

Перелік джерел інформації

1. Державний експертний центр МОЗ України – протоколи фармацевта. URL: <https://www.dec.gov.ua/mtd/protokoly-farmaczevta/>.
2. Акушерство і гінекологія: підручник. К.: Медицина, 2013. 1037 с.
3. Акушерство і гінекологія (у 2-х книгах): за ред. Грищенко В.І., Щербини М.О., Венцківський Б.М.). К.: Медицина, 2020. 424 с.
4. Акушерство і гінекологія (у 2-х книгах): Гінекологія за ред. Грищенко В.І., Щербини М.О., Венцківський Б.М. К.: Медицина, 2020. 376 с.
5. Drug pregnancy categories. URL: https://wikem.org/wiki/Drug_pregnancy_categories.
6. USA – food and drug. URL: <https://www.fda.gov>.

УДК 616-089.843

295

МЕДИЧНЕ ПРОТЕЗУВАННЯ

Єгор КУЗЬМЕНКО, Вікторія КОВАЛЬОВА

Медичний фаховий коледж

Запорізького державного медико-фармацевтичного університету

м. Запоріжжя

Проблема оптимізації способів ендопротезування дефектів нижньої щелепи на сьогодні є актуальною, особливо в реаліях постійних бойових дій.

На сьогодні найефективнішим методом лікування дегенеративних уражень суглобів є їх ендопротезування – заміна зруйнованого суглоба на штучний аналог-імплантат. Ця процедура є найбільш результативною пластичною операцією останнього століття.

24 січня 2024 р., м. Запоріжжя

Щелепно-лицьове протезування, необхідне для заміщення значних дефектів під час лікування запальних процесів чи новоутворень, а також травм лицьового скелету. Штучні конструкції та дентальні імпланти, які використовують при цьому, мають відмінну від тканин організму структуру і властивості. Також вони мають забезпечити необхідну жорсткість і міцність в складних умовах навантаження, тому дуже важливо точно змодельовати та проробити рухи нижньої щелепи, щоб не допустити значних помилок, які можуть призвести до недієздатності протеза, або погіршити стан людини [1, с. 7].

З метою виключення проблемних наслідків після протезування, на початку планування виконують ряд біомеханічних досліджень, які включають дослідження механічних властивостей суглобових ділянок кісток та методи математичного моделювання для оцінювання напружено-деформованого стану різних тканин, а також ділянок кісток у системі «кістка–імплантат» з метою визначення як первинної, так і вторинної стабільності різних видів розроблених імплантатів. Для оцінювання впливу матеріалів імплантатів і розроблених різновидів захисного покриття проводять ряд біохімічних, гістохімічних та токсикологічних досліджень тощо. Для успішного планування та впровадження медичного протезу потрібні точні ІТ – технології та їх сумісність або поєднання з біомеханікою тіла [2, с. 13].

Оцінка характеристик біомеханічних систем «імплант-кістка», визначення внутрішніх напружень і деформацій дозволяє обрати оптимальні методи лікування, визначити функціональний прогноз хвороби і хірургічних втручання, ще до імплантації протезу дає змогу покращити результати лікування пацієнта. Але навіть станом на сьогодні, у XXI сторіччі, існують складнощі, пов'язані з вирішенням такої проблеми, оскільки програмне забезпечення, яке потребує точних та вузьких у своєму напрямку діяльності методів реалізації протезування не завжди досконало виконує завдання або достатня база знань з біомеханіки та її ваги в контексті протезування.

Саме тому новизна роботи полягає в дослідженні механічних властивостей індивідуального ендопротезу нижньої щелепи у відтворених умовах реального навантаження під час типових фізіологічних рухів щелепного суглобу за допомогою комп'ютерної візуалізації.

Рухи нижньої щелепи являють собою поєднання *поступальних* та *обертальних* рухів. Нижня щелепа може обертатись навколо горизонтальної, вертикальної і сагітальної осей. При відсутності контакту між зубами верхньої і нижньої щелеп рухи нижньої щелепи визначаються артикулюючими поверхнями суглобів і *чутливими* нервово-м'язовими механізмами.

Повний комплекс рухів нижньої щелепи можна розглянути в різних площинах. На характер рухів впливає топографія м'язів і місця їх прикріплення, анатомо-топографічні особливості скронево-нижньощелепного суглоба і окремих його елементів, форма зубних дуг і їх співвідношення. Все це накладає певний відбиток не тільки на рухи нижньої щелепи, але і на весь жувальний апарат. Нижня щелепа бере участь у багатьох функціях: жування, звукоутворення, вимови, ковтання і т. д.

297

Серед усіх функцій слід виділити рухи, пов'язані з жуванням. Таким чином, нижня щелепа людини може здійснювати рухи в декількох напрямках:

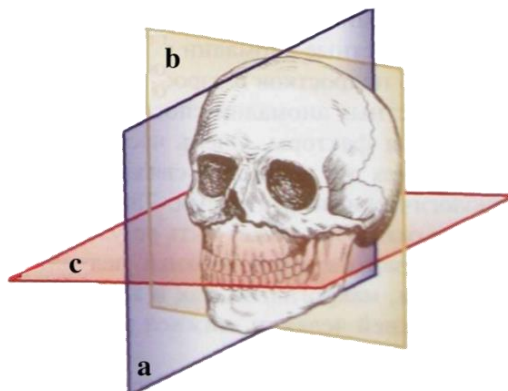


Рис. 1. – Напрям рухів нижньої щелепи людини:
a) сагітальний; b) фронтальний; c) горизонтальний.

Рух нижньої щелепи вперед здійснюється за рахунок двостороннього скорочення характерних м'язових тканин. Рух головки нижньої щелепи може бути розділеним на дві фази. У першій диск разом з головкою ковзає по поверхні суглобового горбка. У другій фазі разом з головою до ковзання приєднується шарнірний рух її навколо власної поперечної осі, що проходить через головку [2, с. 25].

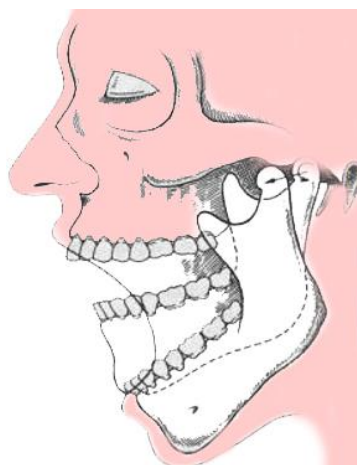


Рис. 2 – Приклад руху нижньої щелепи (мінімальне та максимальне розкриття ротового отвору).

З метою узагальнення механічного руху щелепного суглобу було змодельовано візуалізацію за допомогою програмного забезпечення Adobe Photoshop, Adobe After Effects для випадків мінімального та максимального розкриття (рис. 3)

Нижня щелепа людини є однією з найбільш травматичних частин людського організму, саме тому навантаження та характер розподілу навантажень в нормі є основою для дослідження багатьох питань ортопедії та щелепно-лицевої хірургії.

Загальна кількість жувальних рухів нижньої щелепи на добу складає біля трьох тисяч. Механічні навантаження, які при цьому розвиваються, є досить значними. Сила прикусу розподіляється нерівномірно по поверхні контакту зубів верхньої і нижньої щелеп. Максимальні сили, що розвиваються при

стисканні зубів в області різців становить 200....800 Н. Характерно, що в центральній ділянці нижньої щелепи виникають напруження розтягу, а в ділянці краю щелепи – напруження стиску, значення яких під час функціональних навантажень може змінюватись циклічно [3, с. 6].



Рис. 3 – Приклад руху нижньої щелепи (мінімальне та максимальне розкриття ротового отвору) за допомогою статичної симуляції Adobe Photoshop, Adobe After Effects.

Для вивчення механізмів руху нижньої щелепи в роботі було використано теоретичні рівняння динаміки обертового руху твердого тіл. Для розрахунків було прийнято низку спрощень, що дають можливість отримати узагальнене уявлення про розподіл сил і моментів моментів сил, які діють на нижню щелепу в деякому перетині.

Нижню щелепу було розглянуто як однорідну суцільну балку значної жорсткості. При цьому величину деформації було прийнято безмежно малою порівняно з розмірами самої щелепи. Припустивши, що при змиканні зубів, переміщення щелепи в просторі дорівнюють нулю (стан спокою та рівноваги), можна записати динамічні рівняння у векторній формі :

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n \vec{F} = 0 \\ \sum_{i=1}^n \vec{M} = \sum_{i=1}^n \vec{r} \times \vec{F} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

В скалярній формі система рівнянь (1) буде виглядати так:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n F = 0 \\ \sum_{i=1}^n M = \sum_{i=1}^n F \cdot r = 0 \end{cases} \quad (2)$$

де F_i – сили, що діють на нижню щелепу, M_i – моменти сил, r_i – плечі сил.

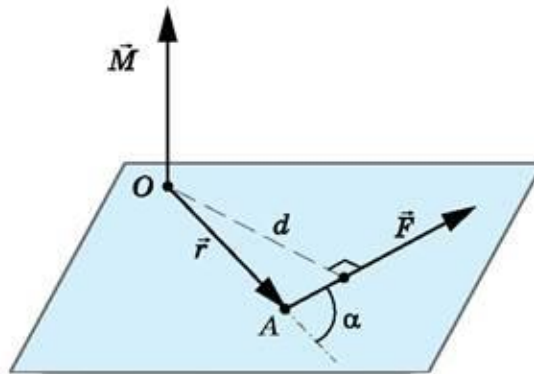


Рис. 4 – Схематичне зображення векторного добутку.

300

З урахування закономірностей механіки деформованого тіла схематично напрямки векторів сил та плечей м'язових тканин, які під час скорочень забезпечують силовий вплив на щелепу [4], за допомогою комп'ютерної симуляції можна представити як:

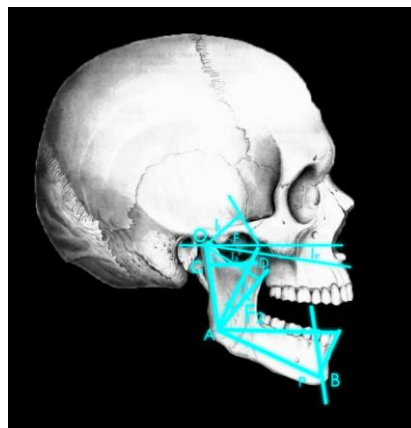


Рис. 5 – Схематичне представлення динаміки щелепного суглобу за допомогою динамічної симуляції Adobe Photoshop, Adobe After Effects.

Переваги симуляції під час візуалізації при вивченні біомеханічних явищ полягають у тому, що об'єктом дослідження може бути будь-який орган або суглоб, вивчення руху та функцій якого є необхідним у даній прикладній задачі. Комп'ютерне моделювання за допомогою візуалізації має бути обов'язково узгоджено з теоретичним обґрунтуванням фізичного об'єкту [4, с. 100].

Подібний метод є обов'язковим етапом ендопротезування, який на сьогодні має значний розвиток. Використання анімаційних симуляцій спрощує процес візуалізації теоретичної моделі, яку покладено в основу протезування, та забезпечує якісну складову на етапі вивчення ділянки при підготовці елементів протезування. У випадку, коли необхідно визначення кількісних характеристик (величини механічних напружень, показників жорсткості елементів протезування тощо), необхідно обирати більш деталізований та функціональний програмний продукт, наприклад, COMSOL Multiphysics [4, с. 61].

Перелік джерел інформації

1. Лоскутов О. Є., Олійник О. Є., Синегубов Д. А. Розвиток національного ендопротезування суглобів. Трансплантація та штучні органи. 2021. № 2 (03). С. 37-50.
2. Резнікова М. Ю. Моделювання механічного навантаження ендопротезу нижньої щелепи : спеціальність 6.051402 Біомедична інженерія / Резнікова Марина Юріївна. Київ, 2019. 54 с.
3. Тяжелов А.А., Карпінський М.Ю., Юрченко Д.А., Карпінська О.Д., Гончарова Л.Є. Математичне моделювання як інструмент дослідження функції м'язів тазового пояса при диспластичному коксартрозі. Оригінальні дослідження. Травма. № 1 (23). 2022. С. 4-11.

**Інновації медичної освіти: перспективи, виклики та можливості:
матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції**

4. Сливко Е.І., Мельнікова О.З., Іванченко О.З., Біляк Н.С. Біофізика та фізичні методи аналізу : навчальний посібник для студентів фармацевтичного факультету. Запоріжжя, 2018. 234 с.