

ВЕЛОЭРГОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ВО ВРАЧЕБНО-ЛЕТНОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ
(Методические рекомендации для врачебно-летных экспертных комиссий гражданской
авиации и отделений функциональной диагностики медицинских организаций
гражданской авиации)

Москва - 2016

ВВЕДЕНИЕ

Профессиональная деятельность пилотов предъявляет высокие требования к состоянию их здоровья. Одним из важных аспектов медицинского обеспечения безопасности полетов является раннее выявление и предупреждение возникновения у пилотов состояний здоровья, угрожающих безопасности полетов (СУБП). В структуре СУБП ведущее место занимают события, в основе которых лежат заболевания сердечно-сосудистой системы: острый инфаркт миокарда, стенокардия, острое нарушение мозгового кровообращения и другие.

Для определения функционального состояния сердечно-сосудистой системы широкое распространение получили пробы с физической нагрузкой. Они используются для выявления скрытой недостаточности коронарного кровообращения; оценки: функциональных резервов сердечно-сосудистой системы при начальных и скрыто протекающих формах ее заболеваний; гемодинамических особенностей, имеющих дифференциально-диагностическое значение; толерантности пациентов к физической нагрузке; уровня тренированности и физической подготовки; а также для динамического наблюдения за этими показателями при проведении лечебных и оздоровительных мероприятий.

В практике врачебно-лётной экспертизы (ВЛЭ) гражданской авиации (ГА) обследование авиационного персонала включает велоэргометрию (ВЭМ). "Методические рекомендации по проведению велоэргометрических исследований у летного состава" (1979, 1980, 1984, 1986, 2004) определяли порядок проведения велоэргометрии, а также критерии оценки полученных результатов.

Настоящие Методические рекомендации "Велоэргометрическое исследование в практике врачебно-лётной экспертизы гражданской авиации" разработано коллективом авторов с учетом накопленного опыта применения ВЭМ в практике ВЛЭ, новых научных достижений в области кардиологии и функциональной диагностики.

Методические рекомендации предназначены для врачей отделений функциональной диагностики, врачей специалистов-экспертов ВЛЭК ГА, использующих в практике ВЛЭ результаты велоэргометрии при принятии экспертных заключений о допуске авиационного персонала к профессиональной деятельности.

Пробы с динамической физической нагрузкой (велоэргометрия и тредмилметрия) относятся к **обязательным методам обследования** в целях врачебно-лётной экспертизы в гражданской авиации. Самым распространенным нагрузочным тестом в отечественной авиационной медицине является велоэргометрия.

Показания для проведения ВЭМ в гражданской авиации

1. Скрининг скрытых форм ИБС у авиационного персонала при наличии трех и более факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний (основными факторами риска ИБС являются: возраст, курение, дислипидемия, нарушение углеводного обмена, ожирение, артериальная гипертензия, наследственная отягощенность, атеросклероз сосудов любой локализации).
2. Уточнение профессионального прогноза у лиц с заболеваниями:
 - сердечно-сосудистой системы (гипертоническая болезнь, нарушения сердечного ритма и проводимости, пролапс митрального клапана, кардиомиопатии, пороки сердца и аномалии развития сердечно-сосудистой системы, перенесенные воспалительные заболевания сердца, нейро-циркуляторная дистония (НЦД) по кардиальному типу);
 - нервной системы (вегето-сосудистая дистония (ВСД), перенесенное синкопальное состояние);
 - органов дыхания (хронический необструктивный бронхит, саркоидоз легких и внутригрудных лимфатических узлов, перенесенный туберкулез легких);
 - эндокринной системы (медикаментозно компенсированный гипотиреоз, излеченный тиреотоксикоз);
 - опорно-двигательного аппарата (протезирование суставов).
3. Обследование лиц летного состава при:
 - восстановлении на летную работу;
 - перерыве в работе 4 мес. и более (в возрасте 40 лет и старше);
 - командировании в страны с жарким и холодным климатом (со сроком командировки более 3 месяцев);
 - направлении на выполнение авиационно-химических работ.

Цели ВЭМ:

1. ранняя диагностика ИБС;
2. выявление и идентификация нарушений сердечного ритма и проводимости;
3. оценка гемодинамической реакции на физическую нагрузку для выявления лиц с гипертензивной реакцией;
4. определение сохранности функциональных резервов у лиц старшей возрастной группы и с признаками соматической патологии;
5. оценка физической работоспособности (толерантности к физической нагрузке);
6. объективизация эффективности лечебно-оздоровительных мероприятий (оценка эффективности подобранной антигипертензивной и антиаритмической терапии).

Таким образом, ВЭМ в практике врачебно-лётной экспертизы используется как в диагностических, так и прогностических целях.

Противопоказания к проведению нагрузочного теста являются общими для функциональной диагностики как в общетерапевтической практике, так и в авиационной медицине (Приложение 1).

Однако следует отметить, что все перечисленные в Приложении 1 состояния в практике авиационного врача встречаются редко. Наиболее частыми противопоказаниями для проведения ВЭМ во врачебно-лётной экспертизе являются: текущие воспалительные заболевания, включая период продрома и реконвалесценции, неконтролируемая артериальная гипертензия.

Требования к отделению функциональной диагностики (ОФД). Исследование должно проводиться только специально подготовленным медицинским персоналом, имеющим допуск к проведению стресс-тестов (врач и медсестра), владеющих необходимыми знаниями по функциональной диагностике и проведению сердечно-лёгочной реанимации. Помещение должно быть достаточно просторным, чистым, хорошо освещённым, с минимальным уровнем шума. Оптимальной считается температура воздуха в помещении 19-22⁰С, допустимо повышение температуры до 26⁰С при наличии вентиляции. Комфортная влажность воздуха – 50%. Для подготовки обследуемого к проведению теста должна быть ширма и выделено место для его одежды. Помещение должно быть оснащено оборудованием (со своевременным прохождением метрологического контроля) и необходимыми медикаментами для оказания неотложной помощи (Приложение 2). Дефибриллятор должен быть включен до начала исследования.

Подготовка обследуемого к велоэргометрии. Перед проведением ВЭМ врач отделения функциональной диагностики информирует обследуемого о сути методики, цели ее использования и возможных осложнениях. Обследуемый должен быть проинструктирован перед каждым проведением теста, даже если он его выполнял ранее. Образец письменного информированного согласия обследуемого представлен в Приложении 3. Удобной формой информирования служит памятка по подготовке к нагрузочному тестированию, которая выдается обследуемому на руки. Необходимо предупредить пациента о вреде самолечения и самостоятельном приеме препаратов. Кроме того, следует учитывать следующие важные положения.

- Целесообразность отмены проводимой медикаментозной терапии при ВЭМ решается индивидуально в зависимости от цели исследования. Большинство лиц с артериальной гипертензией обследуется на фоне проводимого медикаментозного лечения.
- ВЭМ проводится в первой половине дня через 1,5-3 часа после небольшого приема

пищи, т.е. не натошак.

- Обследуемый не должен употреблять алкогольные напитки накануне обследования.
- Не рекомендуется курение за 2-3 часа до обследования, а также употребление кофе и крепкого чая перед обследованием.
- Необходимо иметь свободную одежду и удобную спортивную обувь, не препятствующие выполнению нагрузки.
- Минимум за 12 часов до обследования исключаются сауна, баня и значительные физические нагрузки; необходим отдых перед ВЭМ.
- Рекомендуется выбрить волосы у обследуемого в местах наложения электродов.
- О возникновении неприятных ощущений в период проведения ВЭМ обследуемый должен информировать медицинского работника.
- Высота седла при ВЭМ должна быть подогнана по росту пациента так, чтобы при нахождении педалей в нижнем положении нога была полностью выпрямлена в коленном суставе.
- Обследуемому не разрешается приподниматься в седле велоэргометра при ВЭМ.
- Вращать педали необходимо со скоростью около 60 оборотов/мин (наиболее физиологичная нагрузка).
- Обследуемого просят сильно не сжимать руль велоэргометра, а держаться за него только для сохранения равновесия. При выполнении нагрузки плечевой пояс должен быть расслаблен, чтобы не возникали изометрические нагрузки и нагрузки на преодоление сопротивления. Это *особенно важно при измерении уровня артериального давления (АД)*.

Методика проведения ВЭМ. Перед ВЭМ проводится осмотр обследуемого врачом авиационной организации или врачом-терапевтом экспертом ВЛЭК: сбор анамнеза (самочувствие, сон, прием препаратов) и физикальный осмотр с измерением АД и ЧСС, выявляются противопоказания к проведению нагрузки (см. Приложение 1). Относительным противопоказанием для проведения ВЭМ в гражданской авиации являются величина АД 150/90 мм рт. ст. и более; ЧСС – 90 уд./мин. и более. Оформляется направление в ОФД (образец см. Приложение 4).

В ОФД регистрируется исходная стандартная ЭКГ покоя в 12 отведениях в горизонтальном положении пациента и сидя на велоэргометре. При выполнении ВЭМ грудные электроды накладываются в стандартном положении, электроды с ног переносятся на поясничную область, а с рук – под углы лопаток или на плечевой пояс.

Во время нагрузки постоянно мониторируется ЧСС и ЭКГ с визуальным контролем, оцениваются клинические симптомы (одышка, утомляемость и т.д.). Запись 5 комплексов ЭКГ и измерение АД проводят в конце каждой ступени нагрузки, на высоте

нагрузки, сразу после ее окончания и в период восстановления каждые 2 мин до восстановления исходных показателей, при необходимости - чаще. На ЭКГ отмечают уровень нагрузки и ее продолжительность.

Методика дозирования физической нагрузки (выбор начальной ступени и шага увеличения нагрузки). ВЭМ в практике ВЛЭ проводится по стандартной методике (табл. 1) – ступенчатая непрерывно возрастающая нагрузка с длительностью каждой ступени 3 мин. Использование качественного стандартного (единообразного) протокола обследования позволяет сопоставлять результаты тестирования в последующем и ставит освидетельствуемых в «равные» условия. Проведение ВЭМ длительностью более 12 мин не целесообразно.

Таблица 1

Протокол нагрузочных ступеней

Степень нагрузки	Длительность (мин)	Мощность нагрузки (Вт)
1	3	90
2	3	120
3	3	150
4	3	180
Период восстановления		

В российской авиамедицинской практике используют субмаксимальный тест как достаточно информативный и более безопасный. Субмаксимальная ЧСС – расчетный показатель, который зависит от пола и, главным образом, возраста и соответствует достижению 85% от максимальной ЧСС. Для расчета можно использовать упрощенную формулу: субмаксимальная ЧСС у мужчин = 200 – возраст (полных лет); диапазон значений $\pm 5\%$.

Для женщин используется следующая схема расчета субмаксимальной ЧСС: максимальная ЧСС = 210 – возраст (полных лет); субмаксимальная ЧСС соответствует 85% от максимальной ЧСС; диапазон значений $\pm 5\%$.

Если обследуемый принимает медикаменты, то в протоколе должны быть указаны название, дозы и кратность приема препаратов. Как правило, у лиц с артериальной гипертензией отмена антигипертензивных средств не требуется. В случае применения препаратов с пульсурежающим действием (β -адреноблокаторы, антагонисты кальция: верапамил и дилтиазем) субмаксимальная ЧСС при выполнении ВЭМ может быть не достигнута. В этих случаях важным показателем переносимости нагрузки будет максимальная мощность выполненной нагрузки.

После достижения одного или нескольких критериев прекращения ВЭМ ее уровень уменьшают до 20% от достигнутой мощности (обычно 20-40 Вт) и продолжают не менее 2

мин, в первую очередь для предотвращения резкого снижения АД.

Для решения вопросов врачебно-летней экспертизы основным **критерием выполнения нагрузки является достижение субмаксимальной ЧСС.**

Абсолютные критерии прекращения ВЭМ (субмаксимальная нагрузка)

1. Возникновение типичного приступа стенокардии.
2. Появление аритмий (мерцательная аритмия или пароксизмальная тахикардия).
3. Появление новых нарушений проводимости (СА, АВ и/или внутрижелудочковые блокады).
4. Изменения комплекса QRS в виде резкого снижения амплитуды зубца R, углубление и расширение ранее существовавших зубцов Q и QS, переход зубца Q в QS.
5. Повышение САД более 230 мм рт. ст., ДАД – более 120 мм рт. ст.
6. Смещение сегмента ST на 2 мм и более вверх или вниз от изоэлектрической линии (по сравнению с исходным показателем).
7. Снижение САД на 20 мм рт. ст. (по сравнению с уровнем на предыдущей ступени нагрузки).
8. Появление приступа удушья или выраженной одышки (частота дыхания 30 и более в 1 мин).
9. Развитие головокружения, тошноты, головной боли и другой неврологической симптоматики.
10. Появление признаков периферической гипоперфузии (бледность, цианоз кожных покровов).
11. Невозможность мониторирувания ЭКГ и АД (технические проблемы).
12. Отказ пациента от дальнейшего продолжения пробы из-за усталости, слабости, болей в ногах, суставах.

Относительные критерии прекращения ВЭМ (субмаксимальная нагрузка)

1. Достижение субмаксимальной ЧСС.
2. Общая резкая слабость, выраженное утомление.
3. Отсутствие прироста САД на двух и более ступенях нагрузки.
4. Появление частой (более 10 в 1 мин.), политопной, групповой желудочковой экстрасистолии.

Критерии прекращения нагрузки должны быть обязательно отражены в заключении о результатах ВЭМ.

Оценка результатов ВЭМ.

Оценка результатов ВЭМ включает клинические данные (жалобы, внешний вид, психологическая переносимость нагрузки), гемодинамические показатели (АД, ЧСС),

ЭКГ данные, оценку достигнутой мощности выполненной нагрузки. Результаты заносятся в протокол заключения велоэргометрии.

Особенностью контингента гражданской авиации является отсутствие жалоб, редуцированный (неполный) анамнез, поэтому более значимыми являются ЭКГ-критерии, динамика ЧСС и АД, данные внешнего вида пациента.

1. Оценка внешнего вида обследуемого является косвенным признаком его клинического состояния.

Признаки периферической гипоперфузии (холодный пот, периферический цианоз, бледность кожи) могут указывать на снижение сердечного выброса и вторичную периферическую вазоконстрикцию. Снижение периферического сосудистого резерва является проявлением неадекватности нагрузки и может быть поводом для ее прекращения. Перевод в положение лежа в этом случае может усилить явления сердечной дисфункции. Необходимо усадить обследуемого, продолжить контроль за его состоянием.

Общая слабость, утомляемость также могут быть проявлением физической детренированности обследуемого.

2. Анализ ЭКГ изменений.

Изначально методика нагрузочного тестирования была предложена для провокации транзиторной ишемии миокарда с целью ее оценки при помощи данных ЭКГ. Предлагались многочисленные способы оценки патологических изменений ЭКГ с использованием разных ее элементов, но наиболее информативным для диагностики ИБС является оценка изменений сегмента ST. Поэтому в качестве ЭКГ-критерия оценки теста используют изменения сегмента ST (чувствительность - 68%, специфичность - 77% при использовании критерия положительного теста - депрессия или подъем ST на 1мм; при депрессии 2 мм специфичность теста у мужчин увеличивается до 95%). При распечатке данных ЭКГ достаточно регистрации 5 комплексов на исходной ЭКГ, на всех ступенях нагрузки и в период отдыха.

2.1. Депрессия сегмента ST – основной признак субэндокардиальной ишемии. Местом перехода комплекса QRS в сегмент ST служит точка j (junction, англ.- соединение). Вправо от нее на расстоянии 0,06-0,08 с находится точка i (ischemic, англ. – ишемия). Оценивается смещение сегмента ST в точке i по сравнению с исходным положением сегмента ST относительно изоэлектрической линии. При отсутствии зубца S точка j находится на пересечении нисходящего колена зубца R с началом сегмента ST. В комплексах типа QS точка j располагается на пересечении восходящего колена QS с сегментом ST. О направлении смещения сегмента ST судят по расстоянию между точками j и i. Различают следующие типы смещений сегмента ST:

2.1.1. *горизонтальное* – изоэлектрическая линия до точки j = до точки i и составляет 1 мм и более (рис.1а),

2.1.2. *косонисходящее* - точка i находится ниже точки j (рис.1б); смещение на 1 мм и более при горизонтальной и косонисходящей депрессии – высокая вероятность ишемии,

2.1.3. *косовосходящее* - точка j находится ниже точки i (рис.1г),

- *косовосходящее медленное* (ST-slope) считается ишемическим, если точка i находится ниже изоэлектрической линии на 1,5 мм и более (рис.1д),
- *косовосходящее быстрое* - точка i не смещена, только точка j ниже изоэлектрической линии; такое смещение сегмента ST не имеет патологического значения и является вариантом нормального ответа на нагрузку (рис.1г),

2.1.4. *корытообразное (U-образное, провисающее)* смещение сегмента ST может наблюдаться в отведениях без зубца S, следовательно, без точки j . В этих случаях измеряют глубину смещения по отношению к изоэлектрической линии. За ишемическое принимается состояние надира (дна) сегмента ≥ 1 мм (рис.1в).

Таким образом, критериями ишемического смещения сегмента ST являются:

- горизонтальная или косонисходящая депрессия на 1 мм и более,
- медленное косовосходящее смещение сегмента ST, при условии, что точка i находится ниже изоэлектрической линии на 1,5 мм и более,
- подъем сегмента ST (j и $j+0,08$ с) более 1 мм считается ишемическим.

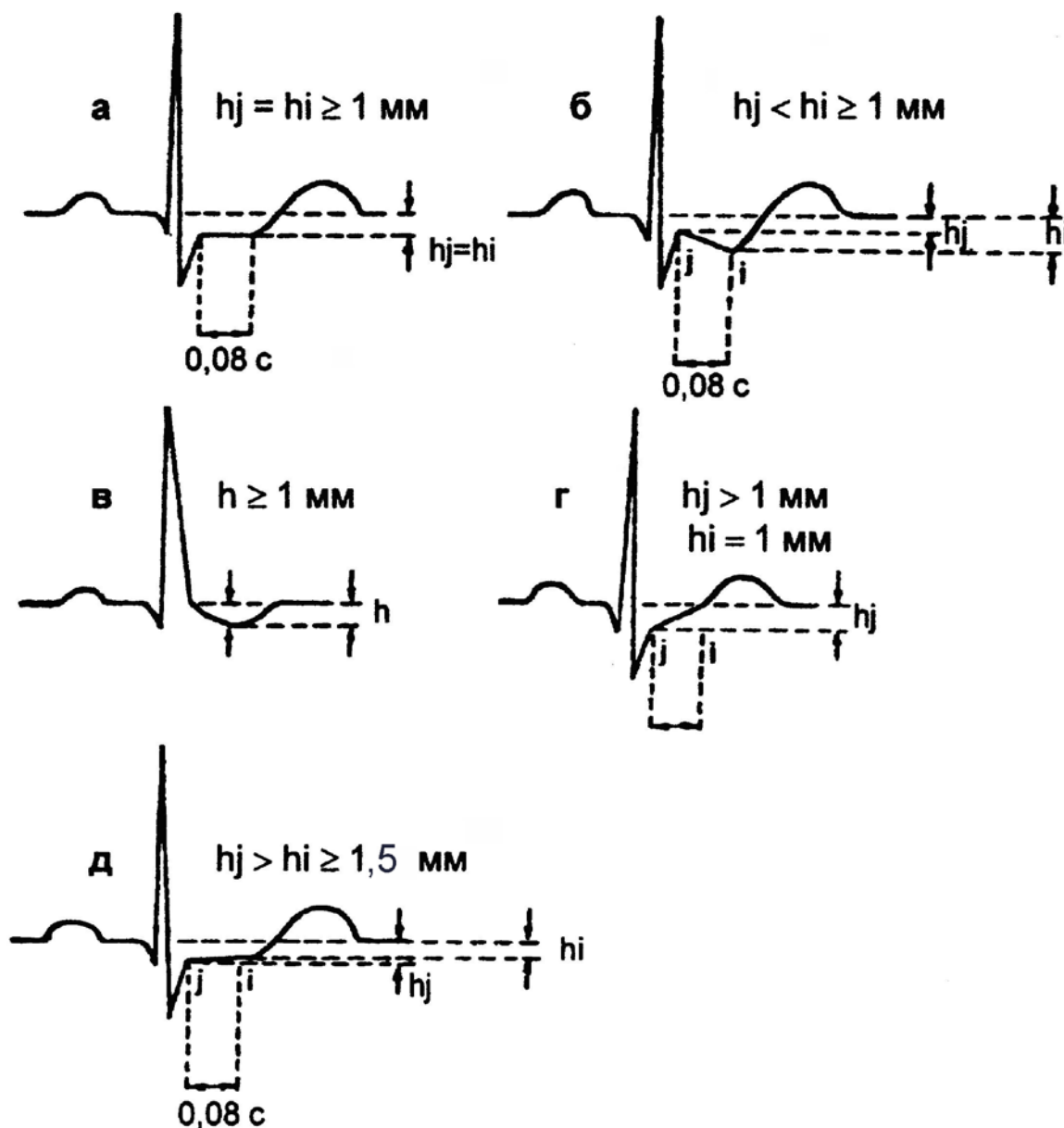


Рисунок 1. Типы смещений сегмента ST при ВЭМ.

Оценка положения сегмента ST возможна при наличии на ЭКГ участка с не менее чем тремя рядом расположенными на одном уровне комплексами QRS.

У части обследуемых лиц трудно или даже невозможно интерпретировать результаты ВЭМ. Оценка ЭКГ данных затруднена при наличии полной блокады левой ножки пучка Гиса, синдроме ранней реполяризации желудочков, выраженной гипертрофии миокарда левого желудочка, WPW. В этих случаях целесообразно проведение нагрузочной сцинтиграфии миокарда.

Косвенная оценка состояния коронарного кровоснабжения. По результатам ВЭМ на выявление ИБС проба может быть расценена как положительная, отрицательная,

сомнительная (неопределенная).

Неинформативной считается проба, в ходе которой не достигнута субмаксимальная ЧСС и при этом не выполнена полная мощность нагрузки (четыре ступени нагрузки) и отсутствуют критерии положительной или сомнительной пробы. В таком случае возможность оценить физическую работоспособность сохраняется, а в заключении указывается, что проба прекращена до достижения критериев ее оценки.

Отрицательная проба (определенно отрицательная): достигнута заданная возрастная субмаксимальная ЧСС при заданной мощности нагрузки без ЭКГ-признаков ишемии и ее клинических проявлений. Отрицательные результаты пробы не позволяют исключить ИБС, но являются признаком хорошего коронарного резерва.

Отрицательной с особенностями считается проба, при проведении которой у пациента:

- регистрируется нечастая экстрасистолия (до 5 в 1 мин);
- на ЭКГ зарегистрирована реверсия или инверсия Т-волны;
- значение АД превысило 230/120 мм рт. ст.;
- развилось коллаптоидное состояние, снижение САД на 10-20 мм рт. ст. на высоте нагрузки;
- появилось головокружение или головная боль;
- имеется жалоба на одышку;
- возникли боли в ногах, послужившие причиной ее прекращения.

Сомнительной проба считается в следующих случаях:

1. имеется подъем или депрессия сегмента ST ишемического типа от 0.8 до 1 мм (1,3-1,5 мм для медленной косовосходящей депрессии);
2. выявлены нарушения ритма и проводимости (частая – 5 и более в 1 мин желудочковых и/или наджелудочковых экстрасистол, СА-, АВ-блокада или внутрижелудочковая блокада);
3. появились отрицательные или двухфазные зубцы Т при отсутствии других ЭКГ-изменений;
4. зарегистрированы пароксизмальная тахикардия, мерцательная аритмия;
5. произошло снижение САД на 20 мм рт. ст. и более на высоте нагрузки при отсутствии значимой динамики ЭКГ;
6. развился атипичный болевой синдром.

Положительной (во ВЛЭ) считается проба, при которой возник типичный приступ стенокардии и/или появились следующие ЭКГ-критерии:

1. горизонтальное, косонисходящее или корытообразное смещение сегмента ST на

1 мм и более длительностью не менее 0,06-0,08 с по сравнению с исходным уровнем;

2. медленное косовосходящее смещение сегмента ST при смещении точки *i* на 1,5 мм и более по сравнению с исходным уровнем;

3. подъем сегмента ST на 1 мм и более от исходного уровня.

К ишемическим изменениям сегмента ST следует относить изменения его не только во время нагрузки, но и в течение 8-10 мин. периода восстановления.

Наиболее частые причины ложноположительных тестов перечислены в Приложении 4.

3. Оценка физической работоспособности и уровня тренированности.

Индивидуальная толерантность к физической нагрузке – один из важнейших и надежных прогностических показателей нагрузочного тестирования, более значимый, чем шкальные оценки риска (SCORE, Framingham). Смертность от сердечно-сосудистых заболеваний за 6-летний период наблюдения выше у мужчин 40-59 лет с пониженной толерантностью к физической нагрузке по данным тредмилметрии. Толерантность к физической нагрузке зависит от коронарного и миокардиального резервов, физической тренированности.

Для оценки толерантности к физической нагрузке используют следующие показатели.

3.1. Максимальное потребление кислорода при нагрузке (спироэргометрические исследования существенно повышают временные затраты и стоимость исследования, при этом незначительно увеличивая его клиническую информативность).

3.2. Пороговое двойное произведение (индекс напряжения, индекс Робинсона).

Двойное произведение (ДП) косвенно оценивает потребление кислорода, т.к. инотропная функция сердца прямо пропорциональна величине ДП и отражает потребление кислорода. При одной и той же мощности нагрузки один человек может выполнять нагрузку с меньшим напряжением миокарда, тогда как другой – с большим. ДП вычисляется по формуле: $ДП (у. е.) = ЧСС \times САД \times 10^{-2}$ или $ДП = (ЧСС \times САД) / 100$ или $САД \times ЧСС \times 0,01$. При субмаксимальной нагрузке 85% от макс.) ДП обычно составляет 200-350 у. е.

3.3. Наиболее часто толерантность к физической нагрузке оценивают по уровню максимальной мощности нагрузки - максимально достигнутой рабочей нагрузки (пороговая мощность нагрузки), на которой нагрузка выполняется не менее 2 мин.

В целях ВЛЭ приняты критерии: **высокой работоспособности** – проведение 4-х ступеней нагрузки и более (≥ 180 Вт), **сохранной** – успешное выполнение 3-ей ступени

нагрузки не менее 2 мин 30 с (150 Вт); *сниженной* – прекращение нагрузки на 1-2 ступени (менее 120 Вт) или ранее двух минут 3-ей ступени.

3.4. Продолжительность тестирования (продолжительность нагрузки).

3.5. Суммарная мощность выполненной работы.

3.6. Максимально достигнутая ЧСС, реакция АД.

Наиболее частыми причинами низкой физической работоспособности являются неадекватная антигипертензивная терапии и детренированность. У лиц со сниженной физической работоспособностью для исключения ИБС целесообразно проведение дополнительного обследования (сцинтиграфии миокарда с нагрузкой, мультиспиральной компьютерной томографии с контрастированием коронарных артерий, коронарной ангиографии). **Высокая физическая работоспособность** отмечается при занятиях физической культурой и активном образе жизни.

4. Оценка гемодинамической реакции на нагрузку. Большое значение имеет оценка реакции АД и ЧСС на нагрузку.

4.1. Оценка ЧСС.

ЧСС покоя зависит от возраста, пола, уровня физической тренированности, положения тела (лежа, сидя). Прирост ЧСС в ходе нагрузки (особенно ЧСС на пике нагрузки) имеет наибольшее значение. Нормальным считается прирост ЧСС на 15-30 ударов в 1 минуту на каждой ступени в зависимости от тренированности обследуемого. Как правило, на 1 ступени нагрузки ЧСС составляет 90-130 уд./мин. (в среднем 114), а на 3 ступени – 140-160 уд./мин..

Недостаточный прирост ЧСС во время нагрузки может быть вызван:

- приемом пульсурежающих препаратов (чаще всего β -адреноблокаторов),
- снижением хронотропного резерва сердца (например, синдромом слабости синусового узла),
- высокой физической работоспособностью; при этом должны присутствовать и другие признаки: хорошая переносимость нагрузки, выполнение нагрузки высокой мощности.

Отсутствие причин для замедленной пульсовой реакции и неспособность достижения субмаксимальной ЧСС может указывать на снижение хронотропных резервов.

Причины избыточной пульсовой реакции (на начальных ступенях нагрузки):

- детренированность,
- нейроциркуляторная дистония,
- синдром отмены β -адреноблокаторов,
- прием медикаментов (некоторые антагонисты кальция),

- гипертиреоз,
- анемия,
- сердечная или дыхательная недостаточность.

Во всех перечисленных случаях может быстро достигаться субмаксимальная ЧСС, что отражает плохую переносимость физической нагрузки.

Динамика ЧСС в восстановительном периоде также имеет важное значение. Скорость восстановления, которая определяется как разница между ЧСС на пике нагрузки и 1 мин после прекращения нагрузки, можно считать замедленной при величине менее 12 уд./мин.

4.2. Оценка динамики АД. Во время физической нагрузки величина АД возрастает, причем реакция АД на нагрузку у мужчин более выражена, чем у женщин и увеличивается с возрастом.

Существуют следующие **варианты реакции АД на физическую нагрузку.**

- *Нормотонический* – повышение САД на 20-30 мм рт. ст. на каждой ступени нагрузки (но не более 230 мм рт. ст.) или прирост на 70-75 мм рт. ст. по сравнению с исходным уровнем при отсутствии динамики или незначительном приросте ДАД на 20% от исходного уровня (но не более 110 мм рт. ст.). В результате пульсовое давление повышается. Восстановительный период занимает 5-6 мин. Этот тип реакции АД на нагрузку характерен для здоровых людей.

- *Гипотонический* – незначительное повышение САД на нагрузку (чаще 140-150/80-90 мм рт. ст. на высоте нагрузки), прирост САД менее 60 мм рт. ст. по сравнению с уровнем до нагрузки, при неизменном ДАД, чаще при избыточной пульсовой реакции. Прирост пульсового давления незначителен (менее 15% от исходного пульсового давления) или снижен. Восстановление ЧСС и АД замедлено. Такой тип реакции на нагрузку является неблагоприятным, т.к. свидетельствует о снижении миокардиального (инотропного) резерва. Гипотоническая реакция АД может отмечаться также у детренированных лиц, на фоне приема ряда медикаментов (иАПФ, β -адреноблокаторы).

- *Гипертонический (варианты – систолический, систоло-диастолический, диастолический)* – повышение САД более 230 мм рт. ст., ДАД более 110 мм рт. ст. При гипертоническом типе реакции АД на нагрузку проба может быть завершена до достижения субмаксимальной ЧСС.

Нагрузочное тестирование позволяет выявить скрытые гипертензивные состояния и предсказать риск развития АГ в будущем (неадекватно высокий подъем АД). Также гипертензивный ответ на нагрузку ассоциируется с более высокой распространенностью поражения органов-мишеней: гипертрофией левого желудочка, выраженностью дисфункции

миокарда ЛЖ, т.к. свидетельствует о недостаточном контроле артериальной гипертензии.

- *Дистонический* характеризуется повышением САД до 180 мм рт. ст. и выше при снижении ДАД, может сопровождаться «феноменом бесконечного тона», который сохраняется в течение нескольких минут после прекращения нагрузки, как правило, при возрастании ЧСС. Ведущий признак – высокое пульсовое давление. Период восстановления замедлен. Дистонический тип реакции АД часто встречается у спортсменов, тренированных лиц и в возрасте 18-25 лет.

По окончании обследования создается **отчет**, включающий распечатку комплексов ЭКГ в 12 отведениях до нагрузки, на каждой ступени нагрузки и в период восстановления; величина АД и ЧСС до нагрузки, на каждой ступени нагрузки и в период восстановления; оценивается максимальное отклонение сегмента ST от изолинии на высоте нагрузки. Указывается причина прекращения нагрузки. Проводится анализ клинических проявлений, динамики ЭКГ. Дается оценка физической работоспособности, особенности гемодинамической реакции на нагрузку. По совокупности ЭКГ-изменений и клинических данных составляется заключение (образец протокола см. Приложение 6).

Формирование заключения.

1. Паспортная часть: наименование и адрес медицинской организации; дата и время проведения теста, ФИО обследуемого, возраст (дата рождения), пол, антропометрические данные (масса тела); диагноз и/или основная цель тестирования; прием медикаментов (название и суточные дозы).

2. Протокольная часть: особенности исходной ЭКГ, вид теста (субмаксимальный), вид протокола нагрузки с указанием ступеней нагрузки, их продолжительности, параметры при нагрузочном тестировании (динамика АД, ЧСС, степень развития утомления, динамика сегмента ST), продолжительность общей нагрузки, максимально достигнутый уровень нагрузки, критерии прекращения нагрузки, характеристика нарушений ритма и проводимости.

3. Врачебное заключение: общая оценка теста (проба положительная, отрицательная, сомнительная, неинформативная), реакция АД и ЧСС на нагрузку, оценка физической работоспособности.

Главная цель нагрузочного тестирования во ВЛЭ – определение вероятности ИБС. О высокой вероятности ИБС и о многососудистом поражении могут свидетельствовать следующие клинические и ЭКГ-признаки.

Клинические признаки.

- Резкое снижение САД во время нагрузки - более чем на 20 мм рт. ст. по сравнению с АД на любой предыдущей ступени нагрузки или отсутствие адекватного прироста

АД в ответ на нагрузку (не выше 130-150 мм рт. ст. на максимуме нагрузки) вследствие снижения сердечного выброса.

- Появление резкой одышки.
- Низкая толерантность к физической нагрузке (максимальная нагрузка менее 150

Вт продолжительностью менее 2 мин).

ЭКГ-признаки.

- Раннее возникновение депрессии сегмента ST при низком уровне нагрузки; при ЧСС без приема β -адреноблокаторов – менее 120 в 1 мин до 45 лет и менее 110 в 1 мин после 45 лет; низкая величина ДП.

- Горизонтальная или косонисходящая депрессия сегмента ST одновременно в большом количестве отведений (3-5 и более).

- Горизонтальная или косонисходящая депрессия сегмента ST 2 мм и более.

- Подъем сегмента ST на 2 мм и более.

- Длительное сохранение горизонтальной или косонисходящей депрессии сегмента ST после прекращения пробы, в восстановительном периоде (до 6-8 мин и более).

- Возникновение опасных аритмий - желудочковой тахикардии.

Дополнительное обследование.

При установлении у пациента избыточной ЧСС и повышенного АД до нагрузки, что является относительным противопоказанием для велоэргометрии, рекомендуется проведение дополнительного обследования пациента с использованием других информативных методов (сцинтиграфии миокарда, мультиспиральной компьютерной томографии, коронароангиографии).

При интерпретации теста как неинформативного (не достигнута субмаксимальная ЧСС при выполнении 4 степени нагрузки), сомнительного или положительного (ишемическая депрессия или подъем ST от 1 до 2 мм) целесообразно проведение нагрузочной сцинтиграфии миокарда.

При положительном тесте (депрессия или подъем ST 2 мм и более) рекомендуется проведение коронароангиографии, так как специфичность такого изменения сегмента ST у мужчин в возрасте старше 40 лет составляет 95%.

Заключение.

Таким образом, у пробы с физической нагрузкой (ВЭМ) много достоинств, которые позволили ей стать важным компонентом клинического обследования во врачебно-летной экспертизе гражданской авиации и занять существенное место. ВЭМ используется в повседневной практике в качестве начального неинвазивного диагностического теста. Для

более точного выявления ИБС и прогнозирования отказов здоровья по причине сердечно-сосудистых заболеваний по показаниям используются дополнительные методы обследования – сцинтиграфия миокарда с нагрузкой, мультиспиральная компьютерная томография с контрастированием коронарных артерий, коронароангиография.

Результаты ВЭМ используются при вынесении экспертного заключения и определении профессионального прогноза. Совершенствование подходов к ВЭМ будет способствовать повышению качества экспертизы и улучшению медицинского обеспечения полетов. Представленный материал поможет стандартизировать проведение и интерпретацию результатов нагрузочного тестирования.

Коллектив авторов выражает благодарность всем специалистам, принявшим участие в обсуждении Методических рекомендаций и приславших предложения и замечания, которые были учтены при доработке документа.

Противопоказания к проведению нагрузочного теста

Абсолютные противопоказания	Относительные противопоказания
<ul style="list-style-type: none"> - отрицательная динамика ЭКГ по-кою; - нестабильная стенокардия с высоким риском развития инфаркта миокарда (до стабилизации состояния); - острый период инфаркта миокарда (первые 2 недели); - тяжелые неконтролируемые нарушения сердечного ритма и проводимости с клиническими и гемодинамическими нарушениями; - тяжелый гемодинамически значимый аортальный стеноз; - недостаточность кровообращения II Б-III ст.; - расслаивающая аневризма аорты; - острый эндокардит, миокардит, перикардит; - острая эмболия легочной артерии или легочный инфаркт; - острый тромбоз вен; - выраженная дыхательная недостаточность; - инфекционные заболевания, лихорадка; - острые соматические (острое нарушение мозгового кровообращения и др.) и хирургические заболевания. 	<ul style="list-style-type: none"> - АД 150/90 мм рт. ст. и более; - ЧСС 90 уд./мин. и более; - наличие в анамнезе серьезных нарушений сердечного ритма, обморочных состояний, мозгового инсульта; - аневризма сердца или магистральных сосудов; - стеноз ствола левой коронарной артерии; - полная блокада левой ножки пучка Гиса, в связи с невозможностью оценить изменения конечной части желудочкового комплекса; - тахикардия в покое (ЧСС 100 уд./мин. и более); - гипертрофическая кардиомиопатия с обструкцией выносящего тракта левого желудочка; - умеренный клапанный порок сердца; - выраженные электролитные нарушения; - лечение медикаментами, которые могут повлиять на оценку результатов теста (например, применение сердечных гликозидов); - декомпенсированные соматические заболевания (сахарный диабет, тиреотоксикоз, почечная и печеночная недостаточность, анемия и др.); - выраженная легочная гипертензия; - заболевания сосудов нижних конечностей (тромбоз вен и облитерирующий атеросклероз); - миопия высокой степени; - выраженные физические или психические нарушения, препятствующие выполнению нагрузки; - отказ больного от проведения исследования.

Оснащение кабинета для проведения велоэргометрии:

1. настенные часы с секундной стрелкой,
2. термометр, гигрометр, барометр,
3. велоэргометр,
4. электрокардиограф не менее чем 3-х канальный,
5. сфигмоманометр и стетоскоп,
6. кушетка,
7. дефибриллятор.

Медицинские средства для оказания неотложной помощи:

1. одноразовые стерильные шприцы и иглы,
2. стерильная вата,
3. спирт для проведения инъекций,
4. нитроглицерин в таблетках или спрей,
5. ненаркотические анальгетики (баралгин, анальгин, трамал),
6. нашатырный спирт,
7. мезатон, норадреналин, адреналин, кофеин в ампулах,
8. атропин в ампулах,
9. лидокаин 50 мг в ампулах,
10. обзидан, верапамил и амиодарон в ампулах,
11. сердечные гликозиды (дигоксин, коргликон, строфантин в ампулах),
12. лазикс (фуросемид),
13. гидрокарбонат натрия 4% (стерильный раствор),
14. физиологический раствор (стерильный).

Информированное согласие на проведение велоэргометрии

Врач разъяснил мне необходимость проведения велоэргометрии для оценки функциональной способности сердечно-сосудистой и дыхательной систем моего организма. Полученная при этой пробе информация будет важна для диагностики, прогноза продолжения профессиональной деятельности и моего успешного лечения в случае необходимости в дальнейшем. Во время пробы будет оцениваться моя переносимость физической нагрузки - вплоть до появления либо усталости, либо одышки, либо дискомфорта в груди, либо других симптомов, которые послужат причиной прекращения пробы.

Во время проведения велоэргометрии в целях предосторожности и безопасности у меня будут непрерывно мониторироваться и регистрироваться электрокардиограмма, частота пульса и уровень артериального давления.

Я предупреждён, что риск нагрузочной пробы минимален, однако в результате её могут появиться одышка, усталость, нарушения ритма сердца, может развиться болевой сердечный приступ и чисто гипотетически, с вероятностью менее чем 1 случай на 10000 исследований, возможно возникновение осложнений.

Медицинский персонал будет постоянно присутствовать во время проведения велоэргометрии и вовремя окажет мне необходимую помощь, а в случае появления каких-либо осложнений я буду госпитализирован для их лечения.

Я прочитал информированное согласие, полностью ориентирован в возможностях назначенной мне велоэргометрии и убеждён в необходимости её проведения. У меня нет вопросов к врачу, касающихся велоэргометрии, и я добровольно соглашаюсь провести её.

Пациент _____ (ФИО)
(личная подпись)

Врач _____ (ФИО)
(личная подпись)

Заверяю: свидетель _____ (ФИО)
(личная подпись)

« ____ » _____ 20 ____ г.

Осмотр перед велоэргометрической пробой

Дата осмотра _____. Время осмотра _____.
Фамилия имя отчество _____. Возраст _____.

Жалобы:

Сон _____.

Прием медикаментов _____.

Объективно: Состояние удовлетворительное. В легких везикулярное дыхание, хрипов нет. Тоны сердца ясные / приглушенные, ритм правильный,

_____.

АД = _____ / _____ мм рт. ст. ЧСС = _____ уд. в мин.

Живот мягкий, безболезненный. Физиологические отправления в норме.

Направляется на ВЭМ для (нужное подчеркнуть):

- исключения скрытой патологии сердечно-сосудистой системы,
- определения толерантности к физической нагрузке,
- оценки профессионального прогноза,
- оценки эффективности лечения.

Противопоказаний для ВЭМ нет.

К проведению ВЭМ допущен.

Врач _____ (ФИО)
(личная подпись)

Причины ложноположительной и ложноотрицательной нагрузочной пробы

Причины ложноположительной пробы	Причины ложноотрицательной пробы
<ol style="list-style-type: none"> 1. НЦД с нарушениями процессов реполяризации. 2. Гипертрофия миокарда левого желудочка с реполяризационными изменениями на ЭКГ. 3. Протрузия митрального клапана. 4. Кардиомиопатии. 5. Перикардит. 6. WPW. 7. Блокады ножек пучка Гиса. 8. Прием некоторых медикаментов (сердечные гликозиды, диуретики, хинидин, трициклические антидепрессанты) и кокаина. 9. Гипокалиемия. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Неправильное заключение об отрицательной пробе при отсутствии критерия достижения субмаксимальной ЧСС. 2. Прием медикаментов (β-адреноблокаторы и другие антиангинальные средства). 3. Хорошая компенсация коллатерального кровообращения при стенозе одной коронарной артерии. 4. Методические погрешности (технические трудности при регистрации ЭКГ).

Штамп медицинской организации

(Образец)
Приложение 6

ПРОТОКОЛ ВЕЛОЭРГОМЕТРИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

ФИО _____, пол _____, возраст _____

Масса тела _____ кг. Дата и время обследования _____

Диагноз _____

Лекарственная терапия _____

(название и дозы препаратов)

	Мощность нагрузки (Вт)	Продолжительность нагрузки (мин)	ЧСС (уд./мин.)	АД (мм рт. ст.)
Исходные данные:				
1 ступень	90 Вт.			
2 ступень	120 Вт.			
3 ступень	150 Вт.			
4 ступень	180 Вт.			

Отдых

Время, мин	ЧСС (уд./мин.)	АД (мм рт. ст.)
1		
3		
5		
7		
10		

Причина прекращения исследования _____

Наличие жалоб обследуемого _____

ЭКГ-признаки (до, во время и после нагрузки) _____

Гемодинамические реакции (ЧСС и АД) _____

Физическая работоспособность _____

Толерантность к физической нагрузке _____

Заключение: _____

Подпись врача ОФД _____ (ФИО)

Личная печать врача

Список сокращений:

АВ	атриовентрикулярная
АД	артериальное давление
ВЛЭ	врачебно-летная экспертиза
ВСД	вегето-сосудистая дистония
ВЭМ	велозргометрия
ДАД	диастолическое артериальное давление
ДП	двойное произведение
ИБС	ишемическая болезнь сердца
НЦД	нейро-циркуляторная дистония
ОФД	отделение функциональной диагностики
СА	синоатриальная
САД	систолическое артериальное давление
ЧСС	частота сердечных сокращений
ЭКГ	электрокардиография

Велозргометрическое исследование во врачебно-летней экспертизе гражданской авиации (Методические рекомендации для врачебно-летних экспертных комиссий гражданской авиации и отделений функциональной диагностики медицинских организаций гражданской авиации) подготовили:

Потиевский Б.Г., председатель ЦВЛЭК ГА, к.м.н., доцент кафедры авиационной и космической медицины ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава РФ; Ковалева И.О., врач терапевт-эксперт ЦВЛЭК ГА; Кузьмина А.Ю., к.м.н., доцент кафедры авиационной и космической медицины ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава РФ; Юстова В.Д., к.м.н., доцент кафедры авиационной и космической медицины ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава РФ; Парнес Е.Я., д.м.н., профессор; Эренбург И.В., к.м.н., доцент кафедры кардиологии РГМУ.

Рецензенты:

Аронов Д.М., д.м.н., профессор, руководитель лаборатории кардиосоматической реабилитации и вторичной профилактики, заслуженный деятель науки РФ

Шульпина Г.И., заведующая отделением функциональной диагностики ОАО «ЦБЭЛИС»

Методические рекомендации обсуждались на двух научно-практических конференциях "Медицинское обеспечение полетов в гражданской авиации", а так-

же на служебных совещаниях председателей ВЛЭК ГА, врачей экспертов-терапевтов ВЛЭК ГА и врачей отделений функциональной диагностики медицинских организаций ГА (2014-2016 г.г.).