

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **042302**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.02.01

(51) Int. Cl. *A61B 5/08* (2006.01)
G16H 50/30 (2006.01)

(21) Номер заявки
202100108

(22) Дата подачи заявки
2021.02.22

(54) СПОСОБ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДИСФУНКЦИИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ МУСКУЛАТУРЫ У ПАЦИЕНТА С НАЛИЧИЕМ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ХРОНИЧЕСКОГО БРОНХИТА, ХРОНИЧЕСКОЙ ОБСТРУКТИВНОЙ БОЛЕЗНИ ЛЁГКИХ И ПНЕВМОКОНИОЗА

(43) **2022.08.31**

(56) RU-C2-2431444
US-A-5448995

(96) **2021/EA/0011 (BY) 2021.02.22**

(71)(72)(73) Заявитель, изобретатель и патентовладелец:

**КРУМКАЧЕВА АННА ЮРЬЕВНА;
АЛЕКСЕЙЧИК СЕРГЕЙ
ЕВГЕНЬЕВИЧ (BY)**

КРУМКАЧЕВА А.Ю. Выявление дисфункции дыхательной мускулатуры и оценка параметров качества жизни у пациентов с профессиональными заболеваниями органов дыхания. БГМУ в авангарде медицинской науки и практики, выпуск 10, 2020, стр. 51-55

АБРОСИМОВ В.Н. и др.: Респираторная мышечная дисфункция и ее диагностика у больных с хронической обструктивной болезнью легких. Клиническая геронтология, 6, 2008, стр. 38-43

КУРПАТОВ И.Г. и др.: Результаты оценки силы дыхательных мышц у больных с различными вариантами коморбидности хронической обструктивной болезни легких. Терапевтический архив, 3, 2020, стр. 7-12

ROCHESTER Dodley F. et al.: Respiratory Muscle Strength in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. Am Rev Respir Dis. 1979, 119(2 Pt 2), pp. 151-154

(57) Изобретение относится к медицине, к разделу внутренних болезней, и позволяет осуществить прогнозирование возможности возникновения дисфункции дыхательной мускулатуры у пациента с наличием профессиональных заболеваний органов дыхания за счёт того, что на основании определения абсолютных показателей-маркёров развития дисфункции дыхательной мускулатуры предложено вычислить итоговый прогностический коэффициент и на его основе спрогнозировать вероятность развития указанной дисфункции.

B1

042302

042302 B1

Изобретение относится к медицине, к разделу внутренних болезней, и может быть использовано для прогнозирования возможности возникновения дисфункции дыхательной мускулатуры у пациента с наличием профессиональных хронического бронхита (ХПБ) и хронической обструктивной болезни лёгких (ПХОБЛ), пневмоконоза (Пн). Дисфункция периферической и дыхательной мускулатуры-одна из возможных причин функциональных нарушений у пациентов с пылевыми заболеваниями органов дыхания, проявляющихся снижением толерантности к физическим нагрузкам и прогрессированием дыхательной недостаточности. К данным изменениям могут привести дегенеративно-дистрофические изменения в скелетных мышцах функционального (вследствие снижения силы и выносливости мышц) и органического характера (вследствие нарушения соотношения миофибрилл), а также вовлечение в патологический процесс на раннем этапе основной и вспомогательной дыхательной мускулатуры [8]. В связи с этим прогнозирование вероятности развития дисфункции дыхательной мускулатуры у пациентов с наличием профессиональных хронического бронхита и хронической обструктивной болезни лёгких, пневмоконоза является очень актуальным.

1) Известен способ, заключающийся в том, что при помощи датчика, определяющего потенциал активности основных и вспомогательных дыхательных мышц, построенной на основании полученных результатов электромиограммы и разработанной компьютерной программы, обрабатывают полученную информацию и делают вывод об имеющемся отклонении от нормы в работе основных и вспомогательных дыхательных мышц. Данный способ является аналогом для заявляемого изобретения. Общим признаком для заявляемого способа и аналога является исследование функционального состояния дыхательных мышц у пациентов с различной патологией органов дыхания [20]. Однако способ-аналог не позволяет спрогнозировать возможность возникновения дисфункции дыхательной мускулатуры у пациента с наличием профессиональных заболеваний органов дыхания: хронического бронхита, хронической обструктивной болезни лёгких и пневмоконоза.

2) Известен способ оценки функционального состояния дыхательных мышц, заключающийся в том, что у пациентов с хронической обструктивной болезнью лёгких определяют дыхательную активность респираторных мышц путём обработки электромиографического сигнала, поступающего от межрёберных мышц. Указанный способ является аналогом заявленному способу. Общим признаком для заявляемого способа и аналога является исследование функционального состояния дыхательной мускулатуры [15]. Однако способ-аналог не позволяет определить прогноз возможности возникновения дисфункции дыхательной мускулатуры у пациента с наличием профессиональных хронического бронхита и хронической обструктивной болезни лёгких, пневмоконоза.

3) Также известен способ, позволяющий при помощи бронходилатационной пробы с применением β_2 -агонистов определить объём форсированного выдоха за 1 с ($ОФВ_1$), а пневмоманометра исследовать ротовое давление $P_{вд}$ при максимальном инспираторном усилии в кило Паскалях (кПа), затем при помощи дискриминантного уравнения $D=6,442 \times P_{вд} + 2,488 \times ОФВ_1$, где D -дискриминантная функция спрогнозировать эффективность лечения коринфаром пациентов с недостаточностью дыхательных мышц [11]. Данный способ является аналогом для заявляемого изобретения. Общим признаком для заявляемого способа и аналога является исследование сократительной способности дыхательной мускулатуры путём определения ротового давления, функционального состояния дыхательной системы при помощи спирографии. Однако способ-аналог не позволяет определить прогноз вероятности развития дисфункции дыхательной мускулатуры у пациента с наличием профессиональных хронического бронхита и хронической обструктивной болезни лёгких, пневмоконоза.

4) Известен способ, повышающий достоверность оценки эффективности работы дыхательных мышц, используемой для прогнозирования уровня физической выносливости и работоспособности человека путём определения значения среднего экспираторного давления (MEP_{cp}) при максимально глубоких вдохе и выдохе с последующим вычислением средней индивидуальной нагрузки, равной 30% от MEP_{cp} , среднего значения амплитуды поверхностной электромиограммы (ПЭМГ) и индекса эффективности дыхательных мышц, равного отношению разности значений амплитуды ПЭМГ при исходной (равной максимальному экспираторному давлению) и средней нагрузках к отношению значения величины средней амплитуды к 30 [12]. Общим признаком для заявляемого способа и аналога является исследование функционального состояния дыхательной мускулатуры. Способ-аналог может быть использован для прогнозирования пригодности в профессиях, связанных с нагрузками на органы дыхания (например, в горнодобывающей промышленности, металлургии и других отраслях), однако не позволяет определить прогноз вероятности развития дисфункции дыхательной мускулатуры у пациента с профессиональными заболеваниями органов дыхания: хроническим бронхитом, хронической обструктивной болезнью лёгких и пневмоконозом.

5) Кроме этого известен способ прогнозирования вероятности развития профессиональной бронхиальной астмы путём определения следующих признаков: наличия в анамнезе ринита, крапивницы и другой аллергической реакции, родственников с отягощённым аллергологическим анамнезом, вредного фактора производства и связанных с ним симптомов "элиминации", "экспозиции" и "реэкспозиции", повышенного уровня общего иммуноглобулина Е в сыворотке крови с последующим оценением каждого

признака в баллах, суммированием всех баллов и установлением степени риска развития профессиональной бронхиальной астмы [13]. Данный способ является аналогом для заявляемого изобретения. Общим признаком для заявляемого способа и аналога является подсчёт каждого признака в баллах с последующим определением вероятности развития заболевания. Однако способ-аналог не позволяет осуществить прогноз вероятности развития дисфункции дыхательной мускулатуры у пациента с профессиональными заболеваниями органов дыхания: хроническим бронхитом, хронической обструктивной болезнью лёгких и пневмокониозом.

Заявителю не известен способ прогнозирования возможности возникновения дисфункции дыхательной мускулатуры у пациента с наличием профессиональных хронического бронхита и хронической обструктивной болезни лёгких, пневмокониоза, в силу чего не может быть указан объект, являющийся наиболее близким аналогом заявляемого способа.

Задачей заявляемого изобретения является создание способа прогнозирования возможности возникновения дисфункции дыхательной мускулатуры у пациента с наличием профессиональных хронического бронхита, хронической обструктивной болезни лёгких и пневмокониоза за счёт получения интегральной оценки показателей, являющихся предикторами развития нарушения функционального состояния дыхательной мускулатуры, что позволит практикующему врачу выбрать наиболее эффективный подход к лечению и профилактике спрогнозированного возникновения указанной патологии благодаря созданному алгоритму вычисления прогностического коэффициента.

Поставленная задача достигается следующим образом. У пациентов с наличием профессиональных хронического бронхита, хронической обструктивной болезни лёгких и пневмокониоза исследуют следующие количественные параметры: возраст на момент обследования, рост, вес, стаж во вредных условиях труда, стаж курения, индекс массы тела (ИМТ), окружности талии (ОТ), бёдер (ОБ), грудной клетки на вдохе и выдохе ($ОГК_{вд}$, $ОГК_{выд}$), плеча (ОП), запястья (ОЗ), максимальное мышечное усилие (ММУ), показатель мышечной выносливости (ПМВ), время удержания нагрузки в секундах ($t_{уд}$), показатель сатурации кислородом до и после 6-минутного шагового теста ($SpO_{2исх}$ и $SpO_{2кон}$), объём форсированного выдоха за 1-ую секунду ($ОФВ_1$), жизненная ёмкость лёгких (ЖЕЛ), отношение объёма форсированного выдоха за 1-ую секунду к форсированной жизненной ёмкости лёгких $ОФВ_1/ФЖЕЛ$, С-реактивный белок. Далее путём последовательного статистического анализа Вальда отбирают 9 маркёров: ИМТ, ОБ, ОТ, ОЗ, ЖЕЛ, $ОФВ_1/ФЖЕЛ$, $SpO_{2исх}$, ММУ, $t_{уд}$, которые сводят в общую таблицу (см. ниже). После чего определяют прогностический коэффициент (ПК) для каждого исследуемого признака по формуле: $ПК = 10 \cdot \lg(P_1/P_2)$, где ПК - прогностический коэффициент, \lg - десятичный логарифм отношения правдоподобия, P_1 - частота исследуемого признака в процентах (%) у пациентов с наличием дисфункции дыхательных мышц, P_2 - частота исследуемого признака в % у пациентов без наличия дисфункции дыхательных мышц [5]. ПК с положительным значением увеличивает вероятность развития дисфункции дыхательных мышц, а с отрицательным - уменьшает. Чем больше значение абсолютного числа, тем выше информативность ПК. Таким образом, в системе ИМТ при маркёре ИМТ менее 25 устанавливают ПК, равный +4, при маркёре ИМТ=25-29 устанавливают ПК, равный (-1), при маркёре ИМТ=30-34 устанавливают ПК, равный (-3), при маркёре ИМТ=35 и выше устанавливают ПК, равный (-1). В системе ОБ при маркёре ОБ=90 и менее устанавливают ПК, равный +2, при маркёре ОБ=91-110 устанавливают ПК, равный (-1), при маркёре ОБ=111 и более устанавливают ПК, равный (+5). В системе ОТ при маркёре ОТ=84 и менее устанавливают ПК, равный (+1), при маркёре ОТ=85-99 устанавливают ПК, равный (+2), при маркёре ОТ=100-109 устанавливают ПК, равный (-4), при маркёре ОТ=110 и более устанавливают ПК, равный 0. В системе ОЗ при маркёре ОЗ =15 и менее устанавливают ПК, равный (-6), при маркёре ОЗ более 15 устанавливают ПК, равный (+2). В системе ЖЕЛ при маркёре ЖЕЛ менее 50 устанавливают ПК, равный (-2), при маркёре ЖЕЛ=50-59 устанавливают ПК, равный (-3), при маркёре ЖЕЛ=60-69 устанавливают ПК, равный (+6), при маркёре ЖЕЛ=70-84 устанавливают ПК, равный (+2), при маркёре ЖЕЛ более 84 устанавливают ПК, равный (-6). В системе $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ при маркёре $ОФВ_1/ФЖЕЛ=50$ и менее устанавливают ПК, равный (+3), при маркёре $ОФВ_1/ФЖЕЛ=51-60$ устанавливают ПК, равный (+3), при маркёре $ОФВ_1/ФЖЕЛ=61-70$ устанавливают ПК, равный (-3), при маркёре $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ более 70 устанавливают ПК, равный 0. В системе $SpO_{2исх}$ при маркёре $SpO_{2исх}$ менее 95 устанавливают ПК, равный (+5), при маркёре $SpO_{2исх}=95$ и более устанавливают ПК, равный (-1). В системе ММУ при маркёре ММУ=30 и менее устанавливают ПК, равный (+4), при маркёре ММУ=31-40 устанавливают ПК, равный (-1), при маркёре ММУ=41 и более устанавливают ПК, равный (-2). В системе $t_{уд}$ при маркёре $t_{уд}=60$ и менее устанавливают ПК, равный (+9), при маркёре $t_{уд}=61-100$ устанавливают ПК, равный (+7), при маркёре $t_{уд}=101-179$ устанавливают ПК, равный (-3), при маркёре $t_{уд}=180$ и более устанавливают ПК, равный (-5). Затем полученные баллы суммируют, и при значении итогового балла, равного 1 и менее, судят о низкой вероятности развития дисфункции дыхательных мышц, при значении итогового балла=2-7 судят о сомнительной вероятности развития дисфункции дыхательных мышц, при значении итогового балла=8-11 судят о высокой вероятности развития дисфункции дыхательных мышц, при значении итогового балла 12 и более судят об очень высокой вероятности развития дисфункции дыхательных мышц.

Таблица. Прогнозирование возможности возникновения дисфункции дыхательных мышц у пациентов с ХПБ, ПХОБЛ, ПН

Порядковый номер	Признак	Значение	P ₁ (%)	P ₂ (%)	ПК
1	Индекс массы тела, кг/м ²	Менее 25	40,9	15,8	+4
		25-29	27,3	31,6	-1
		30-34	22,7	42,1	-3
		35 и выше	9,1	10,5	-1
2	Окружность бёдер, см	90 и менее	9,1	5,3	+2
		91-100	31,8	36,8	-1
		101-110	40,9	52,6	-1
		111 и более	18,2	5,3	+5
3	Окружность талии, см	84 и менее	18,2	15,8	+1
		85-99	45,5	31,6	+2
		100-109	13,6	31,6	-4
		110 и более	22,7	21,1	0
4	Окружность запястья, см	15 и менее	9,1	36,8	-6
		Более 15	90,9	63,2	+2
5	ЖЕЛ, % от должного	Менее 50	10,5	15,4	-2
		50-59	15,8	30,8	-3
		60-69	31,6	7,7	+6
		70-84	36,8	23,1	+2
		Более 84	5,3	23,1	-6
6	ОФВ ₁ /ФЖЕЛ, % от должного	50 и менее	15,8	7,1	+3
		51-60	15,8	7,1	+3
		61-70	15,8	28,6	-3
		Более 70	52,6	57,1	0
7	SpO ₂ исх, %	Менее 95	26,7	9,5	+5
		95 и более	73,3	90,5	-1
8	ММУ, ДекаНьютон (Дан)	30 и менее	40,9	15,8	+4
		31-40	27,3	31,6	-1
		41 и более	31,8	52,6	-2
9	t _{уд} , сек	60 и менее	38,1	5,3	+9
		61-100	23,8	5,3	+7
		101-179	28,6	57,9	-3
		180 и более	9,5	31,6	-5

Заявителем на основании 115 проведённых исследований на базе отделения аллергологии и профпатологии было выявлено, что указанные маркёры могут быть использованы как предикторы развития дисфункции дыхательных мышц. Например, снижение жизненной ёмкости лёгких (ЖЕЛ) может развиваться вследствие уменьшения эластичных свойств лёгких и функциональной способности главной дыхательной мышцы вдоха-диафрагмы, осуществляющей фактически весь объём лёгочной вентиляции в покое и 75% ЖЕЛ [3]. У показателей ФЖЕЛ и ОФВ₁/ФЖЕЛ имеется положительная корреляционная взаимосвязь с силовыми характеристиками инспираторных дыхательных мышц, что по мнению Гельцера Б.И. указывает на однонаправленное действие этих факторов в адекватной лёгочной вентиляции [6]. Так у пациентов с бронхообструктивными заболеваниями вследствие увеличения воздушности лёгочной ткани, активной работы экспираторных мышц, роста внутригрудного давления и усиления экспираторного коллапса, нарастает дополнительная нагрузка на мышцы вдоха, что со временем приводит к их переутомлению. При хронической гипоксии в условиях снижения показателя SpO₂, дыхательные мышцы функционируют преимущественно за счёт энергии, полученной в результате окислительного фосфорилирования продуктов углеводного обмена и других субстратов тканевого дыхания; кровоснабжение мышцы при этом снижается, в ней накапливается молочная кислота, что ухудшает работу мышечной ткани. Данные патологические изменения в респираторных мышцах приводят впоследствии к снижению синтеза мышечного белка и тем самым к усугублению патологии дыхательной мускулатуры [17]. Повышенные показатели индекса массы тела, окружностей талии, запястья и соотношения окружности талии к окружности бедра сочетаются со снижением показателей функции внешнего дыхания, а также коррелируют с ухудшением функции диафрагмы в связи с тем, что из-за отложения жировой ткани в интраабдоминальном депо создаётся отрицательное внутриплевральное давление на вдохе, в результате чего может снижаться экскурсия диафрагмы [2]. В свою очередь, низкий ИМТ у пациентов с бронхообструкцией коррелирует с частотой обострений заболевания, прогрессированием дыхательной недостаточности и высокой летальностью [1]. Между показателями мышечной выносливости организма: ММУ и t_{уд} согласно научным данным также существует прямая взаимосвязь с дыхательной мускулатурой; установлено, что дисфункция скелетных (в том числе и периферических) мышц при хронических обструктивных заболеваниях дыхательной системы опережает дисфункцию дыхательных мышц в результате многих факторов, обусловленных болезнью, например, гиподинамией, гипоксией и гиперкапнией, оксидантного

стресса, изменения статуса питания, терапии системными глюкокортикостероидами [16, 19], а также в результате системной воспалительной реакции организма в виде роста про воспалительных цитокинов (интерлейкинов 1, 2 и 6, гамма-интерферона, фактора некроза опухоли- α), способствующих снижению синтеза мышечных белков [10].

Способ осуществляется следующим образом.

Пример выполнения 1.

Пациент В.А. 1967 г.р. находился в отделении аллергологии и профпатологии клинической больницы с диагнозом: Силикоз 2 стадия, узелковая форма. Профессиональная ХОБЛ, средне-тяжёлое течение, обострение. ДН 1 ст. Возраст на момент обследования 51 год, стаж во вредных условиях труда 10 лет, стаж курения 30 лет. Антропометрические показатели: рост 1,71 м, вес 64 кг, ИМТ 22 кг/м², ОБ 92 см, ОТ 90 см, ОЗ 17 см, ОГК_{вд} 97 см, ОГК_{выд} 92 см. Динамометрические показатели: ММУ-28 даН, $t_{уд}$ - 56 с, ПМВ-523 даН×с. Лабораторно-инструментальные исследования: ОФВ₁ - 51%, ОФВ₁/ФЖЕЛ - 54%, ЖЕЛ - 66%, SpO_{2исх} - 97%, SpO_{2кон} - 90%, СРБ - 1,22 ммоль/л. Данному пациенту необходимо осуществить прогноз развития дисфункции дыхательных мышц. После включения вышеперечисленных переменных в статистический последовательный анализ Вальда были выбраны 9 наиболее значимых показателей с высокими значениями информативности, которые могут использоваться в качестве диагностических маркёров, характеризующих возможность возникновения дисфункции дыхательных мышц-ИМТ, ОБ, ОТ, ОЗ, ОФВ₁/ФЖЕЛ, ЖЕЛ, SpO_{2исх}, ММУ, $t_{уд}$.

Расчёт индекса массы тела пациента (или индекса Кетле) осуществляют по формуле: масса (кг)/рост (м²) [4]. Массу тела измеряют при помощи меди цинковых весов (равна 64 кг), а рост пациента - при помощи ростомера (равен 1,71 м). ИМТ пациента В.П. = $64 \text{ кг}/(1,71 \text{ м})^2 = 22 \text{ кг}/\text{м}^2$.

Окружность бёдер (ОБ) у исследуемого определяют в положении стоя путём наложения сантиметровой ленты горизонтально на уровне на уровне латеральных надмыщелков бедренных костей [4]. У данного пациента она равна 92 см.

Окружность талии (ОТ) измеряют у В.П., находящегося в положении стоя, путём наложения сантиметровой ленты горизонтально посередине между нижним краем рёберной дуги и верхней частью гребня подвздошной кости [4]. У В.П. она равна 90 см.

Измерение окружности запястья (ОЗ) проводят сантиметровой лентой на уровне шиловидных отростков локтевой и лучевых костей (в данном случае ОЗ=17 см) [4].

Спирометрические показатели: ОФВ₁/ФЖЕЛ и ЖЕЛ определяют при помощи спирометра МАС-1 (у пациента они равны 54 и 66% соответственно).

SpO_{2исх} измеряют до проведения 6-минутного шагового теста при помощи переносного пульсового оксиметра "Пульсар" (у пациента В.П. SpO_{2исх} = 97%).

Для определения абсолютного показателя ММУ пациент В.П. в положении стоя максимально сжимает кистевой динамометр ДК-100 вытянутой и отведённой в сторону перпендикулярно телу на уровне плеча каждой верхней конечностью дважды, после чего фиксируют лучший показатель [9]. У пациента В.П. показатель ММУ-28 даН (ниже нормы). Показатель времени удержания нагрузки ($t_{уд}$) в секундах определяют после сжатия пациентом ладонью динамометра до показателя, равного 1/3 ММУ, и удержания на этом уровне сжатого динамометра в течение не менее 180 с. Таким образом, пациент сжимает динамометр до показателя, равного 28 даН/3=9 даН, и удерживает динамометр в таком статическом состоянии максимально долго. Результат времени удержания нагрузки $t_{уд}$ у данного пациента составил 56 с (в норме не менее 180 с).

Далее по таблице определяют для каждого из 9 показателей-маркёров вероятности развития дисфункции дыхательных мышц свой прогностический коэффициент (ПК). Так при маркёре ИМТ = 22 кг/м², ПК₁ = +4. При маркёре ОБ = 92 см, ПК₂ = -1. При маркёре ОТ = 90 см, ПК₃ = +2. При маркёре ОЗ=17 см, ПК₄ =+2. При маркёре ОФВ₁/ФЖЕЛ = 54%, ПК₅ = +3. При маркёре ЖЕЛ =66%, ПК₆ = +6. При маркёре SpO_{2исх} = 97%, ПК₇ = -1. При маркёре ММУ = 28 даН, ПК₈ = +4. При маркёре $t_{уд}$ = 56 с, ПК₉ = +9. После этого суммируют каждый ПК и получают итоговый балл ПК, указывающий на вероятность развития дис функции дыхательных мышц. Таким образом, итоговый балл ПК пациента В.П.=ПК₁+ПК₂+ПК₃+ПК₄+ПК₅+ПК₆+ПК₇+ПК₈+ПК₉=4+(-1)+2+2+3+6+(-1)+4+9=28 баллов, что соответствует очень высокой вероятности развития дисфункции дыхательных мышц.

Для исключения ошибки заявляемого метода были исследованы показа тели силы дыхательных мышц. Измерение силы респираторных мышц, которые используются в скрининговой диагностике дисфункции дыхательной мускулатуры, данному пациенту проводят при помощи оборудования MicroRPM (Respirator Pressure Meter), на котором определяют максимальные инспираторное (PI max-maximal inspiratory pressure) и экспираторное (PE max-maximal expiratory pressure) давления на уровне полости рта [7, 13]. Каждое исследование вышеуказанных параметров проводят трижды (согласно инструкции по применению оборудования) с перерывами более 1-ой мин (для предотвращения переутомления мышц) [18]; регистрируют лучший результат [9]. Полученные данные соотносят с показателями PI max (-87,0 - -106,0 см водного столба, см.водн.ст.) и PE max (107,0-153,0 см.водн.ст.) у здоровых людей. PI max у пациента В.П. на уровне полости рта - -28 см.водн.ст.(значительно ниже нормы), PE max-56 см.водн.ст

(значительно ниже нормы), что доказывает наличие значительного снижения силы дыхательных мышц вдоха и выдоха. На основании полученных результатов лечащим врачом был назначен комплекс лечебно-реабилитационных мероприятий, вследствие чего показатели PI_{\max} и PE_{\max} , а также состояние дыхательной системы у В.П. значительно улучшились.

Пример выполнения 2.

Пациент В.В. 1963 г.р. находился в отделении аллергологии и профпатологии клинической больницы с диагнозом: Хронический профессиональный бронхит, обострение. ДН 0-1 ст. Возраст на момент обследования - 55 лет, стаж во вредных условиях труда - 21 год, стаж курения - 35 лет. Антропометрические показатели: рост - 1,82 м, вес - 100 кг, ИМТ - 30 кг/м², ОБ - 112 см, ОТ - 117 см, ОП - 36 см, ОЗ - 21,5 см, ОГК_{вд} - 125 см, ОГК_{выд} - 121 см. Динамометрические показатели: ММУ - 46 даН, $t_{уд}$ - 42 с, ПМВ - 644 даН×с. Лабораторно-инструментальные исследования: ОФВ₁ - 31%, ОФВ₁/ФЖЕЛ - 71%, ЖЕЛ - 47%, SpO_{2исх} - 97%, SpO_{2кон} - 96%, СРБ - 3,80 ммоль/л. Данному пациенту необходимо осуществить прогноз развития дисфункции дыхательных мышц. Показатели ИМТ, ОБ, ОТ, ОЗ, ОФВ₁/ФЖЕЛ, ЖЕЛ, SpO_{2исх}, ММУ, $t_{уд}$ определяют аналогичным образом, как указано в примере №1, затем используют таблицу для определения ПК для каждого из 9 маркёров, высчитывают итоговый прогностический коэффициент и определяют вероятность развития дисфункции дыхательных мышц у данного пациента. Так при маркёре ИМТ = 30 кг/м, ПК₁ = -3. При маркёре ОБ = 112 см, ПК₂ = +5. При маркёре ОТ = 117 см, ПК₃ = 0. При маркёре ОЗ = 21,5 см, ПК₄ = +2. При маркёре ОФВ₁/ФЖЕЛ = 71%, ПК₅ = 0. При маркёре ЖЕЛ = 47%, ПК₆ = -2. При маркёре SpO_{2исх} = 97%, ПК₇ = -1. При маркёре ММУ = 46 даН, ПК₈ = -2. При маркёре $t_{уд}$ = 42 с, ПК₉ = +9. Итоговый балл ПК пациента В.В. = ПК₁+ПК₂+ПК₃+ПК₄+ПК₅+ПК₆+ПК₇+ПК₈+ПК₉ = (-3)+5+0+2+0+(-2)+(-1)+(-2)+9=8 баллов, что соответствует высокой вероятности развития дисфункции дыхательных мышц. Для исключения ошибки заявляемого метода были исследованы показатели силы дыхательных мышц (методику исследования см. в примере 1): PI_{\max} - -44 см.водн.ст.(значительно снижен), PE_{\max} -35 см.водн.ст (значительно снижен), что доказывает наличие значительного снижения силы дыхательных мышц вдоха и выдоха. На основании полученных данных лечащим врачом был назначен комплекс реабилитационных мероприятий, и в течение года показатели функции внешнего дыхания, динамометрии, PI_{\max} и PE_{\max} , а также антропометрические показатели, качество жизни пациента улучшились, а заболевание не прогрессировало.

Пример выполнения 3.

Пациент В.М. 1963 г.р. находился в отделении аллергологии и профпатологии клинической больницы с диагнозом: Профессиональная ХОБЛ, тяжёлое течение, обострение. ДН 2 ст. Возраст на момент обследования 60 лет, стаж во вредных условиях труда 36 лет, не курил. Антропометрические показатели: рост 1,70 м, вес 90 кг, ИМТ 31 кг/м², ОБ 105 см, ОТ 125 см, ОП 35 см, ОЗ 20 см, ОГК_{вд} 118 см, ОГК_{выд} 115 см. Динамометрические показатели: ММУ - 20 даН, $t_{уд}$ - 195 с, ПМВ - 1300 даН×с. Лабораторно-инструментальные исследования: ОФВ₁ - 32%, ОФВ₁/ФЖЕЛ - 50%, ЖЕЛ - 49%, SpO_{2исх} - 94%, SpO_{2кон} - 88%, СРБ - 0,90 ммоль/л. Данному пациенту необходимо осуществить прогноз развития дисфункции дыхательных мышц. Показатели ИМТ, ОБ, ОТ, ОЗ, ОФВ₁/ФЖЕЛ, ЖЕЛ, SpO_{2исх}, ММУ, $t_{уд}$ определяют аналогичным образом, как указано в примере 1, затем используют табл. 1 для определения ПК для каждого из 9 маркёров, высчитывают итоговый прогностический коэффициент и определяют вероятность развития дисфункции дыхательных мышц у данного пациента. Так при маркёре ИМТ = 31 кг/м, ПК₁ = -3. При маркёре ОБ = 105 см, ПК₂ = -1. При маркёре ОТ = 125 см, ПК₃ = 0. При маркёре ОЗ = 20 см, ПК₄ = +2. При маркёре ОФВ₁/ФЖЕЛ=50%, ПК₅ = +3. При маркёре ЖЕЛ = 49%, ПК₆ = -2. При маркёре SpO_{2исх} = 94%, ПК₇ = +5. При маркёре ММУ = 20 даН, ПК₈ = +4. При маркёре $t_{уд}$ = 195 с, ПК₉ = -5. Итоговый балл ПК пациента В.М. = ПК₁+ПК₂+ПК₃+ПК₄+ПК₅+ПК₆+ПК₇+ПК₈+ПК₉=(-3)+(-1)+0+2+3+(-2)+5+4+(-5)=3 балла, в связи с чем вероятность развития дисфункции дыхательных мышц сомнительная. Для исключения ошибки заявляемого метода были исследованы показатели силы дыхательных мышц (методику исследования смотреть в примере 1): PI_{\max} - -59 см.водн.ст.(ниже нормы), PE_{\max} - 120 см.водн.ст (в норме), что доказывает наличие снижения силы дыхательных мышц вдоха и что у пациента есть риск развития дисфункции дыхательных мышц. На этом основании лечащим врачом была назначена соответствующая терапия, в результате которой показатель PI_{\max} нормализовался, что повлияло на предотвращение развития дисфункции дыхательных мышц.

Пример выполнения 4.

Пациент В.И. 1953 г.р. находился в отделении аллергологии и профпатологии клинической больницы с диагнозом: Силикоз 2 стадия, узелковая форма. Хронический профессиональный бронхит, обострение, ДН 1 ст. Возраст на момент обследования 64 года, стаж во вредных условиях труда 27 лет, стаж курения 27 лет. Антропометрические показатели: рост 1,84 м, вес 80 кг, ИМТ - 24 кг/м², ОБ - 97 см, ОТ - 94 см, ОП - 32 см, ОЗ - 19 см, ОГК_{вд} - 102 см, ОГК_{выд} - 95 см. Динамометрические показатели: ММУ - 50 даН, $t_{уд}$ - 180 с, ПМВ - 3000 даН×с. Лабораторно-инструментальные исследования: ОФВ₁ - 68%, ОФВ₁/ФЖЕЛ - 71%, ЖЕЛ - 83%, SpO_{2исх} - 97%, SpO_{2кон} - 95%, СРБ - 0,40 ммоль/л. Данному пациенту необходимо осуществить прогноз развития дисфункции дыхательных мышц. Показатели ИМТ, ОБ, ОТ, ОЗ, ОФВ₁/ФЖЕЛ, ЖЕЛ, SpO_{2исх}, ММУ, $t_{уд}$ определяют аналогичным образом, как указано в примере 1,

затем используют табл. 1 для определения ПК для каждого из 9 маркеров, высчитывают итоговый прогностический коэффициент и определяют вероятность развития дисфункции дыхательных мышц у данного пациента. Так при маркёре ИМТ = 24 кг/м, $ПК_1 = +4$. При маркёре ОБ = 97 см, $ПК_2 = -1$. При маркёре ОТ = 94 см, $ПК_3 = +2$. При маркёре ОЗ = 19 см, $ПК_4 = +2$. При маркёре ОФВ₁/ФЖЕЛ = 71%, $ПК_5 = 0$. При маркёре ЖЕЛ = 83%, $ПК_6 = +2$. При маркёре SpO_{2исх} = 97%, $ПК_7 = -1$. При маркёре ММУ = 50 даН, $ПК_8 = -2$. При маркёре $t_{уд} = 180$ с, $ПК_9 = -5$. Итоговый балл ПК пациента В.М. = $ПК_1 + ПК_2 + ПК_3 + ПК_4 + ПК_5 + ПК_6 + ПК_7 + ПК_8 + ПК_9 = 4 + (-1) + 2 + 2 + 0 + 2 + (-1) + (-2) + (-5) = 1$ балл, т.е. вероятность развития дисфункции дыхательных мышц низкая. Для исключения ошибки заявляемого метода были исследованы показатели силы дыхательных мышц (методику исследования смотреть в примере 1): PI max - 109 см.водн.ст. (норма), PE max - 115 см.водн.ст (в норме), что доказывает отсутствие снижения силы дыхательных мышц. Учитывая низкую вероятность развития дисфункции дыхательных мышц, пациенту не проводилась комплексная реабилитация, за ним наблюдали в течение года, прогрессирования заболевания не наблюдалось.

Таким образом, достигаемый технический результат заявляемого изобретения заключается в том, что способ даёт возможность практикующему врачу спрогнозировать вероятность развития дисфункции дыхательной мускулатуры на основе методики, включающей измерение 9 количественных показателей: ИМТ, ОБ, ОТ, ОЗ, ОФВ₁/ФЖЕЛ, ЖЕЛ, SpO_{2исх}, ММУ, $t_{уд}$ и определение итогового балла прогностического коэффициента, который позволит осуществить прогноз развития дисфункции дыхательных мышц и предупредить прогрессирование дыхательной недостаточности, а также даст возможность провести индивидуальную коррекцию лечения пациента с учётом полученных результатов.

Литература

1. Авдеев С.Н. Хроническая обструктивная болезнь лёгких как системное заболевание/С.Н. Авдеев//Пульмонология. - 2007, № 2
2. Аتماйкина О.В. Об изменении функционального состояния органов дыхания при избыточной массе тела и ожирении/О.В. Аتماйкина В.П.
- Лаксаев А.П. Цыбусов//Конкурс научно-исследовательских работ студентов, аспирантов и молодых ученых: сб. ст. по материалам всероссийского научно-исследовательского конкурса. -Уфа, 2020, стр. 125-131
3. Бичев А.А. Механизмы утомления респираторной мускулатуры/А.А.Бичев, А.Г.Чучалин//Пульмонология. - 1992. № 4, стр. 82-89
4. Бунак В.В. Антропометрия: Практический курс/В.В. Бунак. -М., 1941, стр. 368
5. Вальд А. Последовательный статистический анализ/А. Вальд. -М.: Физматгиз, 1960, стр. 328
6. Гельцер Б.И. Силовые характеристики дыхательных мышц у здоровых лиц: возрастные, гендерные и конституциональные особенности/Б.И. Гельцер, И.Г. Курпатов, В.Н. Котельников//Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. - 2017, № 12, стр. 1425-1433.
7. Дисфункция дыхательной мускулатуры у пациентов с профессиональными заболеваниями органов дыхания/А.Ю. Крумкачева и [др.]//Современный многопрофильный стационар-мультидисциплинарный подход к пациенту. Материалы научн.-практ. конф., посвященной 35-летию УЗ "10-я городская клиническая больница", Минск, 2020, стр. 153-155
8. Лемешевская, С.С. Морфологическое исследование вспомогательных дыхательных мышц у пациентов с хронической обструктивной болезнью лёгких/С.С. Лемешевская [и др.]//Военная медицина. 2012. № 3 (24), стр. 48-55.
9. Оценка функционального состояния дыхательной мускулатуры и мышечной выносливости у пациентов с пылевыми заболеваниями органов дыхания/А.Ю. Крумкачева и [др.]//Здоровье и безопасность на рабочем месте: сб. науч. тр./Мин. труда и соц. защиты Респ. Беларусь. Гос. предпр. "Республиканский центр охраны труда Минтруда соцзащиты Респ. Беларусь". Федеральное гос. бюджет. науч. учр. "Науч.-исслед. институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова"; гл. ред. И.В. Бухтияров, Т.М. Рыбина. -Минск: ООО Полиграфт, 2019, т. 1, вып. 3, с. 166-172
10. Системные проявления хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ): состояние мышечной ткани//С.С. Лемешевская и [др.] -Медицинский журнал, 2014 г, № 3 (49), стр. 128-129
11. Способ лечения больных с недостаточностью дыхательных мышц: патент RU 2250073/В.П. Колосов, Н.А. Капустина, опублик. 20.04.2005
12. Способ оценки эффективности работы дыхательных мышц: патент RU 2638291/М.Е. Шамсутдинова, И.В. Мирошниченко, К.М. Иванов, А.К. Кунарбаева, М.А. Сидорова, О.К. Сивожелезова, опублик. 12.12.2017.
13. Способ прогнозирования риска развития профессиональной бронхиальной астмы: патент RU 2583948 С1/Л.М. Масагутова, А.У. Шагалина, А.Б. Бакиров, Л.Г. Гизатуллина, Ю.Б. Пушкарева, Б.Р. Гарифуллин, опублик. 10.05.2016.
14. Сравнительная оценка респираторной и периферической мускулатуры у пациентов с профессиональными заболеваниями органов дыхания/А.Ю. Крумкачева и [др.]//Актуальные проблемы обеспечения безопасности жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях: сб. материалов республиканской научно-практической конференции: - Минск: УГЗ, 2018, стр. 222-224.

15. Apparatus and method for processing electromyography signals related to respiratory activity [Electronic resource]: pat. US2018235503/M. Derkx, J. Van der Laar-Publ.date 11.08.2015. Mode of access: https://world-wide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?II=55&ND=3&adjacent=true&lo-cale=en_EP&FT=D&date=20180823&CC=US&NR=2018235503A1&KC=A1
16. Casaburi R. American Thoracic Society/European Respiratory Society. Skeletal muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease/R. Casaburi//Amer. J. Respir. Crit. Care Med. - 1999, Vol. 159. - P.1-40.
17. Deveci, D. Chronic hypoxia induces prolonged angiogenesis in skeletal muscles of rat/D.Deveci, J.M.Marshall, S.Egginton//Exp. Physiol. - 2002, Vol. 87, № 3, p. 287-291
18. MicroRPM [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://micro-medical.co.uk/downloads/manuals/RPM01_Operating_Multi.pdf. - Дата доступа: 22.11.2020
19. Orozco-Levi, M. Structure and function of the respiratory muscles in patients with COPD: impairment or adaptation?/M. Orozco-Levi//Europ. Respir. J. - 2003, vol. 22, Suppl. 46, p. 41-51
20. Program, information processing method, and information processing device [Electronic resource]: pat. WO 2020196323/K. Matsuda-Publ.date 22.03.2019. Mode of access: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?II=0&ND=3&adjacent=true&lo-cale=en_EP&FT=D&date=20201001&CC=WO&NR=2020196323A1&KC=A1

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ прогнозирования вероятности возникновения дисфункции дыхательной мускулатуры у пациента с наличием профессиональных хронического бронхита и хронической обструктивной болезни лёгких (ХОБЛ), пневмокопоза путём определения следующих количественных параметров: индекса массы тела (ИМТ) в кг/м², окружностей талии (ОТ), бёдер (ОБ), запястья (ОЗ) в сантиметрах, максимального мышечного усилия (ММУ) в деканьютонах, времени удержания нагрузки ($t_{уд}$) в секундах, сатурации кислорода до прохождения 6-минутного шагового теста (SpO_2) в процентах, жизненной ёмкости лёгких (ЖЕЛ) в процентах от должного значения, отношения объёма форсированного выдоха за 1-ую секунду к форсированной жизненной ёмкости лёгких (ОФВ₁/ФЖЕЛ) в процентах от должного значения, рассчитанным их значениям присваивают баллы прогностического коэффициента (ПК) на основании следующих данных: при ИМТ менее 25 устанавливают ПК, равный +4, при ИМТ, равном 25-29, устанавливают ПК, равный -1, при ИМТ, равном 30-34, устанавливают ПК, равный -3, при ИМТ, равном 35 и выше, устанавливают ПК, равный -1; при ОБ, равном 90 и менее, устанавливают ПК, равный +2, при ОБ, равном 91-110, устанавливают ПК, равный -1, при ОБ, равном 111 и более, устанавливают ПК, равный +5; при ОТ, равном 84 и менее, устанавливают ПК, равный +1, при ОТ, равном 85-99, устанавливают ПК, равный +2, при ОТ, равном 100-109, устанавливают ПК, равный -4, при ОТ, равном 110 и более, устанавливают ПК, равный 0; при ОЗ, равном 15 и менее, устанавливают ПК, равный -6, при ОЗ более 15 устанавливают ПК, равный +2; при ММУ, равном 30 и менее, устанавливают ПК, равный +4, при маркёре ММУ, равном 31-40, устанавливают ПК, равный -1, при ММУ, равном 41 и более, устанавливают ПК, равный -2; при $t_{уд}$, равном 60 и менее, устанавливают ПК, равный +9, при $t_{уд}$, равном 61-100, устанавливают ПК, равный +7, при $t_{уд}$, равном 101-179, устанавливают ПК, равный -3, при $X_{уд}$, равном 180 и более, устанавливают ПК, равный -5; при $SpO_{2исх}$ менее 95 устанавливают ПК, равный +5, при маркёре 95 и более устанавливают ПК, равный -1; при ЖЕЛ менее 50 устанавливают ПК, равный -2, при ЖЕЛ, равном 50-59, устанавливают ПК, равный -3, при ЖЕЛ, равном 60-69, устанавливают ПК, равный +6, при ЖЕЛ=70-84 устанавливают ПК, равный +2, при ЖЕЛ более 84 устанавливают ПК, равный -6; при ОФВ₁/ФЖЕЛ, равном 50 и менее, устанавливают ПК, равный +3, при ОФВ₁/ФЖЕЛ, равном 51-60, устанавливают ПК, равный +3, при ОФВ₁/ФЖЕЛ, равном 61-70, устанавливают ПК, равный -3, при ОФВ₁/ФЖЕЛ более 70 устанавливают ПК, равный 0; затем полученные баллы ПК суммируют и при итоговом балле, равном 1 и менее, судят о низкой вероятности развития дисфункции дыхательных мышц, при итоговом балле, равном 2-7, судят о сомнительной вероятности развития дисфункции дыхательных мышц, при итоговом балле, равном 8-11, судят о высокой вероятности развития дисфункции дыхательных мышц, при итоговом балле 12 и более судят об очень высокой вероятности развития дисфункции дыхательных мышц.

