

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования "Красноярский государственный медицинский  
университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого" Министерства  
здравоохранения Российской Федерации

Кафедра анестезиологии и реаниматологии ИПО



Реферат на тему:

«Метаболический мониторинг и нутритивная поддержка при  
проведении длительной искусственной вентиляции легких»

Выполнила: Сухотина Дарья Владимировна

Ординатор 1 года по специальности: «Анестезиология и реаниматология»

Красноярск 2024

## **Введение.**

Все пациенты отделений реанимации и интенсивной терапии, которым проводят искусственную вентиляцию легких, нуждаются в нутритивной поддержке, осуществляемой энтерально и парентерально. Важными особенностями пациентов на длительной ИВЛ являются: неспособность в течение длительного времени питаться перорально, затяжное течение синдрома гиперкатаболизма-гиперметаболизма вследствие полиорганной дисфункции, высокая частота развития инфекционных осложнений (трахеобронхит, пневмония, уроинфекции), длительное применение антибактериальной терапии, а также опиоидов, бензодиазепинов, альфа-2 агонистов и мышечных релаксантов, существенно влияющих на показатели кислородного и энергетического обмена, высокая частота развития дисфагии бездействия.

За последние годы осуществлен «прорыв» в клинических исследованиях, оценивающих влияние полученных пациентом энергии и белка на осложнения и летальность. Установлено, что выживаемость пациентов в критических состояниях значительно растет при обеспечении пациента белком из расчета не менее 1,2 г/кг идеальной массы тела. Обеспечение пациента в критических состояниях энергией является более сложной задачей, чем обеспечение белком, т.к. наименьшая летальность отмечена при достижении около 80% расчетной энергопотребности, при этом летальность растет как при уменьшении, так и при увеличении доставленной энергии, а энергопотребность меняется каждый день. В одном из рандомизированных исследований, под названием «TICACOS», получены данные об улучшении выживаемости при ежедневном мониторинге основного обмена пациента при помощи метаболографии и соответствующей ежедневной коррекции состава нутритивной поддержки. В этом исследовании отмечено значительное изменение энергопотребности пациентов в динамике. В связи с этим пациентам ОРИТ, нуждающимся в респираторной поддержке, следует использовать достаточно жесткий протокол нутритивной поддержки и, при доступности, применять метаболический мониторинг (непрямую калориметрию). В связи с невозможностью обеспечения адекватным количеством белка и энергии около 30% пациентов, нуждающихся в проведении ИВЛ, необходимо применять парентеральное питание. Следует отметить, что при неправильном назначении и отсутствии адекватного мониторинга в процессе ее проведения, нутритивная поддержка может иметь целый ряд негативных последствий: гипергликемия, гипертриглицеридемия, кетоацидоз, рефидингсиндром. Метаболический мониторинг позволяет оценить не только потребность пациента в энергии, но и оценить метаболические пути нутриентов - гликолиз, липолиз, кетогенез, окисление липидов, липонегенез, таким образом оценивая пути метаболизма вводимых нутриентов и вероятные метаболические осложнения.

### **Методология метаболического мониторинга.**

*Непрямая калориметрия (метаболический мониторинг, метаболография)* – метод оценки текущей энергопотребности пациента и метаболизма нутриентов, основанный на одновременном измерении показателей потребления кислорода ( $VO_2$ ) и экскреции углекислоты ( $VCO_2$ ) в условиях спонтанного или аппаратного дыхания.

Метаболография использует для расчетов измерение  $VO_2$  и  $VCO_2$  в выдыхаемом газе.

**NB!** Для оценки основного обмена (**Resting Energy Expenditure, REE**) используют модифицированное уравнение Weir'a:

$$REE \text{ (ккал)} = [VO_2 \text{ (мл/мин)} \times 3,941 + VCO_2 \text{ (мл/мин)} \times 1,11 \times 1,44$$

- REE - реальная энергопотребность (ккал\сутки);
- $VO_2$  - потребление кислорода (мл\мин);
- $VCO_2$  - экскреция углекислоты (мл\мин).

### **Цели метаболографии:**

- точное определение энергетической потребности пациента для выбора режима нутритивной поддержки;

- определение величины дыхательного коэффициента (RQ) для обеспечения потребностей пациента в макронутриентах и контроля скорости утилизации нутриентов;

- оценка изменений метаболических потребностей, связанных с изменением метаболизма и седации пациента;

- оценка энергетической цены дыхания для выбора оптимального режима респираторной поддержки;

- оценка изменений выделяемой углекислоты, связанной с изменением перфузии легких, для выбора оптимального уровня ПДКВ.

Измерение основного обмена при помощи метаболографа у тяжелых пациентов более точно, чем использование расчетных уравнений и позволяет избежать как гипер-, так и гипоалиментации, а также определить показания к добавочному парентеральному питанию или, наоборот, избежать лишнего назначения парентерального питания. При отсутствии мониторинга  $VO_2$  возможно использовать несколько вариантов упрощенных уравнений Weir на основе только мониторинга  $VCO_2$ : принимая RQ за константу равную 0,86 (применимо только при условии смешанного метаболизма, в ОРИТ лучше не использовать ввиду нестабильности RQ).

$REE \text{ (ккал)} = VCO_2 \text{ (мл/мин)} \times 8,19$  - рассчитывая RQ на основе формул (более точно)

$REE \text{ (ккал)} = [VCO_2 \text{ (мл/мин)} \times 3,941/RQ + VCO_2 \text{ (мл/мин)} \times 1,11] \times 1,44$ ,  
где  $RQ = \% \text{ белка}/100 \times 0,8 + \% \text{ глюкозы}/100 \times 1 + \% \text{ липидов}/100 \times 0,7$

Следует учесть, что кратковременное изменение  $VCO_2$  при условии стабильного метаболического статуса, уровня седации и физической активности свидетельствует об изменении альвеолярной вентиляции. Для оценки преобладания метаболизма тех или иных нутриентов используют

дыхательный коэффициент (RQ), который рассчитывают как соотношение  $VCO_2/VO_2$ .

**Таблица 1. Значения дыхательного коэффициента (ДК) при различных метаболических процессах.**

ДК	Заключение
1-1.3	Преобладает липонеогенез
1.00-0.85	Преобладает окисление углеводов
0.84-0.71	Преобладает окисление липидов
0.85	Смешанное потребление углеводов и липидов
0.65-0.7	Метаболизм кетоновых тел
< 0.65	Нестабильность/гипервентиляция/метаболизм кетоновых тел
> 1.3	Нестабильность/гипервентиляция

Практическое использование показателя ДК для изменения проводимой нутритивной терапии (скорости и состава, подавления гиперметаболизма и т.п.) затруднено в силу того, что потребление кислорода и выделение углекислого газа организмом зависит от многочисленных факторов и этим показателям свойственна значительная вариабельность. Получение рафинированных («истинных») значений  $VO_2$ ,  $VCO_2$  и ДК возможно лишь при соблюдении широкого ряда условий: стабильность дыхательного объема и частоты дыхательных движений, ключевых показателей гемодинамики, неиспользование, либо неизменные скорости введения инотропов и вазопрессоров, бета-блокаторов, седативных препаратов, а также постоянная скорость и концентрация энтерального и парентерального питания, темпа инфузионной терапии, стабильная температура тела, отсутствие выраженного болевого синдрома.

***Суррогатный дыхательный коэффициент -  $ДК = p(v-a)CO_2/VO_2$***

Связь между  $pCO_2$  и  $ССO_2$  носит практически линейный характер в физиологическом диапазоне содержания  $CO_2$ , поэтому  $ССO_2$  может быть замещен  $pCO_2$  ( $pCO_2 = k \times ССO_2$ ), где  $k$  – «псевдолинейный» коэффициент, постоянный при физиологических состояниях. В норме диапазон значений  $p(v-a)CO_2$  - 2-6 мм рт.ст.

Основная причина резкого увеличения  $P(v-a)CO_2$  – это уменьшение сердечного выброса, дополнительная - метаболический ацидоз, усиливающий диспропорцию между  $ССO_2$  и  $pCO_2$  при высоких значениях  $ССO_2$ . Порог суррогатного ДК, прогнозирующий гиперлактатемию ( $> 2$  ммоль/л) - 1.4. Чувствительность - 79%, специфичность - 84%, положительное прогностическое значение - 86%, негативное прогностическое значение – 80%. Суррогатный ДК демонстрирует хорошую валидность в прогнозе гиперлактатемии, клиренса лактата, тяжести состояния ПОН и летальности у пациентов с сепсисом и септическим шоком.

Все системы для метаболического мониторинга можно условно разделить на «интервальные» (измерения осуществляются 1 раз в интервал времени, чаще 1 р/мин) и «breath-by-breath» (измерения при каждом выдохе - «от выдоха к выдоху»). Большинство разрабатываемых для практики интенсивной терапии и доступных на рынке метаболографов относятся ко второму типу. На сегодняшний день существуют лишь несколько коммерчески доступных систем для метаболического мониторинга (E-COVX, GE; Quark RMR, Cosmed; CCM express, Medgraphics; Deltatrac II MBM-200 Metabolic Monitor, Datex (недоступен в РФ); ZisLine MB-200, Triton Electronics), большинство из них переоценивают  $VO_2$  и/или  $VCO_2$ , что приводит к 10%-ной переоценке REE по сравнению с «золотым стандартом» (система Deltatrac) и ошибкам приблизительно в 20% измерений.

Вследствие этого более правильным следует считать не измерение абсолютных значений, а динамики параметра. Следует особое внимание уделять причинам возникающих ошибок измерений и четко следовать инструкциям по калибровке прибора и измерениям.

**NB! Система Deltatrac была признана «золотым стандартом» ввиду эквивалентности данных при сравнении с масс-спектрометрией.**

Проблемы неточности измерений используемых сейчас систем «breath-by-breath» у пациентов при проведении ИВЛ по сравнению с самостоятельно дышащими пациентами, скорее всего, связаны с нарушением синхронизации флюометрии (пневмотахографии) и газоанализа.

**Клинические варианты течения БЭН у пациентов ОРИТ на длительной ИВЛ.**

*Клинические проявления синдрома белково-энергетической недостаточности у пациентов ОРИТ на длительной ИВЛ*

При критическом состоянии, сопровождающимся развитием ДН, требующей длительной ИВЛ катаболическая фаза обмена веществ характеризуется преобладанием распада белка над его синтезом и прогрессирующим нарастанием отрицательного азотистого баланса. Доказано, что выраженный отрицательный азотистый баланс на фоне недостаточного поступления азота (белка) извне продолжающийся более 2-3 недель приводит к прогрессированию ПОН и смерти пациента. В целом, катаболический тип обменных процессов у пациентов в критическом состоянии характеризуется развитием выраженной БЭН, нарушением питания и невозможностью обеспечить организм необходимыми питательными веществами естественным путем. Исследования последних лет показали, что у пациентов хирургического профиля в критическом состоянии, особенно после оперативных вмешательств на органах брюшной полости, большое значение в формировании метаболических нарушений и синдрома ПОН имеют морфофункциональные поражения ЖКТ, определяемые как синдром

кишечной недостаточности (СКН). Развитие СКН в критическом состоянии складывается из целого ряда патогенетических механизмов.

В результате голодания в организме пациента, тяжесть состояния которого определяется синдромом системного воспалительного ответа и катаболической направленностью обмена веществ, в ранний послеоперационный период возникает дисбаланс между потребностями организма в питательных веществах и количеством поступающих нутриентов – формируется синдром БЭН

### **Характер течения и коррекция БЭН у пациентов на длительной ИВЛ.**

На сегодняшний день «золотым стандартом» определения истинных энергетических потребностей пациента ОРИТ на продленной ИВЛ является *метод непрямой калориметрии*. Жесткое соблюдение измеренной калорийности у пациентов ОРИТ с ПОН повышает выживаемость пациентов по сравнению с расчетными методами определения суточной потребности. Строгое возмещение 100% энергозатрат достоверно снижает частоту нозокомиальных инфекций, длительность ИВЛ и снижает расход антибиотиков. Пациенты с нутритивной недостаточностью встречаются практически при всех вариантах критических состояний, требующих длительной ИВЛ. Их количество может колебаться от 27 до 88% , по данным многочисленных исследований во всем мире в отделениях реанимации различного профиля может достигать 90 %.

Развитие БЭН существенно влияет на показатели гуморального иммунитета за счет снижения в крови уровня IgG, что может выражаться в увеличении частоты развития и тяжести гнойно-септических осложнений. Между нутритивным статусом пациентов на длительной ИВЛ и летальностью существует прямая корреляционная связь – чем выше энергетический и белковый дефицит, тем чаще наблюдается развитие инфекционных осложнений, тяжелой ПОН и летальных исходов. Экзогенный дефицит микронутриентов усугубляется эндогенным и приводит к снижению сопротивляемости организма к воздействию стрессорных факторов окружающей среды. Из-за постоянно возрастающих рисков инфекционных осложнений растёт уровень использования антибактериальных препаратов, что увеличивает расходы на лечение, нарушает жизнедеятельность нормальной флоры толстой кишки и способствует культивации резистентных штаммов микроорганизмов.

Целью раннего начала нутритивной поддержки, в течение первых 24-48 ч пребывания в ОРИТ, является уменьшение потери мышечной массы, доставка необходимого количества калорий, повышение иммунного ответа и обеспечение анаболических процессов. Известно, что последствием отрицательного энергетического и белкового баланса является снижение массы тела и развитие синдрома мышечной слабости, приобретенной в ОРИТ, что может приводить к развитию респираторной полинейромиопатии,

усугублять дыхательную дисфункцию и существенно удлинять период искусственной вентиляции легких.

### **Диагностика и лечение.**

1. Основные маркеры развития БЭН: общий белок, альбумин, абсолютное количество лимфоцитов в периферической крови, дефицит массы тела - следует определять на 3-4 сутки пребывания пациента на ИВЛ и в дальнейшем - в динамике.

Таблица 1. Критерии и степени нутритивной недостаточности  
Показатели N Легкая Средняя Тяжелая ИМТ

ДК	Заключение
1-1.3	Преобладает липонеогенез
1.00-0,85	Преобладает окисление углеводов
0,84-0.71	Преобладает окисление липидов
0.85	Смешанное потребление углеводов и липидов
0,65-0,7	Метаболизм кетоновых тел
< 0.65	Нестабильность/гипервентиляция/метаболизм кетоновых тел
> 1.3	Нестабильность/гипервентиляция

2. Рутинно потребности в энергии и белке пациента на длительной ИВЛ следует определять эмпирически: потребность в энергии - 25-30 ккал/кг, потребность в белке - 1,2- 1,5 г/кг/сутки.

3. Непрямую калориметрию (метаболический мониторинг) у пациентов на длительной ИВЛ следует проводить по специальным показаниям при наличии технической возможности:

#### ***Респираторные показания:***

- Неудачное отлучение от ИВЛ
- ОРДС
- Глубокая (длительная) седация и анальгезия
- Миоплегия
- ХОБЛ как причина острой дыхательной недостаточности
- Необходимость оценки потребления кислорода
- Оценка причины гиперпноэ и высокого минутного объема дыхания

#### ***Нереспираторные показания:***

- Острая церебральная недостаточность как причина критического состояния
  - Сепсис
  - Стойкая гипоальбуминемия (гипопротеинемия) на фоне эмпирически проводимой нутритивной поддержки
  - Отсутствие эффекта от эмпирически проводимой нутритивной поддержки
- Ожирение тяжелой степени (ИМТ > 30 кг/м<sup>2</sup>)

- Пациент с ампутированной конечностью
- Расчет энергетической цены дыхания при сложном отлучении от вентилятора
- Измерение сердечного выброса методом Фика
- Оценка глубины седации
- Оценка перфузии легких на основе динамики выделения углекислоты при изменении параметров ИВЛ

4. Возможность проведения раннего энтерального питания следует оценивать на следующее утро после поступления пациента. В различных группах больных доказаны и подтверждены принципиально важные эффекты, которые позволяют добиться адекватного и грамотного назначения средств для энтерального и парентерального питания в интенсивной терапии различного профиля: уменьшение частоты госпитальной инфекции, длительности СВО, сроков ИВЛ, расхода препаратов и компонентов крови, сокращения длительности пребывания больного в ОРИТ. В европейских (ESPEN) и канадских (CSCN) клинических рекомендациях говорится о том, что начинать проведение нутритивной поддержки следует в течение первых 24 ч или первых 24–48 ч после поступления в ОРИТ, соответственно. Большинство исследований показывает, что нутритивная терапия, начатая на ранних этапах пребывания пациента в ОРИТ, приводила к снижению госпитальной летальности и сокращению пребывания больного в стационаре. Раннее энтеральное питание модулирует реакцию на стресс, способствует более быстрому разрешению патологического процесса, приводит к лучшим результатам лечения и является «золотым стандартом» нутритивной поддержки при критических состояниях.

5. Раннее энтеральное питание (ЭП), осуществляемое в назогастральный или назоинтестинальный зонд, является ключевым методом НП у пациентов на длительной ИВЛ.

Раннее ЭП является более предпочтительным по сравнению с ранним ПП при отсутствии противопоказаний. Раннее ЭП модулирует гиперметаболический ответ и сохраняет нормальный метаболизм белков, измененный в результате нарушения нейрогуморальной регуляции внутренних органов в ответ на хирургическую агрессию. Недавно опубликованный мета-анализ, посвященный влиянию раннего начала ЭП на показатели клинического исхода, показал, что раннее ЭП достоверно снижало риск неблагоприятного исхода и частоту развития нозокомиальных пневмоний по сравнению с поздним энтеральным питанием у пациентов ОРИТ. Базовой для начала энтерального питания является стандартная полисубстратная энтеральная диета (тип Стандарт). Специализированные ЭД применяют только при наличии специальных показаний:



***Показания к назначению полуэлементных (олигомерных) диет - тип Пептид:***

- непереносимость полисубстратных энтеральных смесей;
- выраженные явления мальабсорбции;
- синдром «короткой кишки»;
- после длительного периода голодания - более 10 дней.

***Показания к назначению ЭД, обогащенных пищевыми волокнами - тип Файбер:***

- длительное (более 7 дней) энтеральное питание;
- длительная антибактериальная терапия (особенно цефтриаксон и аминогликозиды);
- диарея или запор на фоне зондового питания.

***Показания к назначению ЭД для пациентов сахарным диабетом - тип Диабет:***

- сахарный диабет 1 и 2 типа;
- стрессовая гипергликемия у пациентов с острой церебральной недостаточностью.

***Показания к назначению ЭД для пациентов с печеночной недостаточностью - тип Гепат:***

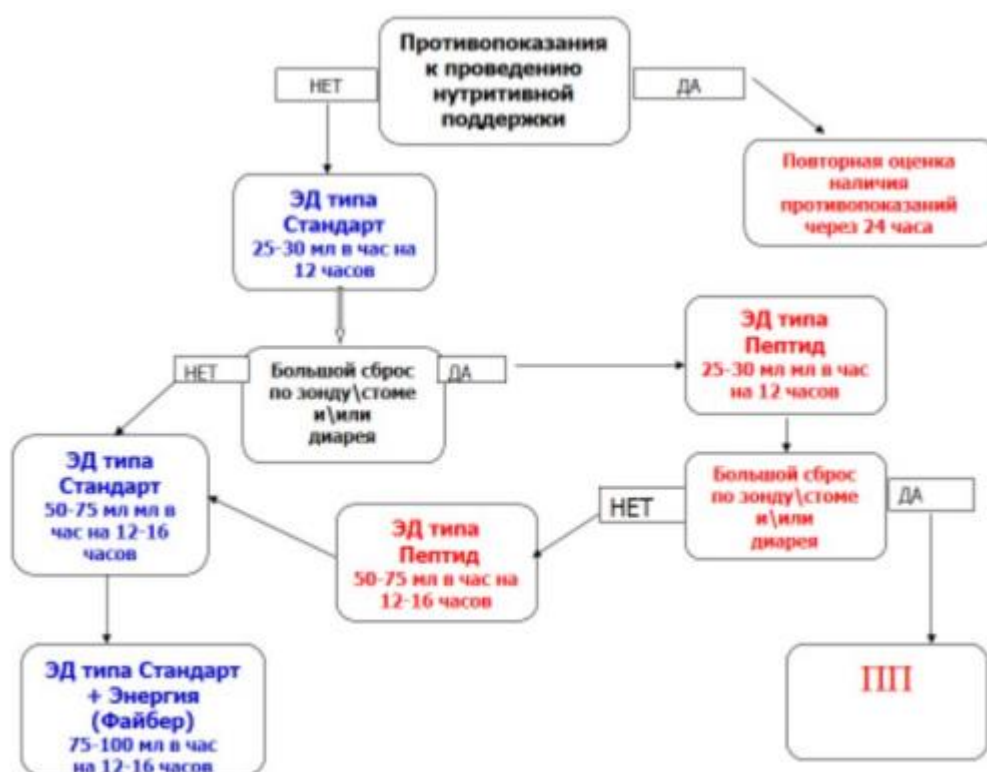
- энтеральное питание пациентов с ОПечН или ХпечН;
- энтеральное питание пациентов после трансплантации печени.

***Показания к назначению ЭД, обогащенных фармаконутриентами - глутамином, аргинином, омега 3 жирными кислотами, антиоксидантами - тип Иммун:***

- тяжелая политравма;
- тяжелая термическая травма;
- абдоминальные операции, осложненные системной воспалительной реакцией, СПОН с тяжестью состояния по шкале APACHE-II менее 25 баллов.

Так называемые «зондовые столы» не следует применять для энтерального питания пациентов ОРИТ в связи с высоким риском инфекционных осложнений, невозможностью медленного капельного введения, неясной белковой, энергетической емкостью, неизвестной осмолярностью и количеством витаминов и микроэлементов в единице объема.

### Схема 1: Алгоритм проведения ранней НП у пациентов на продленной ИВЛ.



6. Парентеральное питание у пациентов на длительной ИВЛ следует проводить в следующих случаях:

- С 1-2 суток у пациентов с исходной тяжелой питательной недостаточностью;
- При отсутствии исходной питательной недостаточности решение о парентеральном питании принимается с 4-5 суток в случаях, когда пациент не может обеспечить с помощью энтерального зондового питания > 60% от потребности в энергии в течение первых 72 часов

7. Внутривенные растворы глутамина следует применять при проведении полного парентерального питания в связи с тяжелой кишечной недостаточностью или невозможностью питаться энтерально

8. Внутривенное введение омега 3 жирных кислот следует применять при проведении как полного, так и частичного парентерального питания, а также в программах парентерального питания у пациентов с высоким риском развития нозокомиальных инфекций

9. Влияние омега-3 ЖЭ на систему предшественников медиаторов СВР, по- видимому, может оказывать также влияние на течение системной воспалительной реакции. Многочисленные исследования у пациентов ОРИТ подтверждают клиническую ценность омега-3 ЖК у критических пациентов.

### Список литературы:

1. Луфт, В.М. Руководство по клиническому питанию: руководство / В.М. Луфт, В.С. Афончиков, А.В. Дмитриев, Ю.В. Ерпулева и др. – С.-Пб., 2016. – С. 112.
2. Энтеральное и парентеральное питание: национальное руководство [Текст] / под ред. А. И Салтанова, Т. С. Поповой. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 814 с.
3. Клинические рекомендации . Анестезиология-реаниматология./ под. Ред. И.Б.Заболотских, Е.М.Шифмана. Седация пациентов в отделениях реанимации и интенсивной терапии.-М.:ГЭОТАР-Медиа,2016-960 с.
4. Лейдерман, И.Н. Современная концепция нутритивной поддержки при критических состояниях. 5 ключевых проблем / И.Н. Лейдерман // Интенсивная терапия. – 2005. - № 1. С. 44-50.
5. Попова Т. С., Тамазашвили Т.Ш., Шестоपालов А.Е. Синдром кишечной недостаточности в хирургии. — М.: Медицина, 1991. — 204 с.
6. Луфт, В.М. Современные возможности нутриционной поддержки больных в интенсивной медицине / В.М. Луфт // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2010. – Т. 7. - № 5. – с. 42-51.
7. Лейдерман, А. И. Ярошецкий, Е. А. Кокарев и др. Парентеральное питание: вопросы и ответы. Руководство для врачей / И. Н.— СПб.: Онли-Пресс, 2016. - С. 191.
8. Беркасова И. В., Верещагин Е. И., Валеева В. А. и др Динамика концентрации цитокинов и микроэлементов в свете нутритивной недостаточности при реконструктивных операциях на пищевом тракте. Медицина и образование в Сибири. - 2012 - № 6. - С. 54.
9. Петрова М. В., Бихарри Ш. Д., Бархударов А. А. Роль энтерального питания в ранней послеоперационной реабилитации пациентов в абдоминальной хирургии. Доктор.Ру. Анестезиология и реаниматология. Медицинская реабилитация. — 2015. — № 15 (116) — № 16 (117). — С. 37—41.
10. Салтанов А. И., Сельчук В. И., Снеговой А. В. Основы нутритивной поддержки в онкологической клинике (руководство для врачей). М.: МЕД пресс-информ, 2009. 240 с.
11. Метаболический контроль и нутритивная поддержка в реабилитации больных с ПИТ-синдромом / И. Н. Лейдерман, А. А. Белкин, Р. Т. Рахимов, Н. С. Давыдова // Consilium Medicum. — 2016. — № 18 (2.1). — С. 48—52.