



УКРАЇНА

(19) UA (11) 37929 (13) U

(51) МПК

G09B 23/28 (2008.01)

G09B 23/32 (2008.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ МОДЕЛЮВАННЯ ШИЙНОГО ВІДДІЛУ ХРЕБТА

1

2

(21) u200809834

(22) 28.07.2008

(24) 10.12.2008

(46) 10.12.2008, Бюл.№ 23, 2008 р.

(72) РАДЧЕНКО ВОЛОДИМИР ОЛЕКСАНДРОВИЧ,
UA, ТИМЧЕНКО ІРИНА БОРИСІВНА, UA, ДИННІК
ОЛЕКСІЙ АРТЕМОВИЧ, UA, СОСНІНА ЮЛІЯ КО-
СТЯНТИНІВНА, UA, ТКАЧУК МИКОЛА АНАТОЛІ-
ЙОВИЧ, UA, ВЕРЕТЕЛЬНИК ОЛЕГ ВІКТОРОВИЧ,
UA, ВЕРЕТЕЛЬНИК ЮРІЙ ВІКТОРОВИЧ, UA

(73) ДЕРЖАВНА УСТАНОВА "ІНСТИТУТ ПАТО-
ЛОГІЇ ХРЕБТА ТА СУГЛОБІВ ІМ. ПРОФ. М.І. СИ-
ТЕНКА АМН УКРАЇНИ", UA

(57) 1. Спосіб моделювання шийного відділу хреб-
та, що включає виконання послідовних растрових
томографічних зрізів і побудову тривимірного век-
торного комп'ютерного зображення шийних хреб-
ців, м'язів і зв'язок у вигляді скінченно-елементної
сітки і наступну реєстрацію напружень і деформа-

цій в компонентах останнього при різних варіантах
навантаження, який **відрізняється** тим, що додат-
ково імітують за допомогою комп'ютерної програ-
ми ортез із зазначеними властивостями і за інди-
відуальною формою, що повторює форму шиї
пацієнта і охоплює останню у єдиній тривимірній
моделі, нижню опору ортеза обмежують по пере-
міщенню шляхом жорсткої її фіксації, а на верхню
опору і бічні його ділянки накладають навантажен-
ня як при середньо-фізіологічному положенні шиї,
так і при різних кутових її відхиленнях від зазначе-
ного положення, а напруження і деформацію на
різних ділянках шиї визначають з урахуванням
властивостей ортеза.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що ку-
тові відхилення шиї від середньофізіологічного
положення її виконують у фронтальній площині - у
межах до 10°, у сагітальній площині - у межах до
12°.

Корисна модель відноситься до експеримен-
тальної медицини і стосується, безпосередньо,
розробки способу моделювання органу людини, а
саме - шийного відділу хребта, для оцінки його
напружено-деформованого стану.

Шийний відділ хребта є складною біомеханіч-
ною системою, навантаження на окремі компонен-
ти якої змінюються як за величиною, так і за на-
прямком дії в дуже широких межах і залежить від
різних кутових відхилень його відносно середньо-
фізіологічного положення, а також патології ура-
жених сегментів зазначеного відділу хребта. Хара-
ктер зазначених змін даного відділу хребта дослі-
джується методом його моделювання.

Відомий спосіб моделювання шийного відділу
хребта, заснований на виконанні послідовних рас-
трових томографічних зрізів і побудові тривимір-
ного векторного комп'ютерного зображення шийних
хребців, м'язів і зв'язок у вигляді скінченно-
елементної сітки і наступній реєстрації напружень і
деформації в компонентах останнього при різних
варіантах навантаження [Бариш А.Е. Конечно-
элементное бисегментарное моделирование по-

звоночных двигательных сегментов С_{IV}-С_{VI}
/Ортопедия, травматология и протезирование. -
2005. - №1. - С.41-49]. Даний спосіб моделювання
шийного відділу хребта дозволяє досліджувати
характер розподілу внутрішніх напружень в еле-
ментах даного відділу як при фізіологічному стати-
чному вертикальному навантаженні згідно з біоме-
ханічними особливостями даного відділу хребта,
так і при різних варіантах його навантаження в
нормі або при патологічних станах, у тому числі
після виконання оперативних втручань з приводу
ушкоджень і захворювань.

Однак, у багатьох випадках, зв'язаних з ліку-
ванням захворювань і ушкоджень шийного відділу
хребта, використовують різні ортопедичні засоби
(ортези), що сприяє ранній реабілітації і скорочен-
ню терміну знаходження пацієнтів в клініці шляхом
імобілізації відділу даними засобами. Ортез - це
функціональний засіб, що забезпечує фронтальну
(попереджає згинання і розгинання вперед-назад)
фіксацію шиї, обмежує ротаційну - корригуючу фу-
нкцію і розвантажує її.

(13) U

(11) 37929

(19) UA

В той же час, відомий спосіб моделювання не дає можливості розв'язувати завдання моделювання спільної роботи шийного відділу хребта з ортезом з урахуванням індивідуальних особливостей пацієнта, його патологій та силових навантажень (величини, напрямки і розподілу сил та напружень). Це суттєво обмежує можливості відомого способу моделювання.

Завдання даної корисної моделі полягає у створенні способу моделювання шийного відділу хребта, що забезпечує можливість сумісного дослідження зазначеного відділу хребта разом із ортезом та іншими замісними та допоміжними конструкціями і, таким чином, поширює функціональні можливості моделювання.

Поставлене завдання вирішується тим, що в спосіб моделювання шийного відділу хребта, заснованому на виконанні послідовних растрових томографічних зрізів і побудові тривимірного векторного комп'ютерного зображення шийних хребців, м'язів і зв'язок у вигляді скінченно-елементної сітки і наступній реєстрації напружень і деформацій в компонентах останнього при різних варіантах навантаження, згідно з корисною моделлю, додатково імітують за допомогою комп'ютерної програми ортез із зазначеними властивостями і за індивідуальною формою, що повторює форму шиї пацієнта і охоплює останню у єдиній тривимірній моделі, нижню опору ортеза обмежують по переміщенню шляхом жорсткої її фіксації, а на верхню опору і бічні його ділянки накладають навантаження як при середньо-фізіологічному положенні шиї, так і при різних кутівих її відхиленнях від зазначеного положення, а напруження і деформацію на різних ділянках шиї визначають з урахуванням властивостей матеріалу ортеза. Кутіві відхилення шиї від середньо-фізіологічного положення її виконують при цьому у фронтальній площині - у межах до 10° , а у сагітальній площині - у межах до 12° .

Додаткова імітація за допомогою комп'ютерної програми ортеза із зазначеними властивостями і за індивідуальною формою, що повторює форму шиї пацієнта і охоплює останню у єдиній тривимірній моделі, у якій нижню опору ортеза обмежують по переміщенню шляхом жорсткої її фіксації, а на верхню опору і бічні його ділянки навантаження як

при середньо-фізіологічному положенні шиї, так і при різних кутівих її відхиленнях від зазначеного положення, а також визначення напруження і деформацій на різних ділянках шиї з урахуванням властивостей матеріалу ортеза, дає можливість досліджувати спільну роботу зазначеного відділу хребта з ортезом при різних видах патології і різних способах навантаження, а також моделювати хірургічне втручання за різними схемами і обчислювати розподіл напружень у будь-якому елементі системи (хребці, ендопротеза, ортеза).

Виконання кутівих відхилень шиї від середньо-фізіологічного положення її у фронтальній площині - у межах до 10° , а у сагітальній площині - у межах до 12° дає можливість досліджувати розподіл напружень і деформацій на елементи системи у межах відхилення шиї, що не допускають можливі патологічні зміни в ній.

Аналогічних технічних рішень зі схожими ознаками при проведенні патентно-інформаційного пошуку не виявлено. Це свідчить про те, що спосіб моделювання шийного відділу хребта, що пропонується, є новим і клінічно придатним.

Корисна модель пояснюється кресленнями, де на фіг. 1 зображений шийний ортез; на фіг. 2 - геометрія шийного відділу хребта; на фіг. 3 - геометрія моделі даного відділу хребта в зборі з ортезом; на фіг. 4 - скінченно-елементна модель, фронтальна її проекція; на фіг. 5 - те ж саме, повернуте на кут до 45° ; на фіг. 6 - розподіл напружень в досліджуваній геометрії без ортеза; на фіг. 7 - те ж саме із ортезом.

Спосіб моделювання шийного відділу хребта виконується наступним чином. Виконують послідовні растрові томографічні зрізи і побудову тривимірного векторного комп'ютерного зображення шийних хребців 1 (фіг. 3), м'язів і зв'язок як одне ціле у вигляді скінченно-елементної сітки 2. Імітують також за допомогою комп'ютерної програми додатково ортез 3 із зазначеними властивостями його матеріалу і за індивідуальною формою, що повторює форму шиї і охоплює останню у єдиній тривимірній моделі. Задаються фізичні характеристики матеріалів окремих елементів шийного відділу хребта та матеріалу ортеза, що позначені в таблиці 1.

Таблиця 1

Фізичні характеристики моделі шийного відділу хребта із ортезом

	Матеріал і складова частина моделі	Модуль Юнга (МПа) E	Коефіцієнт Пуассона V
	1	2	3
1	Кортикальний шар кістки	10000	0,3
2	Губчаста кістка	450	0,2
3	Суглоб	10,6	0,49
4	Диск	4,2	0,45
5	Ортез (спінений поліетилен)	1,2	0,45

Матеріали умовно вважають однорідними і ізотропними.

Для побудови скінченно-елементної сітки використовували: 3-D, 10-вузловий тетрадральний

елемент - SOLID 187; 3D, 20-вузловий квадратичний елемент - SOLID 186, а також TARGE 170 і CONTA 174 - контактні елементи.

Усього скінченно-елементна сітка моделі нараховувала 246159 елементів (фіг. 4 і 5).

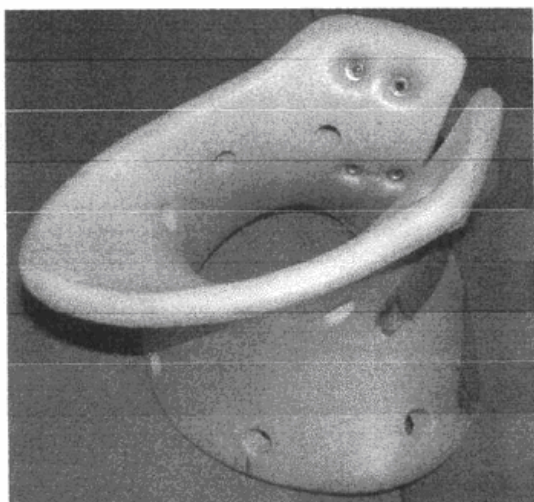
На побудовану модель шийного відділу хребта із ортезом накладають навантаження як при середньо-фізіологічному положенні шиї, що характеризується вертикальною віссю ОО, так і при різних кутових її відхиленнях від зазначеного положення: у фронтальній площині - у межах до 10° , а у сагітальній площині - у межах до 12° .

Вертикальне навантаження здійснювали шляхом прикладання до верхньої частини моделі сили, величина якої дорівнювала 100Н, що відповідає вазі голови середньостатистичної людини. Нижню опору 4 (фіг. 5) ортеза обмежували по переміщенню шляхом жорсткої її фіксації, а навантаження виконували на верхню опору 5 ортеза, бічні його ділянки 6. Наступну реєстрацію напружень і деформацій в окремих компонентах моделі виконували при різних варіантах навантажень з урахуванням властивостей матеріалу ортеза. На фіг. 6 і 7, що фіксують розподіл напружень в досліджуваній геометрії моделі у варіанті вертикаль-

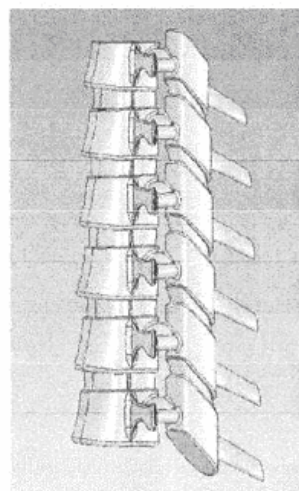
ного навантаження, можна бачити, що напруження в шийному відділі хребта за рахунок ортезування знизилися відповідним чином по висоті.

Комп'ютерно-томографічні зрізи шийних хребців були використані без ознак природжених аномалій розвитку або деструктивного ураження. Таким чином, додаткова імітація за допомогою комп'ютерної програми ортеза із зазначеними властивостями, обмежування нижньої його опори шляхом жорсткої фіксації і прикладання навантаження на верхню опору ортеза і бічні його ділянки при різних кутових відхиленнях шиї від середньо-фізіологічного положення її, а також визначення напружень і деформацій на різних ділянках шиї з урахуванням властивостей матеріалу ортеза, дозволяє досліджувати спільну роботу зазначеного відділу хребта з ортезом при різних видах патології і різних способах навантаження і обчислювати розподіл напружень у будь-якому елементі системи - хребцях, ортезі та інших.

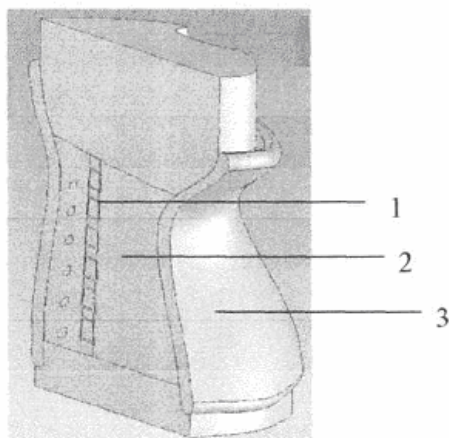
Це значно підвищує функціональні можливості моделювання шийного відділу хребта.



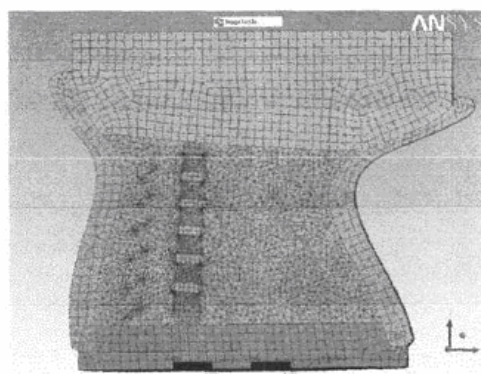
Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3



Фіг. 4

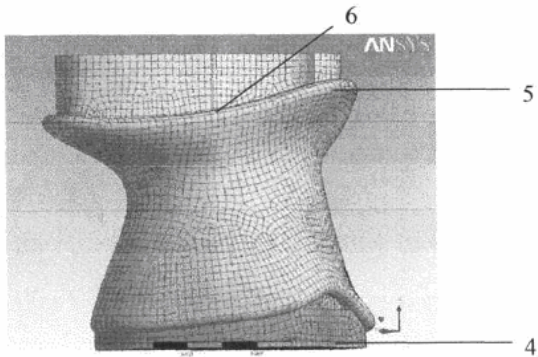


Fig. 5

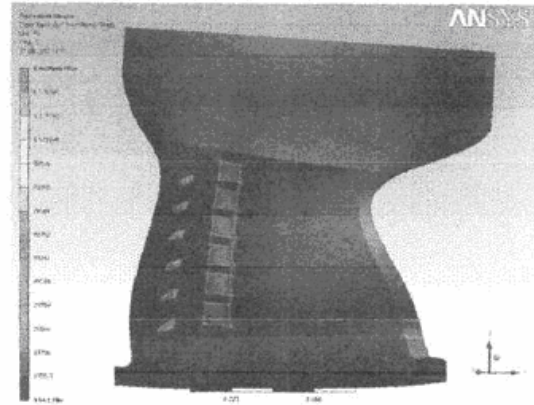


Fig. 6

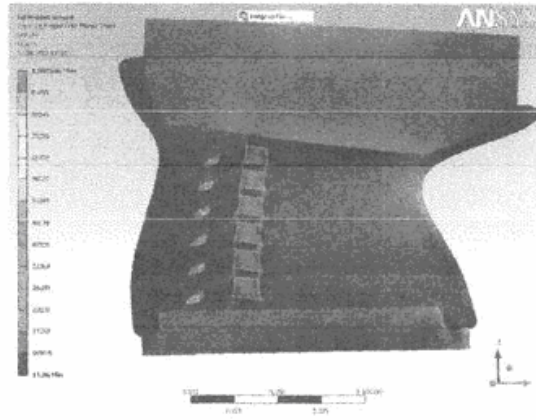


Fig. 7