

© Український журнал екстремальної медицини імені Г.О.Можасєва, 2009
УДК 616.72 – 002 – 02 – 092: 616.517

Анатомо-біомеханічне обґрунтування застосування компресійно-дистракційних шарнірних апаратів зовнішньої фіксації для лікування уражень суглобів кисті

О.А.Бур'янов, А.В.Самохін, В.П.Кваша, А.М.Лакша, В.В.Котюк,
М.С.Шидловський, О.В.Тимошенко

Національний медичний університет ім. О.О.Богомольця, кафедра травматології та ортопедії (завідувач – професор О.А.Бур'янов), Київська міська клінічна лікарня №12, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» (ректор – академік НАН України, професор М.З.Згуровський) Київ, Україна

Шарнірні апарати зовнішньої фіксації тривалий час застосовуються для лікування контрактур суглобів кисті. Їх обмежене застосування сьогодні обумовлено не завжди оптимальними результатами лікування, що пов'язано з технічними складнощами при накладанні та не завжди раціональними показаннями для використання таких конструкцій. У статті на прикладі шарнірного апарату власної розробки автори біомеханічно обґрунтовують особливості використання подібних пристроїв для післяопераційної реабілітації. Надане обґрунтування деяких параметрів шарнірних апаратів зовнішньої фіксації.

Ключові слова: компресійно-дистракційні апарати, шарнірні апарати, апарати зовнішньої фіксації, суглоби кисті.

Вступ

Використання компресійно-дистракційних шарнірних апаратів зовнішньої фіксації – один з ефективних та давно відомих способів відновлення рухів у суглобах при наявності контрактур та деформацій і може використовуватись як самостійний метод, так і після операцій на суглобах (артропластика, артроліз, відновлення зв'язкового апарату суглобів) з метою необхідного розведення суглобових поверхонь. Після операцій на капсульно-зв'язковому апараті, коли стабілізуючі елементи суглоба руйнуються патологічним процесом або оперативним втручанням і в суглобі не залишається ефективних анатомічних структур, що перешкоджали б нефізіологічним рухам, зокрема боковому відхиленню, подібні апарати забезпечують рухи в заданій амплітуді та площині.

Шарнірні компресійно-дистракційні апарати мають суттєві переваги перед іммобілізацією або етапними гіпсовими пов'язками – можливість ранньої розробки рухів; перед використанням ортезів – апарати забезпечують рухи із дозованим розведенням суглобових поверхонь [4, 6]. Проте застосування подібних пристроїв, особливо це стосується суглобів пальців кисті, обмежується певними їх недоліками. Сут-

тєвим недоліком існуючих моделей компресійно-дистракційних шарнірних апаратів є технічна складність при проведенні осьової спиці точно через центр обертання суглоба, таким чином, щоб вісі рухів у суглобі та в пристрої співпадали. Невиконання цього принципу призводить до порушення конгруентності в суглобі – виникнення підвивихів та вивихів [4, 7, 9].

Відомим фактом є також підвищена частота запальних процесів навколо осьової спиці в порівнянні з фіксуєчими [8]. Це тим більш важливо у хворих із скомпрометованою шкірою (травмою, оперативним втручанням у ділянці суглоба або шкірним захворюванням, зокрема таким як псоріаз, коли елементи висипу групуються навколо суглобів) [5]. Неприпустимим є і проведення осьової спиці через операційну рану, що утворилась після операції на суглобі. Недостатня жорсткість фіксації та неможливість корекції несоосного проведення фіксуєчих спиць також притаманні багатьом моделям шарнірних апаратів зовнішньої фіксації [1, 2, 3, 6].

Метою роботи було розробити та обґрунтувати застосування компресійно-дистракційного шарнірного апарату зовнішньої фіксації для лікування суглобів кисті.

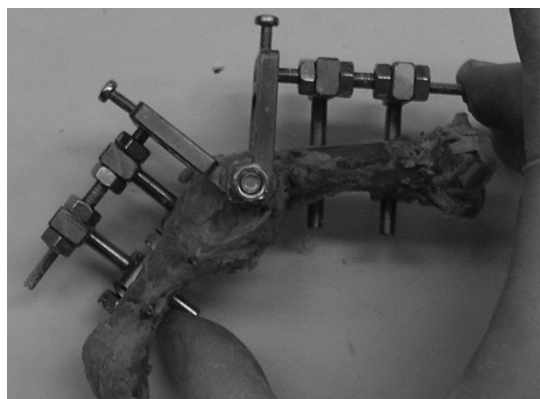
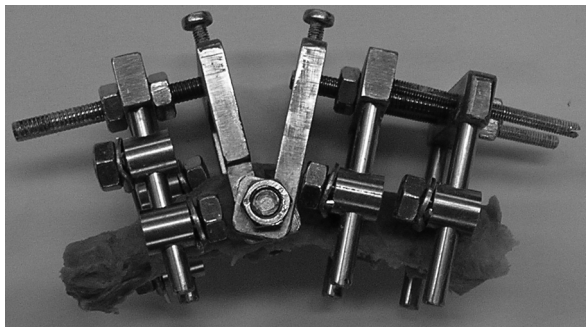


Рис. 1. Компресійно-дистракційний шарнірний апарат зовнішньої фіксації з двобічною та однобічною фіксацією.

Матеріали та методи дослідження

Дослідження ґрунтується на математичному моделюванні принципу дії апарату, анатомо-біомеханічних дослідженнях на 20 подібних за розмірами трупних вказівних пальців.

Дані літератури та власний досвід показали, що використання шарнірних апаратів як самостійний метод усунення контрактур суглобів є недостатньо ефективним. Натомість використання подібних пристроїв для ранньої післяопераційної розробки рухів з дозованим розведенням суглобових поверхонь, коли оперативним шляхом перепони, що заважали рухам, усунені, але зберігається недостатність жорсткості відновленого хірургічно зв'язкового апарату, є більш обґрунтованим та ефективним. Після артропластик та лігаментопластик, особливо в суглобах кисті, коли шовний матеріал тонкий, а анатомічні структури дрібні, пошкоджений зв'язковий апарат не в змозі стабілізувати суглоб і все навантаження щодо забезпечен-

ня стабільності бере на себе шарнірний апарат. Таким чином, його жорсткість в усіх площинах повинна перевищувати таку неушкодженого зв'язкового апарату відповідного суглоба.

За технічною сутністю до апарату, який пропонується, найближчим є компресійно-дистракційний шарнірний апарат Волкова-Оганесяна для міжфалангових суглобів. Попри достатню жорсткість фіксації пристрій вимагає проведення осьової спиці та не може бути накладений при відхиленні від методики проведення опорних спиць. Інші пристрої також мають ті чи інші недоліки, зокрема в багатьох конструкціях жорсткість є недостатньою.

Для визначення жорсткості капсульно-зв'язкового апарату п'ястково-фалангових та проксимальних міжфалангових суглобів, розробленого шарнірного апарату зовнішньої фіксації та жорсткості системи «апарат – кістка» провели анатомо-біомеханічне дослідження за допомогою універсальної випробувальної машини TIRATEST-2151, межа вимірювання:



Рис. 2. Компресійно-дистракційні шарнірні апарати зовнішньої фіксації з двобічною та однобічною фіксацією, закріплені на анатомічному препараті під час біомеханічного експерименту.

Таблиця 1

Жорсткість капсульно-зв'язкового апарату п'ястково-фалангових та проксимальних міжфалангових суглобів за даними анатомо-біомеханічного експерименту

Тип апарату	параметр	Досліджувана система				
		апарат – кістка (у залежності від швидкості)	апарат – жорстке тіло	ПМФ суглоб (препарат 1)	ПФ суглоб (препарат 2)	елементи закріплення
із двобічною фіксацією	жорсткість С [Н/мм]	48,39 (v=10 мм/хв)	(v=10 мм/хв)	(v=10 мм/хв)	–	(v=10 мм/хв)
		47,62 (v=100 мм/хв)	82,30	34,65		136,36
		44,4 (v=250 мм/хв)				
		41,6 (v=500 мм/хв)				
	податливість д [мм/Н]	0,0207 (v=10 мм/хв)	(v=10 мм/хв)	(v=10 мм/хв)	–	(v=10 мм/хв)
		0,0210 (v=100 мм/хв)	0,0122	0,0289		0,0073
		0,0225 (v=250 мм/хв)				
		0,0240 (v=500 мм/хв)				
із однобічною фіксацією	жорсткість С [Н/мм]	28,99 (v=10 мм/хв)	(v=10 мм/хв)	–	(v=10 мм/хв)	(v=10 мм/хв)
		28,99 (v=100 мм/хв)	52,91		12,96	88,76
		25,84 (v=250 мм/хв)				
		27,7 (v=500 мм/хв)				
	податливість δ [мм/Н]	0,0345 (v=10 мм/хв)	(v=10 мм/хв)	–	(v=10 мм/хв)	(v=10 мм/хв)
		0,0345 (v=100 мм/хв)	0,0189		0,0772	0,0113
		0,0387 (v=250 мм/хв)				
		0,0360 (v=500 мм/хв)				

Примітки: ПМФ – проксимальний міжфаланговий суглоб; ПФ – п'ястково-фаланговий суглоб; v – швидкість дистракції в апараті Tiratest.

навантаження до 5 кН; переміщення до 1 м; швидкість переміщення рухомого затискувача від $8,3 \cdot 10^{-6}$ до $3,3 \cdot 10^{-5}$ м/с; відповідно похибка вимірювання: $\pm 0,1$ Н; $\pm 10^{-5}$ м. Біомеханічне дослідження проводилось з двома конструкціями апарату: компресійно-дистракційний шарнірний апарат зовнішньої фіксації з двобічною та однобічною фіксацією (рис. 1).

Для визначення деформаційних характеристик системи «апарат – кістка» з приєднаними тягами верхню частину об'єктів випробування прикріплювали до динамометра випробувальної машини, а нижню частину – до рухомої траверси (рис. 2). Після закріплення системи «апарат – кістка» з приєднаними тягами у випробувальній машині здійснювали попереднє навантаження системи зусиллям 10 ± 1 Н для зняття виправлення можливих нерівностей тяг та зняття люфтів у системі навантаження. Проводили деформування систем «апарат – кістка» зі швидкостями переміщення рухомої траверси випробувальної машини 10 мм/хв. з одночасним записом діаграм деформування. Подібним чином досліджувались анатомічні препарати суглобів та апарат, закріплений на жорсткому тілі. Податливість досліджуваних суглобів та системи «апарат – кістка» при експерименті включала в себе податливість тяг для навантаження, яку досліджували окремо та віднімали від отриманих результатів. Дослідження жорсткості зв'язкового апарату суглобів та розроблених шарнірних пристроїв проводили зі швидкістю переміщення рухомої траверси випробувальної

машини 10 мм/хв., а системи «апарат – кістка» додатково на швидкостях 100, 250 та 500 мм/хв. для виявлення запасу міцності системи, її слабких ділянок та прогнозування наслідків інтенсивної розробки рухів у суглобі.

Результати дослідження та їх обговорення

Результати анатомо-біомеханічного експерименту усереднені та наведені в табл. 1. Податливість окремого суглоба (п'ястково-фалангового або проксимального міжфалангового) більша, ніж сумарна податливість системи «апарат – кістка». Це є свідченням того, що основне навантаження несе апарат. Апарат з однобічним типом фіксації є менш громіздким (у порівнянні з апаратом із двобічним типом фіксації) та дозволяє більшу мобільність пальця пацієнта, однак прогнозовано є менш жорстким. Бокова фіксація, необхідність використання спиць із різьбою або стержнів та більші розміри елементів закріплення вказаних імплантатів зумовлюють переважне його застосування для лікування п'ястково-фалангових суглобів 2 та 5 пальців. Як при закріпленні на жорсткому тілі, так і при закріпленні на анатомічних препаратах суглобів апарат із двобічною фіксацією виявився суттєво більш жорстким за такий з однобічним типом фіксації. Однак жорсткість конструкції «апарат – кістка» перевищує таку у відповідного суглоба при будь-якому типі фіксації (однобічна чи двобічна).

Висновки

Жорсткість обох розроблених конструкцій апарату достатня для забезпечення стабільності п'ястково-фалангових та проксимальних міжфалангових суглобів з ушкодженим капсульно-зв'язковим апаратом в покої та під час розробки рухів з різними швидкостями, та основне навантаження несе апарат. Отримані дані нормальної жорсткості капсульно-зв'язкового апарату дозволяють визначити межі дозованого розведення суглобових поверхонь у комп-

ресійно-дистракційному шарнірному апараті для профілактики руйнації зв'язкового апарату. Використання розроблених компресійно-дистракційних апаратів зовнішньої фіксації у хворих із запальними ураженнями п'ястково-фалангових і проксимальних міжфалангових суглобів кисті та з наслідками травм цих суглобів у післяопераційному періоді для раннього відновлення рухів є ефективним заходом зменшення частоти та ступеня вираженості контрактур.

Література

1. Білінський П.І. Обґрунтування фіксуючих можливостей фіксаторів і пристроїв на фізичній моделі / П.І. Білінський // Вісник ортопедії, травматології та протезування. – 2002. – №2. – С. 47-49.
2. Лакша А.М. Жесткостные биомеханические параметры стержневых аппаратов внешней фиксации / А.М. Лакша // Український журнал медичної техніки і технології. – 2000. – № 3-4. – С. 35-38.
3. Методичні підходи до розробки шарнірно-дистракційних систем зовнішньої фіксації для відновлення функції ліктьового суглоба / О.А. Бур'янов, А.М. Лакша, М.С. Шидловський [та ін.] // Проблеми військової охорони здоров'я. – 2006. – Вип. 17. – С. 458-467.
4. Оганесян О.В. Восстановление формы и функции голеностопного сустава шарнирно-дистракционными аппаратами / О.В. Оганесян, С.В. Иванников, А.В. Коршунов – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний: Медицина, 2003. – 120 с.
5. Рахматов А.Б. Современные проблемы псориазического артрита / А.Б. Рахматов // Український журнал дерматології, венерології, косметології. – 2003. – №2. – С. 32-37.
6. Чадаев А.П. Лечение открытых переломов и вывихов фаланг пальцев кисти, осложненных гнойно-воспалительным процессом / А.П. Чадаев, М.С. Алексеев, А.Ш. Гармаев – Москва: Триада-Х, 2005. – 88 с.
7. Hiniduma S.S. New least squares solutions for estimating the average centre of rotation and the axis of rotation / S.S. Hiniduma, U. Gamage, J. Lasenby // Journal of Biomechanics. – 2002. – Vol. 35. – P. 87-93.
8. Lethaby A. Pin site care for preventing infections associated with external bone fixators and pins / A. Lethaby, J. Temple, J. Santy // Cochrane Database of Systematic Reviews – 2008. – Issue 4. – P. 2-22.
9. Zhang X. Determining finger segmental centers of rotation in flexion-extension based on surface marker measurement / X. Zhang, S.-W. Lee, P. Braido // Journal of Biomechanics. – 2003. – Vol. 36. – No. 8. – P. 1097-1102.

А.А. Бурьянов, А.В. Самохин, В.П. Кваша, А.М. Лакша, В.В. Котюк, Н.С. Шидловский, А.В. Тимошенко. Анатомо-биомеханическое обоснование использования компрессионно-дистракционных шарнирных аппаратов внешней фиксации для лечения поражений суставов кисти. Киев, Украина.

Ключевые слова: компрессионно-дистракционные аппараты, шарнирные аппараты, аппараты внешней фиксации, суставы кисти.

Шарнирные аппараты внешней фиксации давно применяются для лечения контрактур суставов кисти. Их ограниченное применение сегодня обусловлено не всегда оптимальными результатами лечения, что связано с техническими сложностями при наложении и не всегда рациональными показаниями для использования таких конструкций. В статье на примере шарнирного аппарата собственной разработки авторы биомеханически обосновывают особенности использования подобных устройств для послеоперационной реабилитации. Дается обоснование некоторых параметров шарнирных аппаратов внешней фиксации.

O. A. Buryanov, A. V. Samokhin, V. P. Kyasha, A. M. Laksha, V. V. Kotiuk, M. S. Shidlovsky, O. V. Timoshenko. Providing of anatomical and biomechanical rationale for compression-distraction hinged external fixators for treatment of the hand joints impairment. Kyiv, Ukraine.

Key words: compression, distraction, hinged external fixators, hand joints.

Hinged external fixators are well known in the field of treatment of hand joints contractures. Their limited utilization today is preconditioned by not always optimal results. These are related to the difficulties with their fixation and not always rational indications for utilization of such devices. Authors in this article give biomechanical ground to the specifics of exploitation of this kind of assemblies as means of postsurgical rehabilitation as exemplified by their own hinged external fixator. The substantiation of some parameters of hinged external fixators is also given.

Надійшла до редакції 30.03.2009 р.