

УДК 617.3

Г.М. Кавалерский, профессор, д-р мед. наук,

*Клиника травматологии, ортопедии и патологии суставов Первого МГМУ им. И.М. Сеченова
ул. Большая Пироговская, 6, стр. 1, Москва, Российская Федерация, 119435*

E-mail: travmaorto@gmail.com

Е.И. Семенов, профессор, д-р техн. наук,

*Московский государственный индустриальный университет
ул. Автозаводская, д. 16, г. Москва, Российская Федерация, 115280*

E-mail: lvq1@mail.msiu.ru

А.П. Серeda, канд. мед. наук,

*Клиника травматологии, ортопедии и патологии суставов Первого МГМУ им. И.М. Сеченова
ул. Большая Пироговская, 6, стр. 1, Москва, Российская Федерация, 119435*

E-mail: travmaorto@gmail.com

А.В. Лычагин, доцент, канд. мед. наук,

*Клиника травматологии, ортопедии и патологии суставов Первого МГМУ им. И.М. Сеченова
ул. Большая Пироговская, 6, стр. 1, Москва, Российская Федерация, 119435*

E-mail: info@travmaplecha.ru

В.Ю. Лавриненко, доцент, канд. техн. наук

*Московский государственный индустриальный университет
ул. Автозаводская, д. 16, г. Москва, Российская Федерация, 115280*

E-mail: lvq1@mail.msiu.ru

А.С. Айрапетян, доцент, канд. техн. наук

*Московский государственный индустриальный университет
ул. Автозаводская, д. 16, г. Москва, Российская Федерация, 115280*

E-mail: asayr@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МАЛОИНЕРЦИОННОГО МЕДИЦИНСКОГО МОЛОТКА

Представлены результаты экспериментального исследования операций эндопротезирования коленного и тазобедренного суставов с применением малоинерционного медицинского молотка Кавалерского – Семенова. Установлено, что при ударе малоинерционным медицинским молотком происходит увеличение времени ударного взаимодействия основной части молотка с ударяемой поверхностью рашпиля и уменьшается отскок молотка по сравнению с ударом стандартным молотком, что повышает эффективность удара, облегчает работу хирурга с молотком и уменьшает риски по травмированию.

***Ключевые слова:** эндопротезирование коленного и тазобедренного суставов, малоинерционный медицинский молоток, высокоскоростная видеосъемка, удар.*

Введение

Многие травматолого-ортопедические операции хирург выполняет с использованием медицинского молотка, который применяют для различных манипуляций с костью (остеотомия, остеоклазия, остеоперфорация, разработка интрамедуллярного канала рашпилем и т.д.), а также для введения имплантатов (установка компонентов эндопротезов суставов, введение интрамедуллярных штифтов).

При этом применение медицинского молотка должно обеспечивать максимальную эффективность удара, а также быть безопасным как для пациента, так и для хирурга. С этой целью к выпускаемым молоткам предъявляются требования эргономичности, обеспечивающие удобство хирурга при работе: молоток должен быть сбалансированным по массе выполняемой манипуляции, иметь удобную нескользкую ручку, не вибрировать при отскоке после удара и быть достаточно прочным, чтобы не происходило механического разрушения молотка, особенно в месте перехода ручки в ударную часть.

Все существующие молотки отличаются друг от друга по этим эргономическим параметрам. Мини-молотки и легкие молотки имеют массу от 113 г до 400 г (молотки Lucae, Hajek, Partsch, Cottle, Collin, Gerzog, Cloward, Crane и т.д.). Ударная часть этих молотков изготавливается целиком из стали, может иметь свинцовый сердечник, иногда ударная поверхность имеет нейлоновую накладку. Ручка может быть стальной или из полимерных пластмасс. Существуют легкие молотки, изготовленные целиком из пластмассы.

Средние молотки имеют массу более 400 г (молотки Bergman, Kirk), ударная часть может быть утяжеленной (заполненной свинцом), так и облегченной (заполненной латунью у молотка Kirk). Эргономичная ручка у этих молотков может быть как металлической, так и полимерной.

Тяжелые молотки имеют массу более 700 г (молотки Ombredanne, Heath, He-Man и т.д.) и именно эти молотки чаще всего используются хирургами при выполнении операций эндопротезирования, поскольку разработка интрамедуллярного канала рашпилем под форму имплантата требует значительных физических усилий.

Решение вопроса увеличения эффективности удара в большинстве случаев решается путем увеличения массы молотка, однако увеличение массы приводит к физической усталости хирурга и росту числа ошибок. В частности, уставший при работе тяжелым молотком хирург может не только промахиваться, но и совершать удары с отклонением от нужной оси, что может привести к травмированию. Для минимизации риска ошибки хирурга в 1927 году Horace C. Pitkin предложил специальный пневматический молоток [1], несомненными минусами которого является высокая цена и ненадежность.

Методика экспериментальных исследований

В данной работе при проведении операций эндопротезирования коленного и тазобедренного суставов использовали стандартный медицинский молоток и предлагаемый нами малоинерционный медицинский молоток Кавалерского-Семенова [2]. Конструкция малоинерционного медицинского молотка (рисунок 1) состоит из основной части 2 (длиной H и диаметром D), выполненной из нержавеющей стали или соответствующего сплава, в которой имеется внутренняя полость. Во внутреннюю полость помещают стальные шарики 4 диаметром 2 мм через отверстие, в котором с помощью сварки 3 крепится ручка 1.

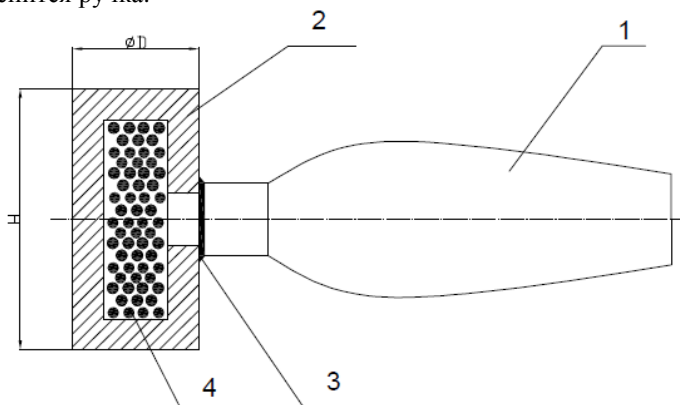


Рисунок 1 – Малоинерционный медицинский молоток Кавалерского – Семенова:
1 – ручка; 2 – основная часть; 3 – сварка; 4 – стальные шарики

Общая масса малоинерционного медицинского молотка составляла 630 г, в том числе: масса шариков – 45 г; масса основной части молотка 365 г; масса ручки 220 г. Уменьшение массы молотка переводит его в класс средних молотков, при этом по эффективности удара он соответствует классу тяжелых молотков.

Предлагаемый малоинерционный медицинский молоток работает следующим образом. При ударе основной части 2 стальные шарики 4 будут двигаться внутри основной части 2 в сторону движения основной части молотка. После окончания удара стальные шарики продолжают давить в ту же сторону, тем самым замедляя отскок основной части молотка и увеличивая время взаимодействия с ударяемой поверхностью, что приводит к повышению эффективности удара.

Общая масса стандартного медицинского молотка составляла также 630г.

Для исследования особенностей процесса удара при операциях эндопротезирования проводили высокоскоростную видеосъемку удара стандартным медицинским молотком (рисунок 2) и малоинерционным медицинским молотком Кавалерского-Семенова (рисунок 3).

Видеосъемку проводили с помощью высокоскоростной цифровой видеокамеры FastVideo-250. При этом все данные в непрерывном режиме со скоростью 660 Мбит/с поступали через внешний переходник (фреймграббер) в оперативную память компьютера.

Съемку проводили с частотой кадров 1500 кадров в секунду. При этом продолжительность одного кадра составила $6,67 \cdot 10^{-4}$ с, а размер получаемого видеоизображения – 248×191 пикселей. Также были приняты следующие параметры настройки камеры: автокалибровка, уровень черного – 70 (26,3 %), экспозиция 328 мкс. Запись данных в AVI – видеофайл проводили со скоростью 10 кадров / сек.

В ходе выполнения операций, не меняя условия применения молотка, три раза хирургом было поведено поочередно 3 удара стандартным и малоинерционным медицинским молотком. Для определения положения молотка относительно ударяемой поверхности в зоне соударения была установлена линейка (рисунки 2 и 3).

При завершенні кожного досліджуваного процесу відеозйомку зупиняли і проводили обробку отриманих відеоізображень в форматі AVI, з допомогою базового програмного забезпечення V500, яке дозволяє визначати координати об'єкта на досліджуваному відеоізображенні.



а) б)
Рисунок 2 – Кадры скоростной видеосъемки операции эндопротезирования коленного сустава с применением стандартного медицинского молотка: а) начальный этап удара; б) ударное взаимодействие молотка с ударяемой поверхностью рашпиля с отскоком 3 мм



а) б)
Рисунок 3 – Кадры скоростной видеосъемки операции эндопротезирования коленного сустава с применением малоинерционного медицинского молотка: а) начальный этап удара; б) ударное взаимодействие молотка с ударяемой поверхностью рашпиля без отскока

Результаты исследований

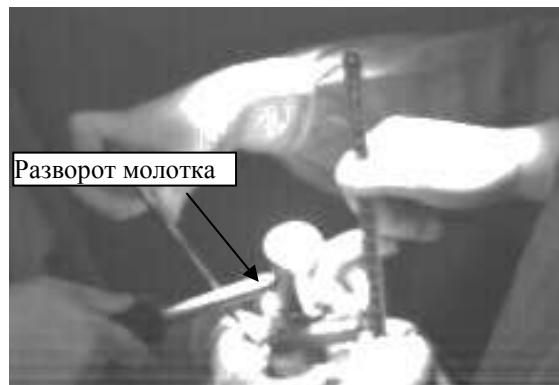
Проведенный анализ полученных видеоизображений позволил определить некоторые параметры удара, представленные в таблице 1: время ударного взаимодействия основной части молотка с ударяемой поверхностью и величину отскока молотка.

Установлено, что при ударе малоинерционным медицинским молотком происходит увеличение времени ударного взаимодействия основной части молотка с ударяемой поверхностью рашпиля (от 9 до 17 раз) и отсутствует отскок молотка по сравнению с ударом стандартным молотком, что повышает эффективность удара. Однако увеличение времени ударного взаимодействия основной части молотка с поверхностью рашпиля не окажет существенное влияние на общее время удара от начала поднятия молотка и до завершения удара.

Установлено, что при ударе стандартным медицинским молотком в момент касания молотка происходит разворот молотка от оси удара (рисунок 4), что приводит к неправильному распределению вектора удара, нежелательному травмированию кости, к потере энергии удара и, соответственно, к снижению эффективности удара.

Таблица 1 – Некоторые параметры удара при использовании стандартного и малоинерционного медицинского молотка

| № удара | Малоинерционный молоток | | Стандартный молоток | |
|---------|----------------------------------|------------|----------------------------------|------------|
| | Время ударного взаимодействия, с | Отскок, мм | Время ударного взаимодействия, с | Отскок, мм |
| 1 | 0,045 | 0 | 0,003 | 3 |
| 2 | 0,084 | 0 | 0,008 | 3 |
| 3 | 0,18 | 0 | 0,02 | 3 |



а) момент касания молотка ударяемой поверхности; б) разворот молотка от оси удара

Заключение

Предлагаемый малоинерционный медицинский молоток Кавалерского-Семенова уменьшает отскок основной части молотка, увеличивает время взаимодействия основной части молотка с обрабатываемой поверхностью и увеличивает соосность вектора удара, что повышает эффективность удара, облегчает работу хирурга с молотком и уменьшает риски по травмированию за счет отклонения от оси удара.

Библиографический список использованной литературы

1. Pitkin H.C. A Pneumatic Hammer For Bone Surgery / H.C. Pitkin // J Bone Joint Surg Am. — 1927 Jul. — 9 (3):505-514.
2. Молоток. Патент на полезную модель № 129376. Г.М. Кавалерский, Е.И. Семенов, И.Е. Семенов, А.Е.Феофанова. — 2013. Бюл. № 18.

Поступила в редакцию 18.01.2014 г.

Кавалерський Г.М., Семенов Е.І., Серета А.П., Лычагин А.В., Лавриненко В.Ю., Айрапетян А.С. Дослідження операцій ендопротезування при використанні малоінерційного медичного молотка

Представлені результати експериментального дослідження операцій ендопротезування колінного й тазостегнового суглобів із застосуванням малоінерційного медичного молотка Кавалерського-Семенова. Установлене, що при ударі малоінерційним медичним молотком відбувається збільшення часу ударної взаємодії основної частини молотка з наголошеною поверхнею рашпіля й відсутній відскік молотка в порівнянні з ударом стандартним молотком, що підвищує ефективність удару, полегшує роботу хірурга з молотком і зменшує ризики по травмуванню.

Ключові слова: ендопротезування колінного й тазостегнового суглобів, малоінерційний медичний молоток, високошвидкісна відеозйомка, удар.

**Kavalersky G.M, Semenov E.I., Sereda A.P., Lychagin A.V., Lavrinenko V.Yu., Ayrapetyan A.S.
Research of endoprosthesis procedures by using of low-inertial medical hammer**

Results of experimental research during endoprosthesis surgery replacement of knee and hip joint by using of low-inertial medical hammer of Kavalersky – Semenov are presented. There was increasing of impact time and decreasing of rebound of hammer during using of low-inertial medical hammer in comparison with standard medical hammer. It allows to increase efficiency of impact, facilitate operations of surgeon with hammer and decrease of trauma risks.

Keywords: endoprosthesis replacement of knee and hip, low-inertial medical hammer, high-speed video filming, impact.