

УДК 618.431:618.33: 615.816.835.35:612.221.1

ДЫХАТЕЛЬНАЯ МАСКА ДЛЯ ВНУТРИУТРОБНОГО ПЛОДА (ВНУТРИМАТОЧНЫЙ АКВАЛАНГ) И СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГАЗООБМЕНА В ОРГАНИЗМЕ ПЛОДА ЗА СЧЕТ ИСКУССТВЕННОГО ДЫХАНИЯ (ВЕНТИЛИРОВАНИЯ ЕГО ЛЕГКИХ ДЫХАТЕЛЬНЫМ ГАЗОМ) ВНУТРИ МАТКИ

Ураков А.Л.

ФГБУН «Институт механики Уральского отделения РАН», Ижевск, e-mail: urakoval@live.ru.

Предложено устранять внутриутробную гипоксию и асфиксию плода путем искусственной вентиляции его легких дыхательным газом. Для искусственного дыхания внутриутробного плода разработано специальное устройство, названное внутриматочным аквалангом. Внутриматочный акваланг включает аппарат искусственной вентиляции легких и дыхательный контур со специальной раскладной (раздувной) дыхательной маской, надеваемой внутри матки на голову плода наподобие сетчатого шлема. Разработана контролируемая с помощью УЗИ технология введения маски внутрь матки через естественное отверстие в шейке матки, технология одевания дыхательной маски на голову внутриутробного плода при головном его предлежании и технология вентилирования легких внутриутробного плода дыхательным газом.

Ключевые слова: асфиксия плода, дыхание плода, дыхательная маска, внутриматочный акваланг

VENTILATION MASK FETUS (INTRAUTERINE SCUBA) AND WAY TO ENSURE GAS EXCHANGE IN THE FETUS BY MEANS OF ARTIFICIAL RESPIRATION (HIS LUNG VENTILATION BREATHING GAS) INSIDE THE UTERUS

Urakov A.L.

GBOU VPO «Izhevsk State Medical Academy», Izhevsk, e-mail: urakoval@live.ru

Proposed to remove intrauterine hypoxia and asphyxia by artificial ventilation of his lungs breathing gas. For artificial respiration of the fetus developed a special device called intrauterine diving. Intrauterine scuba includes a lungmotor and breathing circuit with a special fold-out (blown), respiratory mask, worn inside the uterus to the fetus's head like a helmet net. Designed monitored using ultrasound technology is the introduction of the mask into the uterus through a natural opening in the cervix, the technology of dressing respiratory mask on the head of the fetus with the head of his presentation and the technology of ventilation of lungs of intrauterine fetus with breathing gas.

Keywords: fetal asphyxia, fetal respiration, fetal breathing, ventilation masks, intrauterine scuba

Несмотря на то, что в утробе матери плод плавает в амниотической жидкости и не дышит в традиционном смысле этого слова, обмен газов между плодом и матерью, осуществляемый через плаценту, продолжает именоваться «дыханием плода» [7]. Однако такая трактовка указанного термина ошибочна, поскольку внутри матки в норме плод не дышит и не вентилирует свои легкие воздухом.

Вместо плода дышит беременная женщина. При этом своим дыханием мать осуществляет газообмен первично в крови своего организма, а уже затем эта кровь используется плацентой для газообмена с кровью плода, которая затем осуществляет газообмен в его организме в целом. Поэтому газообмен плода вторичен и практически полностью зависит от легочного дыхания, газообмена в крови и кровообращения в организме беременной женщины. Причем кровь матери не достигает ее плода, поскольку после поступления в плаценту возвращается назад в ее же организм. Кстати, то же самое происходит и с кровью плода,

циркулирующей по кровеносным сосудам пуповины между ним и плацентой [9].

Поскольку к плаценте поступает кровь одновременно от беременной женщины и от ее плода может показаться, что плацента имеет двойное кровоснабжение. Однако результаты анализа известных фактов показывают, что функцию истинного кровоснабжения ткани плаценты может обеспечить только кровь беременной женщины, поскольку кровь плода сама нуждается в «кровоснабжении», как и ткань плаценты.

Следовательно, кровь плода поступает в плаценту не для кровоснабжения плаценты. Парадоксально, но факт, что плацента благодаря особому анатомическому строению и физиологическому функционированию обеспечивает снабжение материнской кровью поступающую к ней кровь плода. Иными словами, в плаценте происходит не столько «дыхание плода», сколько «материнское кровоснабжение плодной крови» (термин автора).

Таким образом, в норме внутри матки дыхание плода не существует. Более того,

газообмен внутриутробного плода полностью зависит от дыхания беременной женщины и кровоснабжения в ее организме. Поэтому прекращение дыхания беременной женщиной вызывает гипоксию одновременно в ее организме и в организме ее плода, а восстановление дыхания женщины устраняет гипоксию у нее и у плода [2].

К сожалению, внутриутробная гипоксия плода не всегда сопровождается гипоксией в организме матери, поэтому нередко может протекать незаметно для нее. При этом именно внутриутробная гипоксия плода является одной из самых частых причин перинатальной заболеваемости, составляя 21–45% в структуре всей перинатальной патологии [1].

Ранее нами были предложены способы лучевой диагностики (с помощью УЗИ) и оценки степени гипоксического повреждения коры головного мозга внутриутробного плода [4], а также способ оценки устойчивости внутриутробного плода к гипоксии [3]. При этом реанимация внутриутробного плода при его асфиксии, основанная на его искусственном дыхании, не разработана, хотя необходимость в этом очевидна.

Тем не менее, сегодня можно заявить о том, что в третьем триместре беременности и непосредственно в родах врачи в состоянии обеспечить искусственное дыхание внутриутробного плода и искусственное вентилирование его легких дыхательным газом.

Цель исследования – разработка специального внутриматочного акваланга (скафандра), технологии его одевания на голову плода внутри матки и технологии искусственного вентилирования легких внутриутробного плода дыхательным газом.

Материалы и методы исследования

Возможность внутриутробного дыхания у плода в третьем триместре беременности доказана в экспериментах на беременных овцах. Показано, что после хирургического трансабдоминального введения интубационной трубки в трахею недоношенного внутриутробного ягненка он способен дышать, находясь в амниотической жидкости внутри матки [6, 8]. Независимо от этих исследований для обеспечения дыхания внутриутробного плода у беременной женщины нами было предложено новое медицинское устройство, названное внутриматочным аквалангом Н.А. Ураковой [5]. Причем название устройства отражает не научное, а бытовое представление о его назначении (примечание автора).

Внутриматочный акваланг Ураковой Н.А. включает аппарат искусственной вентиляции легких и дыхательный контур со специальной раскладной (раздувной) дыхательной маской, вводимой в матку через естественное отверстие в шейке матки, одеваемой на

голову плода внутри матки и обеспечивающей вентилирование легких внутриутробного плода дыхательным газом для устранения его асфиксии [10].

Результаты исследования и их обсуждение

Созданное нами новое медицинское устройство, предназначенное для искусственного дыхания внутриутробного плода с целью его реанимации при гипоксии и асфиксии, снабжено источником дыхательного газа и состоит из аппарата искусственной вентиляции легких и дыхательного контура, включающего специальную дыхательную маску для внутриутробного плода, выполненную в виде сеччатого скафандра.

Рабочая часть внутриматочного акваланга имеет следующие конструктивные особенности. Рабочая часть его представляет собой открытый с обеих сторон растягивающийся чулок, выполненный из сетки и снабженный пневморемнями оголовья, которые составляют ткань сетки чулка, имеют равное по всей длине сечение в форме круга с диаметром в диапазоне 0,2–0,3 см и соединены с магистралью и механизмом наддува. Свободный конец чулка предназначен для одевания через голову на его шею и заканчивается регулируемым воротником, имеет варианты выполнения и обеспечивает приложение к шее за счет того, что воротник выполнен с односторонним сегментом расширения, соединенным по всей длине с подбородочной частью маски и обеспечивающим приложение к верхней части шеи и нижней части лица в области нижней челюсти.

Кроме этого, внутри полости чулка размещены 3 толкателя, выполненные из желатиновых спиц толщиной в диапазоне 0,2–0,3 см и загнутые пополам с формированием полукругов. Полукруги толкателей прикреплены креплениями к внутренней поверхности дистального края воротника на равном расстоянии друг от друга по его окружности, а прямые части спиц толкателей прикреплены креплениями к внутренней поверхности пневморемней с возможностью смещения относительно друг друга. Крепления выполнены в форме петель из коротких отрезков микронной ткани, а свободные концы спиц толкателей жестко прикреплены к торцу многоканальной трубки на равном расстоянии друг от друга по периметру окружности, при этом спицы одного из толкателей охватывают собой масочную часть чулка.

Дыхательная маска замещает собой часть сетки чулка, которая выполнена раз-

дувной. Для этого стенки маски выполнены двухслойными с расположенными в одном направлении на одинаковом расстоянии 0,2–0,3 см сетчатыми перегородками одинаковой ширины 0,2–0,3 см между слоями, имеющими возможность к смещению относительно друг друга и формирующими полость, соединенную в лобной части маски с эластичным шлангом, который расположен внутри пневморемней по направлению к многоканальной трубке и выведен через нее наружу, где соединен изолированно с механизмом наддува. Маска, пневморемни, воротник и шланг выполнены из микронной не растягивающейся герметичной ткани с заданными конечными размерами. Нагнетание воздуха в раздувные стенки маски обеспечивает придание ей выпуклой рабочей формы с формированием внутренней дыхательной камеры с заданными конечными размерами, обеспечивающими свободное размещение в ней конца носа, носогубной области лица и губ плода и их свободное функционирование в процессе носового и ротового дыхания.

Маска имеет каналы вентилирования газов в дыхательной камере, микродатчики и поддувные камеры, размещенные по периметру зоны прилегания маски к лицу и обеспечивающие наддув полостей и прилегание маски к лицу плода. Каналы вентилирования и микродатчики снабжены выходами на мультиплексный канал связи, соединенный с блоком управления раскладной маской. При этом все каналы связи, подачи и удаления воздуха проходят внутри гибкой многоканальной трубки, которая выполнена с возможностью подключения к прибору, изменяющему давление воздушных газов в ее каналах.

Внутренняя стенка дыхательной камеры маски имеет три отверстия, являющиеся одновременно открытыми концами эластичных трубок, выведенных наружу через многоканальную трубку. При этом одно из трех отверстий находится в вершине конуса камеры, а трубка этого отверстия снабжена выходным клапаном и заканчивается штуцером, обеспечивающим соединение ее с отсосом, что обеспечивает разгерметизацию полости камеры и выведение из нее жидкости в дренажном положении. Другие два отверстия находятся в носогубной части дыхательной камеры маски. Их трубки обеспечивают герметичное введение в камеру и выведение из нее дыхательных газов. Для этого одна из этих трубок снабжена выпускным клапаном и предназначена

для удаления выдыхаемого воздуха, другая трубка снабжена входным клапаном и предназначена для подачи дыхательного газа. При этом эластичные трубки расположены в маске внутри ее стенки по направлению к лобной части маски и в сетке внутри ее пневморемней по направлению к многоканальной трубке и выполнены гофрированными. В свою очередь, многоканальная трубка выполнена из термозоляционного материала, вокруг нее размещена перпендикулярно продольной оси с возможностью продольного перемещения кольцеобразная раздувная манжета с выведенной наружу эластичной трубкой, обеспечивающей нагнетание воздуха и раздувание манжеты вплоть до фиксации ее к трубке и к шейке матки, обеспечивающей легкое прижатие головки плода ко входу в малый таз и герметизацию маточной полости,

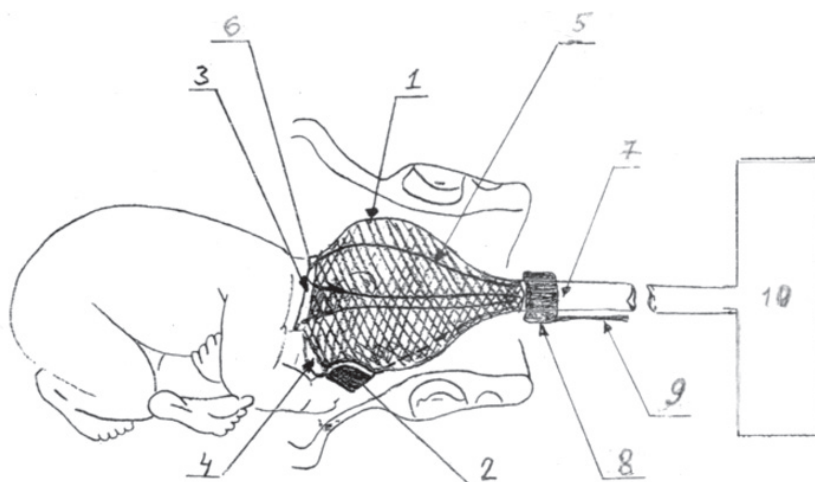
В качестве прибора, изменяющего давление газов в дыхательных трубках, предлагается использовать дыхательный аппарат, связанный через мультиплексный канал связи с микродатчиком давления газа в дыхательной камере маски, размещенным на ее внутренней поверхности в носогубной части, и с микродатчиком контроля степени оксигенирования тканей кожи и подкожно-жировой клетчатки, размещенным на прилегающей к лицу поверхности поддувных камер маски. Механизм подачи дыхательных газов снабжен стерилизующим, увлажняющим и нагревательным устройствами, обеспечивающими их стерильность, увлажненность и нормотермию в пределах + 37°C.

Схема разработанного устройства для искусственной вентиляции легких внутриутробного плода представлена на рисунке.

Разработана технология применения устройства для искусственного дыхания внутриутробного плода, включающая одевание дыхательной маски на голову плода внутри матки и искусственное вентилирование легких внутриутробного плода дыхательным газом. Технология заключается в том, что предварительно с помощью УЗИ определяют размеры головы плода и подбирают дыхательную маску, соответствующую этим размерам. Дыхательную маску используют стерильной и охлажденной до +18 – +20°C, а одевают ее на голову плода под ультразвуковым контролем. Использование акваланга охлажденным до +18 – +20°C исключает переохлаждение плода, но обеспечивает высокую упругость желатиновых спиц толкателей, обеспечивающую успешное одевание акваланга на го-

лову плода. Охватыванием спицами одного из толкателей масочной части чулка обеспечивается повышение точности продви-

жения маски акваланга к «нужному месту», а именно к размещению ее точно над носом и ртом плода.



*Схема устройства для искусственной вентиляции легких внутриутробного плода.
Обозначения: 1 – сетка из пневморемней в виде чулка, 2 – дыхательная маска, 3 – воротник, 4 – сегмент расширения воротника, 5 – толкатель из желатиновых спиц, загнутый пополам с формированием полукруга 6, 7 – многоканальная трубка, 8 – раздувная манжетка с эластичной трубкой 9, 10 – аппарат искусственной вентиляции легких, снабженный стерилизатором, нагревателем и увлажнителем дыхательного газа, а также отсосом*

Перед одеванием маски открывают влагалище, расширяют отверстие в шейке матки и разрезают в ней оболочку плодного пузыря до размеров, обеспечивающих введение маски в складном виде и пальца руки акушера. Затем определяют с помощью УЗИ расположение лица и носа плода, вводят в разрез палец руки и воротник чулка с полукругами толкателей, размещая их равномерно вокруг головы плода так, чтобы траектория движения маски внутри одного из них пролегла над его носом. После этого продвигают воротник по направлению к шее плода с помощью возвратно-поступательных движений пальца и поочередных периодических поступательных движений толкателей, расправляя при этом воротник, сетку чулка и маску пальцем руки в пространстве, находящемся между его головой и стенкой плодного пузыря, вплоть до полного размещения воротника на шее.

После этого подсоединяют дыхательную маску к дыхательному и нагнетательному аппаратам и к отсосу, регулируют расположение воротника и размещение маски на лице плода при одновременном нагнетании воздуха в пневморемни, поддувные камеры и внутривенную полость маски вплоть до придания маске рабочей формы и правильного ее расположения на лицевой части головы плода. Затем придают туловищу женщины такое положение в простран-

стве, при котором отверстие, находящееся в вершине дыхательной камеры маски, занимает самую нижнюю часть дыхательной камеры. Фиксируют туловище женщины в этом дренажном положении, включают отсос, начинают удалять околоплодные воды из дыхательной камеры маски и одновременно подавать в нее дыхательный газ по одной из дыхательных трубок вплоть до полного удаления жидкости и заполнения камеры газом, после чего повторно регулируют размещение маски на лице плода. Затем проталкивают манжетку вдоль многоканальной трубки до упора в шейку матки и одновременно тянут ее с легким усилием, раздувают манжетку до фиксации ее к трубке и к шейке матки, после чего прекращают натяжение трубки.

Затем с помощью УЗИ визуализируют туловище плода в сагиттальной проекции и при отсутствии у него дыхательных движений ребер просят женщину задержать дыхание вплоть до их появления. При появлении дыхательных движений у плода включают дыхательный аппарат и подают с его помощью под положительным давлением в дыхательную камеру маски по одной из дыхательных трубок стерильный, увлажненный, подогретый до температуры + 37°C и обогащенный кислородом до 94% дыхательный газ вплоть до расправления легких плода, после чего снижают

давление до 0 мм водного столба и появления акта выдоха. Затем аналогичную подачу газа производят многократно после каждого завершения акта выдоха у плода и при появлении очередного акта его вдоха. При этом определяют соотношение между вдохом и выдохом и частоту дыхательных движений, необходимые для оптимального вентилирования легких плода. После этого введение и выведение дыхательных газов осуществляют с этим соотношением и с этой частотой дыхания при мониторинге двигательной активности, сердцебиений, степени оксигенирования тканей кожи и подкожно-жировой клетчатки лица, эхогенности подкожно-жировой клетчатки подушечек пальцев рук плода вплоть до их нормализации. В последующем интенсивность вентилирования легких уменьшают до минимальных значений, исключающих появление признаков внутриутробной гипоксии плода, вентилирование осуществляют в автоматическом режиме дыхательного аппарата вплоть до рождения плода, а раздувную дыхательную маску снимают с головы плода после его рождения.

Заключение

Разработано новое медицинское устройство для искусственного дыхания внутриутробного плода с целью его реанимации при гипоксии и асфиксии, названное внутриматочным аквалангом. Устройство снабжено источником дыхательного газа и состоит из аппарата искусственной вентиляции легких и дыхательного контура, включающего специальную дыхательную маску для внутриутробного плода (скафандр). Разработана технология применения устройства для искусственного дыхания внутриутробного

плода, включающая одевание дыхательной маски на голову плода внутри матки и искусственное вентилирование легких внутриутробного плода дыхательным газом.

Список литературы

1. Гипоксия внутриутробного плода и асфиксия новорожденных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://medfind.ru/modules/sections/index.php?op=viewarticle&artid=58> (дата обращения: 27.07.12).
2. Радзинский В.Е., Ураков А.Л., Уракова Н.А., Гаускнехт М.Ю. Оценка устойчивости плода к внутриутробной гипоксии в период задержки дыхания беременной женщины / *Репродуктивное здоровье. Восточная Европа.* – 2012. – №1. – С. 119–127.
3. Ураков А.Л., Уракова Н.А., Соколова Н.В., Соколов Н.В., Гаускнехт М.Ю., Гаускнехт А.Ю. Способ оценки устойчивости плода к гипоксии по М.Ю. Гаускнехт. Патент России № 2432118. 2011. Бюл. № 30.
4. Ураков А.Л., Уракова Н.А., Уракова Т.В., Стрелков Н.С., Соколова Н.В., Соколов Н.В., Гаускнехт М.Ю., Гаускнехт А.Ю., Решетников А.П., Решетникова А.А.. Способ родоразрешения по Н.В.Соколовой. Патент России № 2441592. 2012. Бюл. № 4.
5. Ураков А.Л., Уракова Н.А., Касаткин А.А., Гаускнехт М.Ю., Гаускнехт А.Ю., Соколова Н.В., Соколов Н.В., Решетников А.П., Решетникова А.А.. Внутриматочный акваланг Н.А. Ураковой и способ вентилирования легких плода дыхательными газами. Заявка на изобретение России № 2010134466. БИПМ. 2012: 6: 38–39.
6. Allison B., Crossley K., Flecknoe S., Morley C., Polglase G., Hooper S. Pulmonary hemodynamic responses to in utero ventilation in very immature fetal sheep. *Respir. Res.* – 2010. – Aug 19: 11:111.
7. Mosby's Medical Dictionary, 8th edition. – 2009, Elsevier.
8. Polglase G., Nitsos I., Baburamani A., Crossley K. Inflammation in utero exacerbates ventilation-induced brain injury in preterm lambs // *J Appl Physiol.* – 2011. – November 3: jap.00995.
9. Snyder F.F., Rosenfeld M. Fetal respiration and its relation to abnormalities of the newborn // *CMAJ.* – 1938. – №38(4). – С. 338–339.
10. Uraikov A.L., Uraikova N.A., Kasatkin A.A., Gausnekh M.Y. Trouble intrauterine hypoxia by his lung ventilation respiratory gas through intrauterine aqualung. Abstracts 31 st Congress Scandinavian Society of Anaesthesiology and Intensive Care Medicine «Patient Safety through Audit and Simulation» (15 – 17 June 2011, Bergen, Norway). – Bergen, 2011. – P. 9.