

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 9059

(13) С1

(46) 2007.04.30

(51)⁷ G 01N 11/00, 19/02,
A 61B 5/05

(54)

СПОСОБ ОЦЕНКИ СМАЗОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ СИНОВИАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ

(21) Номер заявки: а 20040381

(22) 2004.04.29

(43) 2005.12.30

(71) Заявитель: Государственное научное учреждение "Институт механики металлополимерных систем имени В.А.Белого Национальной академии наук Беларуси" (ВУ)

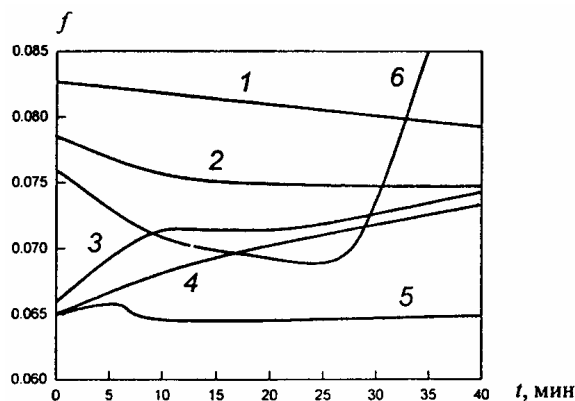
(72) Авторы: Пинчук Леонид Семенович; Чернякова Юлия Михайловна; Кадолич Жанна Владимировна; Николаев Владимир Иванович; Цветкова Елена Александровна; Ермаков Сергей Федорович; Белоенко Евгений Дмитриевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Государственное научное учреждение "Институт механики металлополимерных систем имени В.А.Белого Национальной академии наук Беларуси" (ВУ)

(56) Ермаков С.Ф. Жидкие кристаллы в технике и медицине. - Мн.: Асар, М.: ЧеРо, 2002. - С. 75-82.
ВУ 3269 С1, 2000.
SU 1411647 А1, 1988.
FI 66695 В, 1984.

(57)

Способ оценки смазочной способности синовиальной жидкости, включающий измерение параметров затухания колебаний маятника маятникового трибометра, между призмой и опорой которого помещена проба исследуемой жидкости, построение зависимости величины коэффициента трения жидкости, определенной по измеренным параметрам затухания, от времени, сравнение полученной зависимости с заранее построенными на том же трибометре аналогичными зависимостями для природной синовиальной жидкости и определение смазочной способности по результатам сравнения, **отличающийся** тем, что в течение времени колебаний маятника на пробу исследуемой жидкости воздействуют постоянным магнитным полем заранее определенной напряженности, при которой величина коэффициента трения синовиальной жидкости здорового человека практически не зависит от времени указанного воздействия.



ВУ 9059 С1 2007.04.30

ВУ 9059 С1 2007.04.30

Изобретение относится к области исследования биологических жидкостей с целью определения их химических и физических свойств, а также измерения параметров трения в подвижных соединениях, смазываемых этими жидкостями.

Содержащаяся в синовиальных суставах жидкость представляет собой уникальную по композиционному составу и физико-химическим характеристикам смазочную среду. Она в значительной мере обуславливает аномально низкое трение в естественных здоровых суставах и их рекордную износостойкость, не имеющую аналогов в природе. Параметры смазочной прослойки в здоровом суставе самопроизвольно оптимизируются по критериям трибологии благодаря наличию в синовиальной жидкости (СЖ) жидкокристаллических компонентов, чувствительных к воздействию биофизического поля организма. Такая оптимизация происходит путем "включения" специфических механизмов смазки, которые свойственны только синовиальным суставам. Смазочная способность СЖ изменяется при заболеваниях суставов, и тогда некоторые из этих механизмов перестают работать. Поэтому актуальна разработка метода, позволяющего комплексно оценить способность СЖ реализовать механизмы смазки, присущие здоровому суставу, прежде всего иницируемые действием физических полей.

Известен способ анализа биологических жидкостей [1], заключающийся в капиллярном электрофоретическом разделении пробы жидкости на фракции, проведении с ними специфических ферментативных реакций и анализе зависимостей скорости электрофореза от электрических свойств фракций.

Недостаток способа - сложность его операций, не исключающая применения методов химического анализа фракций.

Предложен способ определения реологических свойств суспензий [2]. Пробу суспензии помещают в контейнер и перемешивают. В процессе перемешивания контейнер перемещается под действием сил инерции. Реологические свойства суспензии определяют по зависимости смещения от вращающего момента перемешивания. Похожий принцип лежит в основе способа определения изменений вязкости сред, перемешиваемых с помощью магнитной мешалки [3]. Скорость вращения электродвигателя, приводящего в движение стержневой магнит мешалки, поддерживают постоянной. Изменения вязкости среды оценивают регистрируя нагрузку на электродвигателе. Способ определения вязкоупругих свойств жидкостей [4] состоит в том, что каплю жидкости сжимают между двумя параллельными пластинами, одна из которых совершает синусоидальные колебания по нормали к плоскости пластин. Динамический модуль упругости жидкости вычисляют по результатам измерения радиуса сжатого слоя жидкости, силы, обуславливающей колебания пластины, и параметров колебания.

Недостатки этих способов состоят в том, что реологические свойства жидкостей, в том числе проявляющиеся при воздействии физических полей, являются лишь одним из множества факторов, определяющих их смазочную способность.

Способ контроля изнашивания деталей машин [5] основан на измерении концентрации ферромагнитных частиц износа в пробах смазочной жидкости с помощью электромагнитного поля. Он имеет ограниченное применение в ортопедии, главным образом, как инструмент для оценки кинетики изнашивания эндопротезов, снабженных металлическими деталями трения, и дает лишь косвенную информацию о смазочной способности СЖ, в которой работает эндопротез.

Способ измерения вязкости жидкости [6] реализуется путем трения шарового индентора, во-первых, об исследуемую жидкость и, во-вторых, о кольцевое контртело, ограничивающее траекторию движения индентора. Для этого индентор из магнитного материала помещают в жидкость, налитую в стакан, приводят его в круговое движение по стенке стакана с помощью вращающегося магнитного поля. Величина поля, скорость индентора и угол запаздывания его вращения относительно поля являются исходными величинами для расчета вязкости жидкости.

Недостаток способа состоит в том, что трение шарового индентора, имеющего точечный контакт со стенкой стакана, происходит в жидкостном режиме смазки. Сила такого трения составляет незначительную часть вязкого сопротивления жидкости перемещению индентора и не регистрируется.

Прототипом изобретения служит способ оценки смазочной способности жидких сред, описанный в [7]. Определяют параметры затухания колебаний маятника, призма которого опирается на опору, смазываемую исследуемой жидкостью. Амплитуду и частоту колебаний маятника регистрируют оптическим методом с помощью фотоэлемента, на который направляют световой луч, пересекаемый колеблющимся маятником. Достоинством способа является то, что он реализуется с помощью лишь одной - исследуемой - пары трения.

Недостаток прототипа состоит в том, что с его помощью нельзя воспроизвести механизмы смазки, свойственные естественным суставам, которые реализуются в биофизическом поле живого организма.

Задачи, на решение которых направлено изобретение:

1) выбрать метод воздействия на опору маятникового трибометра, моделирующий биофизическое поле человека;

2) оценить изменение кинетики затухания колебаний маятника, вызванное воздействием на смазочную прослойку внешнего физического поля;

3) установить критерий для сравнения смазочных сред и здоровой СЖ по работоспособности в биофизическом поле.

Поставленные задачи решаются тем, что известный способ оценки смазочной способности синовиальной жидкости, включающий измерение параметров затухания колебаний маятника маятникового трибометра, между призмой и опорой которого помещена проба исследуемой жидкости, построение зависимости величины коэффициента трения жидкости, определенной по измеренным параметрам затухания, от времени, сравнение полученной зависимости с заранее построенными на том же трибометре аналогичными зависимостями для природной синовиальной жидкости и определение смазочной способности по результатам сравнения, дополнен новыми операциями. В течение времени колебаний маятника на пробу исследуемой жидкости воздействуют постоянным магнитным полем. Напряженность поля выбирают такой, чтобы величина коэффициента трения синовиальной жидкости здорового человека практически не зависела от времени воздействия.

Сущность изобретения состоит в том, что здоровая СЖ является средой, чувствительной к воздействию электромагнитного поля. Свойственная здоровой СЖ зависимость коэффициента трения в опоре маятника от времени воздействия поля соленоида на смазочную прослойку является эталоном. Отклонения от него свидетельствуют о патологии СЖ, т.е. о вызванных заболеваниями изменениях ее состава, пространственной структуры надмолекулярных образований и магнитной восприимчивости, которые определяют смазочную способность синовии. Способ позволяет оценить степень адекватности, с которой искусственные аналоги СЖ моделируют присущие естественной синовии трансформации структуры смазочного слоя в биофизическом поле сустава.

Приведем примеры осуществления способа.

Испытания проводили с помощью маятникового трибометра. Его пара трения состоит из опоры, выполненной из сертифицированного для ортопедии сверхвысокомолекулярного полиэтилена, и несущей маятник треугольной призмы (сталь марки 12Х18Н9), грань которой, контактирующая с опорой, закруглена с радиусом $r = 2,5$ мм. Испытания проводили при массе маятника $m = 2,0$ кг и скорости скольжения $v = 1,0$ м/с, что соответствует средней физиологической нагрузке на коленный сустав человека.

Опора трибометра окружена катушкой соленоида (количество витков $n = 600 \pm 2$, диаметр проволоки $d = 0,07$ мм, диаметр катушки $D = 21$ мм). Напряженность магнитного поля в опоре трибометра регулировали с помощью источника тока, соединенного с соленоидом.

ВУ 9059 С1 2007.04.30

Пробы СЖ отбирали в асептических условиях из коленных суставов пациентов с различной суставной патологией до начала лечения. СЖ извлекали из сустава путем забора в шприц при проведении лечебно-диагностических пункций или во время операций (артроскопия, артротомия). Патологически измененную СЖ сравнивали с синовией, взятой из условно здорового коленного сустава (возраст пациента - 35 лет, соматически здоров, при диагностической артроскопии изменений в суставе не обнаружено). В качестве искусственной СЖ использовали средство "Synvisc", которое рекламируется фирмой-изготовителем (Biomatrix Inc., Англия) как эндопротез СЖ.

Пробу СЖ из шприца помещали в цилиндрическую канавку опоры маятника и приводили в движение. С помощью оптической системы регистрации колебаний маятника, соединенной с компьютерным блоком программного обеспечения трибометра, регистрировали коэффициент трения f в исследуемой паре. Затем включали соленоид и определяли значения f спустя некоторое время t с момента включения с периодичностью 5-10 мин.

В процессе предварительных экспериментов было обнаружено, что физиологический раствор и другие низкомолекулярные смазочные жидкости не реагируют на воздействие электромагнитного поля: f не изменяется при включении - выключении соленоида. При смазке опоры трибометра СЖ, взятой из условно здорового сустава, значения f экспоненциально уменьшаются в зависимости от времени воздействия поля. Разница между начальным и экспоненциально установившимися значениями f зависит от напряженности магнитного поля в опоре трибометра. Последовательно уменьшая ток в соленоиде, определяли пороговое значение напряженности магнитного поля $H = 1,2$ кА/м, при котором f в исследуемой паре, смазываемой СЖ из условно здорового сустава, остается практически постоянным. Именно такие поля считают целесообразным применять при терапевтическом воздействии на синовиальные суставы.

На фигуре представлены зависимости f в паре трения маятникового трибометра от времени воздействия поля соленоида при смазке опоры маятника синовиальными жидкостями следующих типов:

- 1 - взята из сустава с острым синовитом,
- 2 - дегенеративно-дистрофический процесс в стадии обострения,
- 3 - болезнь Бехтерева,
- 4 - ревматоидный артрит,
- 5 - взята из условно здорового сустава,
- 6 - "Synvisc".

Графики построены по точкам, представляющим собой средние значения не менее, чем 10 независимых измерений.

Результаты, полученные с помощью способа-прототипа, представлены совокупностью исходных значений f_0 (при $t = 0$). Их анализ показывает, что минимальные значения f_0 соответствуют СЖ, взятым из условно здорового сустава (кривая 5) и сустава, пораженного ревматоидным артритом. Остальные исследованные СЖ уступают им по величине f_0 .

Результаты, полученные предложенным способом, более информативны и свидетельствуют о следующем. Можно выделить три вида кинетических зависимостей $f(t)$, для каждого из которых характерна однотипная реакция на воздействие магнитного поля:

нейтральная - присуща условно здоровой СЖ (кривая 5);

"нисходящая" - СЖ из суставов, пораженных дегенеративно-дистрофическим процессом (кривые 1 и 2 - острый и хронический синовит);

"восходящая" - СЖ из суставов с воспалительными процессами иммунного характера (3 и 4 - болезнь Бехтерева и ревматоидный артрит).

Искусственная СЖ "Synvisc" проявляет признаки двух последних групп СЖ.

Анализ этих результатов приводит к следующим заключениям.

Надмолекулярная структура СЖ, взятой из условно здоровых суставов, упорядочена и уравновешена. Поэтому магнитное поле практически не влияет на структуру смазочной прослойки и смазочные свойства СЖ при исследованных режимах трения (кривая 5).

ВУ 9059 С1 2007.04.30

При неиммунных дегенеративно-воспалительных процессах в суставах состав и структура СЖ изменяются. Значительно уменьшается концентрация основного смазочного компонента СЖ - гиалуроновой кислоты (ГУК). Можно представить, что под действием магнитного поля смазочные компоненты перераспределяются в смазочной прослойке таким образом, что последняя начинает работать более эффективно (1 и 2).

Воспалительные процессы иммунного характера также обуславливают снижение в СЖ концентрации ГУК. Однако в белковой составляющей такой СЖ преобладают патологические формы макромолекул - ревматоидный фактор, С-реактивный белок, фибриноген, серомукоид и др. Они образуют с ГУК и с жидкокристаллической фазой СЖ ассоциаты, не обеспечивающие должный смазочный эффект. Этот процесс ускоряется при воздействии магнитного поля (3 и 4).

По начальному значению f "Synvisc" уступает здоровой СЖ и находится на уровне СЖ, пораженной неиммунными воспалительными процессами. При воздействии магнитного поля f вначале снижается аналогично кривым 1 и 2, однако затем возрастает, причем более резко, чем при иммунных воспалениях суставов (кривые 3 и 4). Приведенные результаты свидетельствуют о том, что задачи, поставленные при создании изобретения, решены.

Предложенный способ найдет применение в медицине как клинический экспресс-метод диагностики заболеваний суставов, а также в фармакологии и медицинской технике как инструмент для оценки эффективности разрабатываемых лекарств, которые предназначены для инъекций в суставы, и искусственных СЖ.

Источники информации:

1. Патент WO 9528637, МПК G 01N 27/447, 1995.
2. Патент USA 5321974, МПК G 01N 11/14, 1994.
3. Патент DE 4339328, МПК G 01N 11/14, 1995.
4. Патент USA 5253513, МПК G 01N 11/16, 1993.
5. Патент GB 2269235, МПК G 01N 15/06, 1994.
6. Патент USA 5394739, МПК G 01N 11/12, 1995.
7. Ермаков С.Ф., Родненков В.Г., Белоенко Е.Д., Купчинов Б.И. Жидкие кристаллы в технике и медицине. - Мн.: ООО "Асар", М.: ООО "ЧеРо", 2002 (прототип).