

# Алгоритм та програмна реалізація роботи комплексу очних м'язів людини

Микола Мешков<sup>1</sup>, Дмитро Кухаренко<sup>1</sup>

1. Навчально-науковий інститут електричної інженерії та інформаційних технологій, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, УКРАЇНА, Кременчук, вул. Першотравнева, 20. email: dkuch100@gmail.com

**Анотація:** Приступаючи до операції, офтальмолог-хірург розраховує тільки на свій власний досвід. Емпіричні методи тут мало ефективні через велику різноманітність і складність форм косоокості людини. Тому для подальшого підвищення ефективності хірургії косоокості, розробка алгоритму та програмного засобу для комплексної роботи всіх очних м'язів людини є актуальною задачею.

**Ключові слова:** алгоритм, програмне забезпечення, ококоруховий апарат.

## I. ВСТУП

Мета даної роботи полягає у створенні алгоритму та програмного засобу дозволить уявити можливі причини та механізми розвитку певних форм косоокості, а також прогнозувати результати хірургічних втручань на ококорухових м'язах. Користуючись комп'ютерною системою передопераційного планування хірургічної корекції ококорухового апарату, офтальмолог-хірург зможе вибрати оптимальну тактику хірургічного лікування і дозування оперативних втручань для конкретного хворого.

## II. МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Алгоритм роботи комп'ютерної системи [1] складається з наступних складових: алгоритму тривимірної моделі ококорухового апарату, алгоритму роботи бази даних пацієнтів, алгоритму побудови векторів сил тяги відповідних м'язів та алгоритму здійснення попередніх розрахунків.

Тривимірна модель ококорухового апарату включає в себе наступні процедури (рис.1).

Абдукція - приведення (око повертається до носа). Її виконує медіальний прямий м'яз.

Абдукція - відведення (око повертається в сторону скроні). Її виконує латеральний прямий м'яз.

Супрадукція - підняття ока вгору. Виконується верхнім прямим м'язом.

Інфрадукція - опускання ока вниз. Виконується нижнім прямим м'язом.

Інциклодукція - рух ока в Y-площині, коли його верхня окружність внаслідок обертання приводиться до носа. Виконує рух верхній косий м'яз.

Екциклодукція - протилежно інциклодукції. Верхня окружність відводиться до скроні. Виконує рух нижній косий м'яз.

Комп'ютерна система може працювати в двох режимах: перший режим - робота в реальному часі, визначення всіх параметрів, необхідних для передопераційного планування та другий режим - пропонування методів хірургічної корекції, також

можливе збереження інформації про пацієнта в базі даних. На рис. 1 наведено алгоритм роботи тривимірної моделі ококорухового апарату.

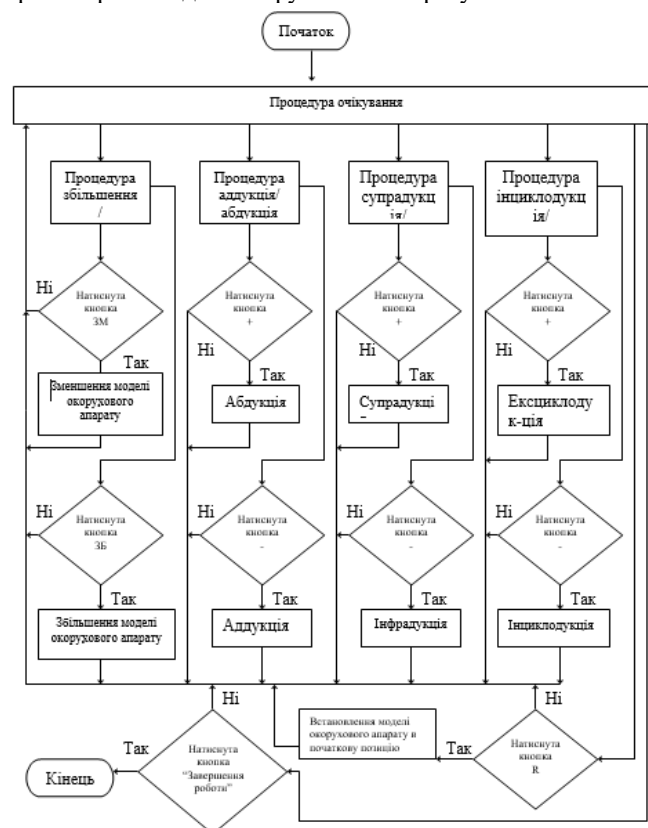


Рисунок 1 – Алгоритм роботи тривимірної моделі ококорухового апарату

На рисунку 2 наведено алгоритм здійснення попередніх розрахунків, які необхідні для роботи офтальмо-хірурга. На рисунку 3 зображений алгоритм роботи модуля передопераційного планування.

Практична реалізація та експериментальні дослідження роботи комплексу очних м'язів людини. Приклад №1. У пацієнта з діаметром очного яблука 20мм (радіус – 10мм) планується рецесія внутрішнього прямого м'яза. „Таблична” величина рецесії для девіації у даного пацієнта становить 6мм. Проте, табличні дані розраховані на середню величину очного яблука – (радіус – 12мм). Необхідно визначити, яка величина рецесії показана пацієнту, враховуючи розміри його очного яблука. Після запуску програмного забезпечення, за допомогою лівої клавіші маніпулятора типу “миша”, встановлюється на поверхню моделі очного яблука точку М, яка має координати довгота 270°, широта 35,8°. Це середина прикріплення внутрішнього



поверхні очного яблука, в його заданій півкулі, вивести в операційне поле зону прикріплення цього м'яза і відповідно виміряти необхідну відстань за допомогою циркуля-вимірювача не вдається, особливо при задньому варіанті прикріплення нижнього косоного м'яза. Щоб здійснити таке вимірювання безпосередньо, часто доводиться застосовувати відтинання зовнішнього прямого м'яза від місця його прикріплення (що можливо але вкрай небажано) і здійснювати супераддукцію очного яблука, що загрожує різними ускладненнями через можливість травмування зорового нерва та судин, без гарантії виведення нижнього косоного в операційне поле. Тому можливо використати непряме вимірювання рецесій або антеропозицій за допомогою запропонованої комп'ютерної системи. Таке вимірювання здійснюється наступним чином: на моделі очного яблука використовують точки  $M$  і  $M'$ . Точку  $M$  виставляємо в місці прикріплення нижнього косоного м'яза, а точку  $M'$  виводимо в місце куди плануємо пересадити нижній косий м'яз. При цьому відстань переміщення визначається по хорді у відповідному вікні. Коли точка пересадки визначена на моделі (за допомогою точок  $M$  і  $M'$ ) послідовно вимірюється відстань по хорді від легкодоступних в операційному полі орієнтирів, якими слугують нижній край прикріплення зовнішнього прямого м'яза і латеральний край нижнього прямого м'яза. Таким чином визначивши за допомогою моделі відстань по хорді до цих орієнтирів стандартним циркулем вимірювачем в операційному полі на поверхні ока пацієнта легко можна знайти точку до якої буде фіксований пересаджуваний косий м'яз. Тобто комп'ютерна система передопераційного планування хірургічної корекції дозволяє точно дозувати операції на нижньому косому м'язові без ризику виникнення ускладнень, значно скорочує за рахунок зручності вимірювань час операцій і перебування пацієнта під наркозом.

Приклад №3. Необхідно визначити як змінюється вертикальна дія косоного м'яза MOS. При виконанні операцій на окоорухових м'язах, для становлення очного яблука в первинну позицію, необхідно вміти визначати моменти сил цих окоорухових м'язів. Для зручності комп'ютерна система працює в режимі реального часу і визначення моменту сили довільного м'язу можливо в будь-якій точці поверхні моделі очного яблука. Для визначення моменту сили краю косоного м'яза MOS необхідно, використовуючи маніпулятор типу "миша", встановити лівою клавішею точку  $M$  на поверхні моделі очного яблука. У вікні 2 (рис.5.7) встановити позначку "Точка  $M$ ", і вибрати тип необхідного м'яза, в даному випадку це MOS. Автоматично відбувається побудова вектора сили тяги в точці  $M$ . У вікні 1 розраховуються проекції цього моменту сили відносно кожної осі декартової системи координат. Лівою клавішею маніпулятора встановлюємо точку  $M'$  на тій самій довготі, що і точка  $M$ . Повільно змінюємо широту в меншу сторону до місця можливого пересадження м'яза MOS. Визначаємо момент сили точки  $M'$  (вікно 4). Проекція моменту сили точки  $M$  відносно осі  $OY$  складає 0.1812, а точки  $M'$  0.5635 (вікно 3). Від точки

$M$  до точки  $M'$  вертикальна дія м'яза MOS збільшується. Таким чином можна судити про зміну вертикальної дії м'яза MOS.

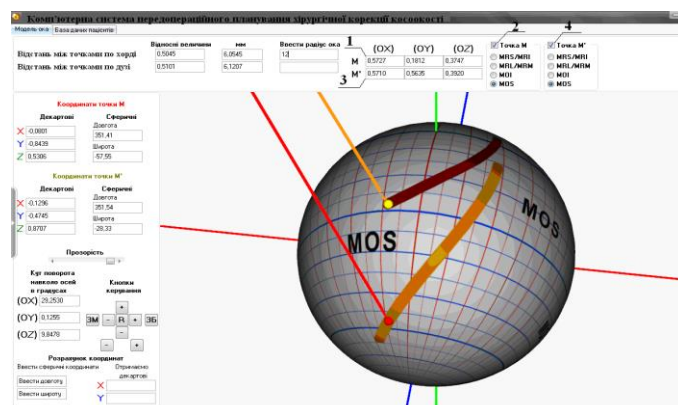


Рисунок 5– Визначення моментів сил косоного м'яза MOS у точках  $M$  і  $M'$ .

Приклад №4. Хворий М. 5 років, діагноз V-синдром. Передопераційне планування має наступний вигляд. Для роботи комп'ютерної системи необхідно мати наступні дані для роботи: кут відхилення від первинної позиції (кут косоокості) та радіус ока. Методом призменної страбометрії визначено кут косоокості –  $10^\circ$  (при погляді униз, відхилення до носу), ультразвуковим дослідженням визначено радіус очного яблука – 12мм.

Після запуску комп'ютерної системи з'являється робоче вікно з зображенням моделі очного яблука із нанесеною на його поверхню координатною сіткою сферичної системи координат з кроком 5 град. та осями тривимірної декартової прямокутної системи координат. На поверхні моделі зображено також основні анатомічні деталі: зони прикріплення окоорухових м'язів та межі рогівки. У вікно 2 необхідно ввести радіус ока в міліметрах, в даному випадку – 12. Далі необхідно зайти в меню "Передопераційне планування" – 1. У новому вікні (рис.5.8) необхідно ввести кут косоокості в градусах, в даному випадку – 10 (вікно 3). В меню "Очікувана гіперфункція м'яза" обирається тип м'яза – MOS та "Очікуваний варіант хірургічного втручання" – рецесія. Якщо користувач не вибере тип м'яза, то комп'ютерна система зробить це автоматично, в залежності від кута відхилення відносно декартової осі  $(OX,OY,OZ)$ . Якщо користувач не може вибрати тип операції, комп'ютерна система обирає в залежності від величини кута девіації. Тобто при малих кутах косоокості тип операції, як правило – резекція. А при великих відповідно – рецесія. Далі необхідно натиснути кнопку "Виконати планування" (кнопка 9). У вікні 8 відобразиться результат планування – бмм. Тобто результат передопераційного планування V – синдрому з відхиленням в  $10$  град. – це резекція MOS бмм. Кнопкою 10 можна закрити передопераційне планування. В головному вікні можна наочно побачити процес планування з детальним розрахунком моментів сил. Між точками, які знаходяться на поверхні моделі очного яблука з

анатомічними утвореннями MOS, відстань становить бмм.

Комп'ютерна система пропонує оптимальний варіант рішення поставленої задачі. Якщо відхилення від первинної позиції (кут косоокості) відносно однієї осі декартової системи координат, то в цьому випадку будуть задіяні прямі м'язи, якщо відносно двох осей, то треба задіяти косі м'язи. Тобто комп'ютерна система аналізує вхідні дані і пропонує вирішити поставлене завдання починаючи з простого методу усунення косоокості і закінчуючи складним з мінімальним хірургічним втручання і мінімальним часом знаходження пацієнта під наркозом. Планувати оперативне втручання відразу на всіх окоорухових м'язах неможливо, оскільки це не тільки важко для хірурга, але й можливе виникнення ускладнень у пацієнта. Бувають випадки, коли проводити оперативне втручання на косих м'язах неможливо за рахунок ймовірності травмування зорового нерва і судин. Тому, дозування оперативних втручань проводять за декілька циклів.

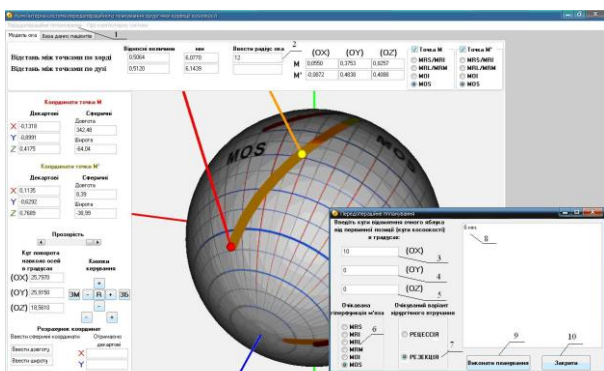


Рисунок 6 – Передопераційне планування з застосуванням комп'ютерної системи, діагноз V-синдром.

### III. ВИСНОВКИ

Основні результати полягають у тому, що:

- на основі аналізу існуючих моделей окоорухового апарату, методів та систем офтальмологічного хірургічного планування виявлено їх недоліки, основними з яких є використання спрощеного математичного апарату, що не враховує геометричні властивості і біологічні параметри очного яблука та відсутність адекватного комп'ютерного планування та прогнозування хірургічної корекції патології окоорухового апарату;

- для підвищення достовірності методів прогнозування оперативних втручань на окоорухових м'язах вдосконалено метод визначення координат прикріплення м'яза до поверхні очного яблука, який за рахунок визначення геометричних характеристик очного яблука дозволяє проводити комп'ютерне планування хірургічних втручань;

- вдосконалено метод розрахунку моментів сил окоорухових м'язів на поверхні моделі очного яблука, який дозволяє підвищити достовірність визначення результуючого моменту сили всього комплексу очних м'язів та визначити відхилення очного яблука від первинної позиції. Метод розглядає кріплення

м'яза до поверхні очного яблука не як точку, а як деяку протяжність. Виходячи з похибки апроксимації (менше 1%), протяжність з відповідними довжиною та шириною доцільно розподілити на п'ять прямокутників ділянок;

- удосконалено метод створення тривимірної моделі окоорухового апарату, який за рахунок введення геометричних властивостей очного яблука в офтальмологічній сферичній системі координат, дозволяє враховувати індивідуальну анатомічну мінливість при комп'ютерному плануванні хірургічних втручань;

- отримана регресійна модель статистичної залежності між кутом відхилення очного яблука від первинної позиції та обсягу резекції окоорухового м'яза є адекватною за критеріями Стюдента та Фішера (середня помилка не перевищує 10 %). Проведено дискримінантний аналіз між вихідними даними інтерактивного та комп'ютерного планування, за результатами якого зменшені ймовірності помилок при урахуванні площі м'язів та результуючого моменту сили на 14 % та 19 % відповідно. Це пояснюється врахуванням в математичній моделі додаткових топографо-анатомічних даних при визначенні ділянок прикріплення окоорухових м'язів.

Використання запропонованої комп'ютерної системи в передопераційному хірургічному плануванні за даними попередньої клінічної апробації дозволило підвищити ефективність хірургічного втручання на 27 %, також скорочується час перебування пацієнта під наркозом за рахунок підвищення швидкості та наочності отримання необхідних розрахунків.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Avrunin, O.G., Kukhareno, D.V., Romanyuk, S.O., ... Toygozhinova, A., Gromaszek, K. Computer system for forecasting surgery on the eye muscles. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, 2015, 9816, 98161G
- [2] Yevsieiev, V., Maksymova, S., & Alkhalailah, A. (2024). The Sobel algorithm implementation for detection an object contour in the mobile robot's workspace in real time.
- [3] Gurin, D., Yevsieiev, V., Maksymova, S., & Abu-Jassar, A. (2024). Effect of Frame Processing Frequency on Object Identification Using MobileNetV2 Neural Network for a Mobile Robot. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(8), 36-44.
- [4] Gurin, D., Yevsieiev, V., Maksymova, S., & Alkhalailah, A. (2024). MobileNetV2 Neural Network Model for Human Recognition and Identification in the Working Area of a Collaborative Robot. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(8), 5-12.
- [5] Yevsieiev, V., Abu-Jassar, A., Maksymova, S., & Gurin, D. (2024). Human Operator Identification in a Collaborative Robot Workspace within the Industry 5.0 Concept. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 4(9), 95-105.