyiv*.
- Schilders, E., Bismil, Q., Robinson, P., O'Connor, P., Gibbon, W., & Talbot, J. (2007). Adductor-Related Groin Pain in Competitive Athletes. *The Journal Of Bone And Joint Surgery-American Volume*, 89(10), 2173-2178. doi: 10.2106/00004623-200710000-00011
- Sheen, A., & Iqbal, Z. (2014). Contemporary management of 'Inguinal disruption' in the sportsman's groin. *BMC Sports Science, Medicine And Rehabilitation*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/2052-1847-6-39>
- Sobotta Y, Putts R, Pabst R. Sobotta (2009). Atlas anatomiyi lyudyny 2-y tom. *Ukrayins'kyi medychnyy visnyk*.
- Thorborg, K., Branci, S., Nielsen, M. P., Tang, L., Nielsen, M. B., & Hölmich, P. (2014). Eccentric and Isometric Hip Adduction Strength in Male Soccer Players With and Without Adductor-Related Groin Pain: An Assessor-Blinded Comparison. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 2(2), 2325967114521778. <https://doi.org/10.1177/2325967114521778>
- Tsyhykalo, O., Mardar, H., Lukan'ova, S., & Martsenyak, I. (2011). *Dynamichna anatomiya (s. 76-79)*.
- Valle, X., Alentorn-Geli, E., Tol, J. L., Hamilton, B., Garrett, W. E., Jr, Pruna, R., Til, L., Gutierrez, J. A., Alomar, X., Balius, R., Malliaropoulos, N., Monllau, J. C., Whiteley, R., Witvrouw, E., Samuelsson, K., & Rodas, G. (2017). Muscle Injuries in Sports: A New Evidence-Informed and Expert Consensus-Based Classification with Clinical Application. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 47(7), 1241–1253. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0647-1>
- Werner, J., Hagglund, M., Walden, M., & Ekstrand, J. (2009). UEFA injury study: a prospective study of hip and groin injuries in professional football over seven consecutive seasons. *British Journal Of Sports Medicine*, 43(13), 1036-1040. <https://doi.org/10.1136/bjism.2009.066944>
- Ioffe, O., Vatamanyuk, V., Omel'chenko, A., Stetsenko, O., Dibrova, YU., Svyrydovs'kyi, S., & Tarasyuk, T. (2018). Otsinka viddalenykh rezul'tativ khirurhichnoho likuvannya sportyvnoyi hryzhi u futbolistiv. *VISNYK VDNZU «Ukrayins'ka medychna stomatolohichna akademiya» Aktual'ni problemy suchasnoyi medytsyny*, 18(1(61), 34-40.

THE FEATURES OF THE BIOMECHANICS IN FOOTBALL PLAYERS ON THE ANATOMICAL STRUCTURES OF THE GROIN

Omelchenko Anastasia¹, Ioffe Oleksandr¹,
Kovalchuk Oleksandr², Nehria Natalia³,
Reznychenko Boris⁴, Kryvopustov
Mykola¹, Sergiienko Valentyn⁵,
Danilchenko Vladyslav⁶, Dibrova Yuriy¹,
Stetsenko Oleksandr¹, Tsiura Yuriy¹,
Kindzer Stepan¹, Tarasiuk Tetyana¹

¹ Department of General Surgery №2, NMU.
O.O. Bogomolets, Ukraine

² Department of Anatomy and Pathological
Physiology of the Training and Research
Center «Institute of Biology and Medicine»
of Taras Shevchenko National University of
Kyiv

³ Radiologist MC «MRI +»

⁴ PhD, probayes SAS, France

⁵ Orthopedist-traumatologist, applied
kinesiologist, rehabilitation specialist of MC
«Dr.Sergiienko Health Center»

⁶ Postgraduate student of the National
University of Education and Sports of
Ukraine

Pain in the lower abdomen and groin can occur in athletes who perform sharp lower extremity movement during training or sports, make sharp turns and change direction of the trunk movement as well as lower extremity acceleration/deceleration. An excessive load during the sports game can disturb the biomechanics of the player's movements. A precise localization of damaged tissues can improve for the diagnosis, determining treatment and forecasting the time of return to sports.

The aim was to estimate the importance of the football biomechanics movement for the anatomy of the groin and to determine the anatomical features of the groin in football players with sports hernia.

We analysed the thickness and length measurements on MRI of the rectus abdominis muscle in 51 football players of professional and amateur clubs aged 17 to 33 years with groin pain who were treated at the Kyiv Clinical City Hospital

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ БИОМЕХАНИКИ ДВИЖЕНИЙ У ФУТБОЛИСТОВ НА АНАТОМИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ ПАХОВОЙ ОБЛАСТИ

Омельченко Анастасия¹, Иоффе
Олександр¹, Ковальчук Олександр²,
Негря Наталия³, Резниченко Борис⁴,
Кривоустов Микола¹, Сергиенко
Валентин⁵, Данильченко Владислав⁶,
Диброва Юрий¹, Стеценко Олександр¹,
Цюра Юрий¹, Киндзер Степан¹,
Тарасюк Тетяна¹

¹ Кафедра общей хирургии №2, НМУ им.
А.А. Богомольца, Украина

² Кафедра анатомии и патологической
физиологии Учебно-научного центра
«Институт биологии и медицины»
Киевского национального университета
имени Тараса Шевченко

³ Ликар-рентгенолог МЦ «МРТ +»

⁴ PhD, probayes SAS, Франция

⁵ Ликар ортопед-травматолог, прикладной
кинезиолог, реабилитолог МЦ «Dr.
Sergiienko Health Centre»

⁶ Аспирант Национального университета
воспитания и спорта Украины

Занятия спортом на профессиональном или аматорском уровне может сопровождаться возникновением спортивной травмы. Одной из самых распространенных травм у футболистов есть травматизация анатомических структур передней брюшной стенки и паховой области, которая, как правило, проявляется болевым синдромом. Боль может возникать на тренировках или во время игры у спортсменов, которые выполняют резкие движения нижних конечностей, резкие повороты и изменения направления движения туловища, а также быстрое ускорение/замедление движений нижних конечностей.

Вследствие чрезмерной нагрузки во время спортивной игры нарушается биомеханика движений у футболиста, поэтому при определении диагноза, лечебной тактики и прогнозировании времени возвращения к спорту важно уточнить локализацию и распространенные поврежденных тканей.

№3 for the period 2014-2020. In the second stage of the study, we investigated the peak force of the abdominal muscles (rectus abdominis, external oblique abdominal muscles) and the adductor muscles of both lower extremities using the microFET2 dynamometer for 4 groups of football players. The first group of the study includes 15 football players of professional clubs with sports hernia who had received conservative treatment, the participants of the second group are 36 football players after laparoscopic hernioplasty, the third group consisted of 54 healthy young football players and 11 teenage footballers. In the third stage of the study, a formula was substantiated, according to which we calculated the acceleration of the lower extremity when kicking the ball.

The results of the study demonstrate that the disruption of the lower extremity biomechanics during kicking the ball cause the appearance of sports hernia in football players. An axial MRI scan of groin areas of football players with sports hernia represented changes in the lateral edge of the rectus abdominis. The groin pain syndrome of football players with sports hernia includes three pathogenetic mechanisms of development: disruption of the biomechanics, muscle imbalance and microtrauma and inflammation.

Key words: groin area, football players, biomechanics movement, sports hernia, dynamometer, rectus abdominis MRI

Целью исследования было изучить особенности влияния биомеханики движений у футболистов на анатомические структуры паховой области и определить анатомические особенности паховой области у футболистов со спортивной грыжей.

Проведен анализ МРТ показателей прямых мышц живота у 51 футболиста профессиональных и аматорских клубов возрастом от 17 до 33 лет с болью в паховой области, которые находились на лечении в Киевской клинической городской больницы №3 за период 2014-2020 г. На втором этапе исследования было проведено измерение с помощью динамометра microFET2 пиковой силы мышц передней брюшной стенки (прямой мышцы живота, наружной косой мышцы живота) и приводящих мышц бедра на обеих нижних конечностях в 4 группах футболистов. Первую группу исследования составили 15 футболистов профессиональных клубов со спортивной грыжей, которые получали консервативное лечение, ко второй группе относятся 36 футболистов, которым проведено лапароскопическое хирургическое вмешательство по поводу спортивной грыжи, к третьей группе - 54 здоровых футболистов команд в возрасте от 17 до 33 лет, к четвертой - 11 футболистов подросткового возраста. На третьем этапе было обосновано формулу, по которой вычислили ускорение нижней конечности при ударе по мячу в футболиста.

Представленные результаты исследования показывают, что нарушения биомеханики движений нижних конечностей во время удара по мячу влияют появление спортивной грыжи у футболистов. На аксиальной проекции МРТ паховых участков у футболистов со спортивной грыжей были обнаружены изменения в проекции латерального края прямой мышцы живота. При спортивной грыжи у футболистов можно определить три патогенетические механизма развития синдрома паховой боли: нарушение биомеханики движений, мышечный дисбаланс и микротравматизация и воспаления структур паховой области.

Ключевые слова: паховый промежуток, футболисты, биомеханика движений, спортивная грыжа, динамометрия, МРТ прямых мышц живота.