

МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ОРТЕЗІВ

Мохонько О.І, магістр

sashamohonko@gmail.com

Беспалова О.Я., доц., к.б.н., с.н.с.

bespalova25.05@gmail.com

Кафедра біомедичної інженерії

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

м. Київ, Україна

Реферат – Ортезування суглобів є широко застосовуваним способом лікування і профілактики захворювань опорно-рухового апарату. Використання ортезів дозволяє зменшити або запобігти виникненню больового синдрому, зняти навантаження з суглобу, що полегшить його рух.

В багатьох випадках проблеми, які пов'язані з використанням ортезів пов'язані зі зміною його положення у порівнянні з початковим. Даний ризик насамперед пов'язаний із ненадійною фіксацією, яка спричинена певними змінами у конструкції даного обладнання через його експлуатацію. Зміни збільшуються пропорційно тривалості тривалості виробу, і в даний час відсутнє абсолютне рішення даної проблеми. Згідно біомеханічної гіпотези головною рушійною силою структурних змін є деформація матеріалів яка з часом виникає внаслідок навантажень. Також неправильно обраний матеріал може викликати алергічні реакції, свербіж, та інший дискомфорт, що зменшить комфорт чи унеможливить використання виробу.

В роботі проведено дослідження найбільш використовуваних матеріалів для виготовлення ортезів. Ортез було умовно розділено на дві частини – каркас та матеріал, що безпосередньо контактує із тілом. Для каркасу було проведено дослідження в середовищі SolidWorks де було порівняно різні матеріали для виготовлення каркасу і вплив на них тривалого навантаження. Для матеріалів які безпосередньо контактують із тілом було досліджено їх переваги та недоліки, а також запропоновано критерії для оптимального вибору матеріалу. Показано вплив тривалого навантаження на елементи каркасу та зроблено висновки стосовно актуальності використання матеріалів обраних для дослідження.

В результаті проведеного дослідження та опрацювання різних джерел було встановлено реакцію організму на матеріали ортезів, які безпосередньо контактують із тілом та запропоновано альтернативні. Вказано результат впливу навантаження на ортез в ході його використання, вказано причини, які погіршують якість експлуатації.

Ключові слова: ортез, опорно-руховий апарат, фіксація ортезів, моделювання навантажень, матеріали для ортезів.

I. ВСТУП

У сучасному світі спостерігається тенденція до збільшення тривалості і якості життя. З віком відбувається зміна обміну речовин в організмі, у тому числі й у тканинах суглобів. Суглобові хрящі висихають і стають менш пружними. Це ускладнює рух суглобу й спричиняє біль. У деяких випадках патологія може бути істотною, що може призвести до ускладнень. Отже, якщо навіть за відсутності сторонніх чинників, які викликають патології опорно-рухового апарату, можливість вільно рухатися може бути обмежена або навіть втрачена, то розробка і вдосконалення засобів лікування і реабілітації є досить актуальним питанням [1].

Одним із методів вирішення цього питання є використання ортезів. Головною метою застосування є покращення функцій опорно-рухового апарату. Ортези не порушують систему кровообігу й не пошкоджують покрив шкіри. При правильному закріпленні вони надійно фіксують суглоб й не сповзають. Даний механізм дозволяє зменшити термін реабілітації, нормалізувати функціональний стан кінцівки та покращити якість життя під

час лікування. Також він може бути використаний у якості запобіжного засобу під час навантажень, наприклад протягом тренування [2, 3].

Мета роботи: порівняльна характеристика матеріалів, які використовуються для виготовлення ортезів. Об'єктом дослідження є використання ортезів для корекції, реабілітації та профілактики. Предмет дослідження – матеріали, які використовуються для виготовлення ортезів.

Методи дослідження – аналіз та обробка інформації про матеріали, моделювання у середовищі SolidWorks, аналіз напруження елементів ортезу. Матеріали дослідження – дані про властивості матеріалів, їх переваги та недоліки, сфера їх застосування.

II. ХАРАКТЕРИСТИКА ОРТЕЗІВ

Ортез – це загальна назва широкого класу ортопедичних пристроїв, які використовуються для відновлення порушеної функції суглобів та хребта. Даний апарат забезпечує можливість ефективної реабілітації шляхом фіксації травмованого сегмента, що дозволяє зняти надмірне навантаження та закріпити суглоб в положенні, сприятливому для

швидкого одужання. Рекомендовано застосовувати ортези у випадку травм суглобів, у період відновлення після операції та у ряді захворювань опорно-рухової системи [4].

Ортез має доволі широке функціональне значення. Хоча його основним призначенням є іммобілізація пошкодженої ділянки, ортезування також дозволяє:

- забезпечити ортопедичний режим;
- зменшити навантаження на суглоб;
- стабілізувати фізіологічне положення травмованого суглоба;
- відновити опорно-рухову функцію;
- запобігти запальним процесам у м'яких тканинах навколо пошкодженого сегмента при розтягненнях, вивихах, переломах ;
- сприяти одужанню після оперативного втручання;
- коригувати викривлення хребта (кіфоз, лордоз, сколіоз та ін.);
- підвищити активність пацієнта без ризику завдати шкоду;
- знизити больовий синдром при захворюваннях опорно-рухової системи (артрит, артроз, остеохондроз та ін.);
- забезпечити захист у випадку значних фізичних навантажень та при заняттях спортом;
- допомогти рухатися загалом.

В залежності від функціонального призначення ортеза, виділяють наступні типи даного пристрою:

1. Ортези для хребта (шини шийно-комірцевої зони, корсети, деклінатори, бандажі для вагітних);

2. Ортези для суглобів верхніх кінцівок (ортези на плечовий, ліктьовий та лучезап'ястний суглоби, фіксатори пальців, напульсники, налікотники);

3. Ортези для суглобів нижніх кінцівок (ортези тазостегнового, колінного та гомілковостопного суглобів, наколінники, ортопедичні устілки, спеціальне взуття) [5].



Рис. 1 – Види ортезів за функціональним призначенням: а) – для хребта; б) – суглобів верхніх кінцівок; в) – суглобів нижніх кінцівок

III. КЛАСИФІКАЦІЯ ОРТЕЗІВ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ ВИРОБНИЦТВА

Окрім розподілу за функціональним призначенням ортези можна класифікувати в залежності від технології виробництва [5, 6]. Так, виділяють наступні види фіксаторів:

- Серійні: Вони складаються із типових модулів та не підлягають перебірці компонентів у випадку необхідності.
- Складані: Формуються та складаються безпосередньо в області пошкодженого суглоба з урахуванням його особливостей.
- Індивідуальні: Виготовляються на замовлення за зліпками пацієнта.

У більшості випадків пацієнтам достатньо ретельно вивчити ринок та підібрати серійний варіант ортеза. Складні травми та захворювання можуть потребувати використання складаного або ж індивідуального бандажа. Прийняти правильне рішення, обрати модель та визначити схему використання можна виключно за консультацією лікаря. Неправильно обраний ортез не лише не покращить стан, але може призвести до серйозних ускладнень. На перший погляд може здаватися, що власноруч підібраний ортез відмінно виконує свої функції, але з часом через неправильно розподілене навантаження можуть виникнути невідворотні зміни.

IV. Види ортезів в залежності від ступеню фіксації

Виходячи із складності отриманої травми або ж масштабу прогресування захворювання опорно-рухової системи, лікарі можуть рекомендувати ортези різного ступеню фіксації [7]. Виділяють наступні види бандажів:

1. Тутори або бандажі повної фіксації.

Такі види ортезів виготовляють із дуже цупкої тканини, що натягнута на конструкцію із декількох металевих ребер жорсткості. Очевидно, що такий механізм дозволяє повністю знерухомити хворий суглоб. Часто тутори являються чудовою альтернативою гіпсу, оскільки вони більш комфортні, менше важать та не обмежують пацієнта у проведенні гігієнічних процедур. Обираючи бандаж повної фіксації, слід звернути увагу на якість тканини. Краще зупинити свій вибір на моделях з високим рівнем гігроскопічності та повітропроникнення. Також важливо, щоб ребра жорсткості були мобільними, це

полегшити експлуатацію та технічне обслуговування виробу.

2. Ортези сильної фіксації.

Ортези сильної фіксації призначені для іммобілізації травмованого суглоба таким чином, щоб рухати кінцівкою можна було лише у певній визначеній площині. Вони, як і бандажі повної фіксації, мають металеві ребра жорсткості, але із моно- чи поліцентричними шарнірами. Така конструкція дозволяє повторювати анатомічні рухи суглоба, ніби тимчасово замінюючи його. Використання ортезів сильної фіксації найчастіше рекомендується після травм та операцій на суглобах, у випадку нестабільності суглоба, а також при захворюваннях опорно-рухового апарату (остеоартроз, остеохондропатії). Варто звернути увагу на матеріали, з яких виготовлено бандаж. Тканина, використана для виробництва (частіше за все неопрен, аеропрен) повинна мати властивості термоізоляції, що дозволить підтримувати належну температуру навколо травмованої ділянки. Це допоможе покращити обмін речовин у пошкодженому суглобі та сприятиме швидкій реабілітації. Також важливою властивістю є гігроскопічність тканини та її здатність пропускати повітря. Бандаж має забезпечувати вентиляцію суглоба та шкірного покриву, попереджуючи запальні процеси.

3. Ортези середньої фіксації.

Найчастіше такі бандажі застосовують як наступний етап відновлення після ортезів повної та сильної фіксації. Також дані моделі підходять для профілактики спортивних травм. Сконструйовані на основі пластикових або спіральних ребер жорсткості, вони забезпечують помірну підтримку суглобам. Деякі вироби оснащують спеціальними силіконовими вставками для додаткової фіксації.

4. Ортези легкого ступеню фіксації.

Такі ортези лікарі призначають для профілактики травм під час занять спортом, а також для захисту від пошкоджень при значних фізичних навантаженнях. Також вони можуть застосовуватися на останніх етапах реабілітації, при розтягненнях та нескладних травмах. Бандажі легкої фіксації виробляються по аналогії із ортезами середньої фіксації, але конструкція не передбачає наявності ребер жорсткості [6].

V. ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ОРТЕЗІВ

Метою роботи є характеристика матеріалів, що використовуються для виготовлення ортезів. Сучасний ринок медичних ортезів є досить різноманітний. Існує безліч видів в залежності від їх призначення і потреб пацієнтів. Зважаючи на рекомендації лікаря, побажання та можливості пацієнта для виготовлення ортезів використовують той чи інший матеріал.

Варто відзначити, що вибір матеріалу, із якого зроблений ортез, грає визначну роль. В першу чергу, ортез повинен забезпечувати помірну компресію, не утруднювати рух, не натирати. Найкращі у цьому сегменті пристрої мають у складі еластан, лайкру, спандекс, нейлон та ін. Це робить ортез еластичним, дає можливість добре тягнутися, при цьому зберігаючи свою форму. Другим важливим моментом є наявність бавовни або керамічної нитки у складі, це забезпечує повітропроникність та поглинання зайвої вологи [7].

Більшу частину ортезів можна умовно поділити на 2 складові – жорстку та м'яку, за винятком тих, де наявна лише жорстка частина. Жорстка частина – каркас, який формує форму виробу, забезпечує управління та направлення руху чи зовсім обмежує його. Найбільш поширеними матеріалами для виготовлення жорстких частин ортезів є термопласти, низькотемпературні термопластичні матеріали, поліпропілен, вуглецеве волокно, метали, APS-500, етилвінілацетат. Ці матеріали є досить міцними, легкими, пластичними, мають низький коефіцієнт тертя, стійкість до зношення і ударних навантажень. Звісно, використання цих матеріалів має свої недоліки, такі як: вартість виготовлення, необхідність обслуговування, чутливість до певних зовнішніх факторів, що може призвести до втрати властивостей, зношення.

Проведено дослідження у середовищі SolidWorks, з метою зображення напруження яке виникає у складових елементах. Було створено елемент розміром 5мм x 17мм x 120 мм. Нижня грань нерухомо зафіксована, а на верхню діє сила 400Н. Досліджено сталь, поліпропілен, вуглецеве волокно.

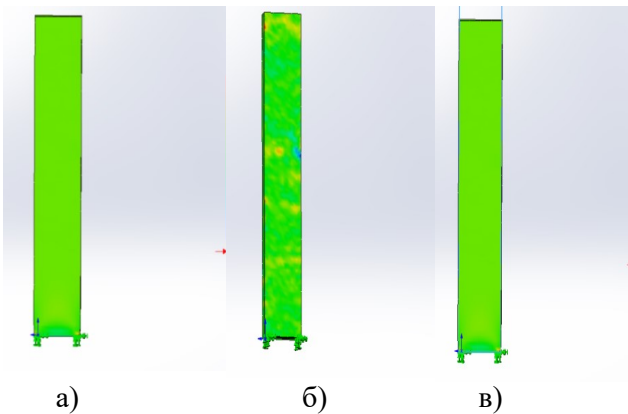


Рис. 2 – Епюра напруження елемента: а) - з сталі; б) - з поліпропілену; в) - з вуглецевого волокна

На малюнках а-в розглянуті епюри напруження елементів ортезу. На малюнках а і в, які є досить схожими спостерігається напруження $3.561e+006 - 4.238e+006 \text{ N/m}^2$, на малюнку б спостерігається, в основному, $4.702e+006 - 4.707e+006 \text{ N/m}^2$, з великою кількістю місць, де напруження сягає $4.710e+006 \text{ N/m}^2$ і більше. З огляду на отримані результати, можна стверджувати, що напруження, яке виникає в кожному з випадків є припустимим, але оптимальнішими матеріалами для виготовлення, у даному випадку є сталь та вуглецеве волокно, оскільки у цих випадках розподіл напруження є більш рівномірним. Слід також прийняти до уваги те, що модель була створена умовно, в дійсності ж виробники можуть підбирати оптимальні розміри і матеріали, з метою забезпечення необхідної якості за оптимальну ціну.

Тому проблеми пов'язані з конструкцією жорсткої частини є менш глобальними у порівнянні із м'якою частиною ортеза.

М'яка частина – це частина ортеза, яка безпосередньо контактує зі шкірним покривом пацієнта чи бере участь у фіксації пристрою. Одним із ключових аспектів правильного використання ортеза є забезпечення його необхідної фіксації. У випадку сповзання виробу внаслідок активності, його ефективність втрачається, а інколи може спостерігатися погіршення стану. Також можливі побічні ефекти, такі як: свербіж, зуд, роздратування шкіри, натирання. Ці недоліки погіршують комфорт чи навіть змушують відмовитися від використання. Ортези, зокрема, використовуються дітьми чи особами похилого віку, котрі через наявність

дискомфорту, внаслідок своїх дій можуть порушувати правильну фіксацію.

Тому слід більш детально розглянути матеріали які використовуються для виготовлення м'якої частини. На даний момент для виробництва переважно використовується бавовна, льон, спандекс, поліаміди.

Перевагами застосування бавовни у ортезах є м'якість даного матеріалу, хороша поглинаюча здатність, натуральність, та відсутність шкоди для організму. Недоліками є наявність тенденції для усадки, що в майбутньому призводить до неякісного закріплення виробу.

Льон має гіпоалергенні властивості він підходить людям із чутливою шкірою. Льон, на відміну від бавовни, набагато більш стійкий до зношування. Також до переваг цього матеріалу можна віднести і те, що льон відмінно пропускає повітря. Недоліком цього матеріалу є відчуття грубості яке виникає безпосередньо при контакті зі шкірою. Тому зазвичай льон не використовують у чистому вигляді, а, зазвичай, у поєднанні із бавовною чи іншим матеріалом який забезпечує м'якість.

Використання такого матеріалу як спандекс має ряд переваг. Він володіє високою еластичністю, міцністю, зносостійкістю, легкістю, стійкістю до поту, та досить легко повертається до початкової форми. Але наявні і суттєві недоліки. Ця тканина абсолютно не пропускає повітря – тіло в спандексі сильно потіє. Схильність до утворення затяжок також значно знижує коло його використання. Під постійним впливом яскравого світла волокна вицвітають, втрачають свій блискучий блиск. Також тривале носіння неможливе, оскільки дана тканина не є біологічно інертною вона здатна викликати алергію.

Одним з головних переваг поліамідних сполук є їх гіпоалергенність. Це означає, що шовні нитки або протези, які мають безпосередній контакт з тілом людини, не викликають алергічну реакцію і не мають токсичного впливу на організм. Біологічна сумісність і стерильність багаторазово зменшують ризик розвитку запалень, відторгнення або інших ускладнень. Також, значимі переваги цих виробів з пластичних мас – це їх еластичність і міцність. Вони стійкі до розривів і стирання протягом тривалого

періоду часу. Виробництво є досить простим і недорогим.

Для того щоб підібрати оптимальний матеріал для виготовлення м'якої частини ортезу слід розглянути вимоги яким він має відповідати. Насамперед цей матеріал має бути біологічно інертним, не викликати алергії чи роздратування шкіри. Він має пропускати повітря і вбирати вологу. Також матеріал має бути стійким до зношення і не мати тенденцій для усадки, що дозволить використовувати ортез більш тривалий час.

VI. ВИСНОВКИ

Таким чином в результаті проведеного дослідження у середовищі SolidWorks було визначено напруження яке виникає у складових елементах ортеза розміром 5мм x 17мм x 120 мм. Нижня грань нерухомо зафіксована, а на верхню діє сила 400Н. На основі отриманих результатів можна стверджувати, що напруження, яке виникає в елементах ортезу є припустимим.

З розглянутих матеріалів: сталь, поліпропілен, вуглецеве волокно, більш доцільно використовувати сталь та вуглецеве волокно, оскільки у цих випадках розподіл напруження є більш рівномірним.

Проведено порівняльну характеристику матеріалів, які використовуються для виготовлення м'якої частини ортезу. Враховуючи основні вимоги до матеріалу, що

він має бути біологічно інертним, не викликати алергії чи роздратування шкіри, має пропускати повітря і вбирати вологу та бути стійким до зношення і не мати тенденцій для усадки. Для виготовлення м'яких частин ортезів найкраще використовувати комбіновані матеріали, які складаються з природних матеріалів: бавовна і льон поєднані із штучним матеріалом: поліамідними сполуками чи силіконовими кульками для покращення їх властивостей

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

[1] Хрипкова А.Г. Вікова фізіологія, пер. з рос. – Київ: Вища школа. , 2012 С. 137-150.

[2] Поворознюк В.В. Сучасні принципи профілактики та лікування постменопаузального й сенільного остеопорозу. 2004. С.62-30.

[3] Епіфанов В. А. Медична реабілітація: керівництво для лікарів М.:МЕД прес-інформ, 2005. – 310 -318 с.

[4] JOCELYN R. GRAVLEE, M.D., DANIEL J. VAN DURME, M.D., Medicine, Tallahassee, FloridaAmFamPhysician. 2007 Feb 1;75(3):342-348.[Електронний ресурс]/<https://www.aafp.org> - // Режим доступу до ресурсу:<https://www.aafp.org/afp/2007/0201/p342.html>

[5] Як вибрати ортез і для чого він потрібен. [Електронний ресурс]/ortocomfort.ua- // Режим доступу до ресурсу: <https://ortocomfort.ua/articles/view/236/>

[6] На що звернути увагу обираючи ортез[Електронний ресурс]/reabilitatsiya.com- // Режим доступу до ресурсу: <https://reabilitatsiya.com/uk/chto-takoe-ortez>

[7] Протезування та ортезування. Класифікація та опис зовнішніх ортезів та їх комплектувальних виробів Переклад і науково-технічне редагування: О. Горохова; Л. Матвеева; А. Салеева; канд. техн. наук (науковий керівник); О. Чернишов; В. Щетинін.[Електронний ресурс]/<http://protez.eu>- // Режим доступу до ресурсу: http://protez.eu/doc/standart/13404_1.pdf

УДК. 620.17:616.71-001.5-089.

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОРТЕЗОВ

Мохонько О.И., магистр

sashamohonko@gmail.com

Беспалова О.Я., доц., к.б.н., с.н.с.

bespalova25.05@gmail.com

Кафедра БМИ, ФБМИ

Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Киев, Украина

Реферат – Ортезирование суставов является широко применяемым способом лечения и профилактики заболеваний опорно-двигательного аппарата. Использование ортезов позволяет уменьшить или предотвратить возникновение болевого синдрома, снять нагрузку с сустава, что облегчит его движение.

Во многих случаях проблемы использования ортезов связаны с изменением его положения по сравнению с первоначальным. Данные риски прежде всего связаны с ненадежной фиксацией, вызванной определенными изменениями в конструкции данного оборудования из-за его эксплуатации. Изменения увеличиваются пропорционально продолжительности эксплуатации изделия, и в настоящее время отсутствует абсолютное решение данной проблемы. Согласно биомеханической гипотезе главной движущей силой структурных изменений является деформация материалов, которая со временем возникает вследствие нагрузок. Также неправильно выбранный материал может вызвать аллергические реакции, зуд, и другой дискомфорт, уменьшит комфорт или сделает невозможным использование изделия.

В работе проведено исследование наиболее используемых материалов для изготовления ортезов. Ортез был условно разделено на две части - каркас и материал, который непосредственно контактирует с телом. Для каркаса было проведено исследование в среде Solid Works, где проводилось сравнение различных материалаов для изготовления каркаса и влияние на них длительной нагрузки. Для материалов, непосредственно контактирующих с телом, были исследованы их преимущества и недостатки, а также предложены критерии для оптимального выбора материала.

Указано действие длительной нагрузки на элементы каркаса и сделаны выводы относительно актуальности использования материалов, избранных для исследования.

В результате проведенного исследования и разработки различных источников было установлено реакцию организма на материалы ортезов, которые непосредственно контактируют с телом и предложены альтернативные. Указано результат воздействия нагрузки на ортез в ходе его использования, указаны причины, которые ухудшают качество эксплуатации.

Ключевые слова – ортез, опорно двигательный аппарат, фиксация ортеза, материалы для ортезов

UDC. 620.17:616.71-001.5-089.

MATERIALS FOR THE MANUFACTURE OF ORTHOSES

Mokhonko A., student

sashamohonko@gmail.com

Bespalova O., Associate Professor, PhD

bespalova25.05@gmail.com

Department of Biomedical Engineering
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»
Kyiv, Ukraine

Abstract – Joint tarthroplasty is a widely used method of treatment and prevention of diseases of the musculoskeletal system. The use of orthoses can reduce or prevent the onset of pain, relieve stress from the joint, which will facilitate its movement.

In many cases, problems associated with the use of orthoses are associated with a change in its position compared to the original. Changes are increasing in proportion to the life of the product, and there is currently no absolute solution to this problem. According to the biomechanical hypothesis, the main driving force behind structural changes is the deformation of materials, which eventually arises due to loads. Also, improperly selected material can cause allergic reactions, itching, and other discomfort, which will reduce the comfort make it impossible to use the product.

The research of the most used materials for the manufacture of orthoses was carried out. The orthosis was conditionally divided into two parts – the frame and the material directly in contact with the body. For the frame, a study was conducted in Solid Works environment, where comparatively different materials were used to make the frame and the impact on them of long load. For materials that are in direct contact with the body, their advantages and disadvantages were investigated and criteria were proposed for the optimal selection of the material.

The influence of the long load on the elements of the frame is shown and the conclusions about the relevance of the use of the materials selected for the study are made.

As a result of the research and elaboration of different sources, the reaction of the organism to the materials of orthoses directly contacting the body was found and alternative ones were proposed. The result of the impact of the load on the orthosis during its use is stated, the reasons that impair the quality of operation are indicated.

Key words – orthosis, musculoskeletal system, fixation of orthoses, model ingofloads, materials for orthoses.