

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель министра

В.А. Ходжаев

3 декабря 2010 г.

Регистрационный № 112-1010

**КРИТЕРИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ВЕРХНИХ ШЕЙНЫХ  
СЕКМЕНТОВ СПИННОГО МОЗГА ПРИ КРАНИОВЕРТЕБРАЛЬНОМ  
СТЕНОЗЕ И НЕСТАБИЛЬНОСТИ ОКЦИПИТО-ЦЕРВИКАЛЬНОГО  
ПЕРЕХОДА**

инструкция по применению

УЧРЕЖДЕНИЕ-РАЗРАБОТЧИК:

ГУ «Республиканский научно-практический центр  
травматологии и ортопедии»,

АВТОРЫ:

д-р биол. наук, доц. Ильясевич И.А.

канд. мед. наук Дулуб О.И.

канд. биол. наук Заровская А.В.

канд. биол. наук Сошникова Е.В.

В инструкции на метод представлен алгоритм и определены критерии электрофизиологической оценки функций и кровотока верхнешейных сегментов спинного мозга (СМ) у пациентов с краниовертебральным стенозом и нестабильностью окципито-цервикального перехода. Инструкция на метод разработана в рамках ГКПНИ «Современные технологии в медицине», рег. номер 20091066.

### **Область применения**

Инструкция предназначена для нейрофизиологов, неврологов и нейрохирургов, может применяться в лекционных циклах студентов медицинских университетов.

### **Показания к применению**

Диагностика уровня и степени супраспинально-спинальных нарушений верхнешейных сегментов СМ при краниовертебральном стенозе и нестабильности окципито-цервикального перехода с целью определения показаний и выбора методики хирургического лечения, прогнозирования функционального исхода.

**Противопоказаний к применению** не установлено.

### **Перечень необходимого оборудования**

1. Электромиографическая установка с набором электродов.
2. Магнитный стимулятор, работающий в синхронном режиме с электромиографом при запуске магнитного импульса.
3. Ультразвуковой сканер с программой исследований экстра- и интракраниальных сосудов, датчики 7,5 и 2 мГц.

**Стеноз и нестабильность позвоночника** в области окципито-цервикального перехода приводят к компрессии и раздражению нервных и сосудистых образований сегментарного и супраспинального уровня. В основе нарушений функций спинного мозга при краниовертебральном стенозе и нестабильности окципито-цервикального перехода выделяют ишемические и нейрофизиологические патологические реакции, характеризующиеся многообразием системных и локальных функциональных проявлений. Сложность верификации указанных нарушений обусловлена во многом неясностью их патогенетической структуры и трудностью методического доступа уровня верхних шейных сегментов для диагностики и лечения. Достоверную количественную оценку этих процессов можно произвести на основании данных электрофизиологического исследования.

### **КЛИНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ**

Кранио-вертебральный стеноз травматического генеза характеризуется развитием неврологического дефицита, обусловленного компрессией или раздражением продолговатого мозга и верхних сегментов шейного отдела СМ, нарушениями кровоснабжения мозга и кровообращения в вертебрально-базиллярном бассейне. Развивается картина преходящих или стойких очаговых и внеочаговых неврологических нарушений, имеющих признаки корешковых, спинальных и бульбарных расстройств.

Проявления посттравматической сирингогидромиелии определяются темпом возникновения тотальной формы, выраженностью первичного неврологического дефицита и особенностями его восстановления, а так же характером нарушений ликвороциркуляции и ликворопродукции в ЦНС.

Для группы пациентов с врожденным краниовертебральным стенозом (базиллярная импрессия, платибазия, синдром Арнольда–Киари) характерной является мозаичность клинической картины с развитием цервикалгии, мозжечковыми нарушениями, дисфункцией каудальной группы черепно-мозговых нервов, вовлечением структур ствола мозга и наличием моторных, координаторных и сенсорных нарушений.

### **ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ**

#### **Медицинская технология проведения электрофизиологического исследования**

Электрофизиологические исследования проводят в стандартных условиях с соблюдением требований температурного режима в помещении (23-26 °С) и температуре кожных покровов пациента не менее 32 °С.

В диагностический протокол исследования включают: суммарную электромиографию (ЭМГ), регистрацию соматосенсорных вызванных потенциалов (ССВП), мигательного рефлекса, транскраниальную магнитную стимуляцию (ТМС) с синхронной регистрацией моторных ответов (МО) мышц кисти и голени.

С помощью суммарной ЭМГ регистрируют биоэлектрическую активность мышц с двигательной иннервацией ниже уровня компрессии СМ в условиях относительного физиологического «покоя» и при произвольном максимальном напряжении.

При стимуляции *n. medianus* регистрируют ССВП на трех уровнях: периферический  $N_9$  отражает активацию аксонов плечевого сплетения; спинальные  $N_{11}-N_{13}$  возникают в результате постсинаптической активации задних рогов шейных сегментов СМ; потенциалы коры  $N_{20}-P_{25}$ . Оценку ССВП проводят по следующим параметрам: амплитуда (мкВ), латентный период (мс), межпиковый интервал ( $N_{20}-N_{13}$ ), являющийся показателем центральной афферентной проводимости (ССТ — central conductive time).

При электрофизиологической оценке мигательного рефлекса производят регистрацию вызванных потенциалов круговой мышцы глаза в ответ на электрическую стимуляцию супраорбитального нерва. Анализируют порог (мВ), амплитуду (мкВ) и латентность (мс) двух компонентов мигательного рефлекса: *R1* и *R2*.

Состояние нисходящих моторных путей СМ и двигательных корешков оценивают по данным ТМС. Используют индуктор с максимальной индукцией до 2 Тл. При проведении ТМС магнитный индуктор располагают над сводом черепа в проекции соответствующих зон моторной коры головного мозга. С помощью накожных электродов регистрируют МО в мышцах-мишенях: *m. lingualis* (*n. trigeminus*, *r. lingualis*); *m. diaphragma* ( $C_2-C_3$ ) и *mm. thenar* ( $C_6-C_7$ ), *m. tibialis anterior* ( $L_4-L_5$ ). Для стимуляции корешков спинномозговых нервов магнитный индуктор ориентируют

на уровне соответствующих шейных или поясничных позвонков. Магнитную стимуляцию проводят в режиме одиночных раздражений магнитными импульсами. При оценке МО определяют амплитуду негативной фазы (мкВ), длительность (мс) и латентный период (мс). Вычисляют время центрального моторного проведения импульса (ВЦМП) на участке шейных (или грудных и поясничных) сегментов СМ, которое определяют как разницу латентных периодов МО, возникающих в исследуемой мышце при краниальном и цервикальном (люмбальном) положении магнитного индуктора.

Для оценки кровоснабжения головного и спинного мозга применяют цветовую дуплексную сонографию. В В-режиме оценивают состояние сосудистой стенки, измеряют диаметр артерий и толщину комплекса «интима-медиа». Затем регистрируют доплеровские кривые *a.a.subclavia (SC)*, *carotis communis (CCA)*, *carotis interna (ICA)*, *carotis externa (ECA)*, *vertebralis (V1-V3 сегменты)*, *a.a.cerebri media (MCA, M1 сегмент)*, *cerebri anterior (ACA, A1 сегмент)*, *cerebri communicating posterior (PCCA)*, *cerebri posterior (PCA, P2 сегмент)*, *a.a.vertebralis (V4 сегмент)* справа и слева, *a.basilaris*, *a.spinalis anterior* и измеряют следующие параметры: максимальную линейную скорость кровотока ( $V_{max}$ , см/с), среднюю скорость кровотока ( $V_{med}$ , см/с), минимальную скорость кровотока ( $V_{min}$ , см/с), пульсативный индекс ( $PI$ ), резистивный индекс ( $RI$ ).

#### **Электрофизиологические критерии функции верхнешейных сегментов спинного мозга при краниовертебральном стенозе**

**Суммарная ЭМГ.** Нарушения двигательной функции сопровождаются изменением структуры интерференционной ЭМГ, регистрируемой в норме. Определяются два типа структурной модификации ЭМГ. Первый тип характеризуется снижением частоты биоэлектрической активности (до 30-40%) с одновременной генерацией редких высокоамплитудных осцилляций. Указанный тип ЭМГ является следствием процессов синхронизации в деятельности двигательных единиц мышцы. Второй тип ЭМГ характеризуется значительным снижением (до 70%) амплитуды и частоты биоэлектрической активности и имеет признаки переднероговой перестройки двигательных единиц мышцы (II тип ЭМГ по классификации Ю.С. Юсевич, 1958). В зависимости от выраженности и распространенности клинических проявлений заболевания указанные нарушения ЭМГ определяются в мышцах не только верхних, но и нижних конечностей.

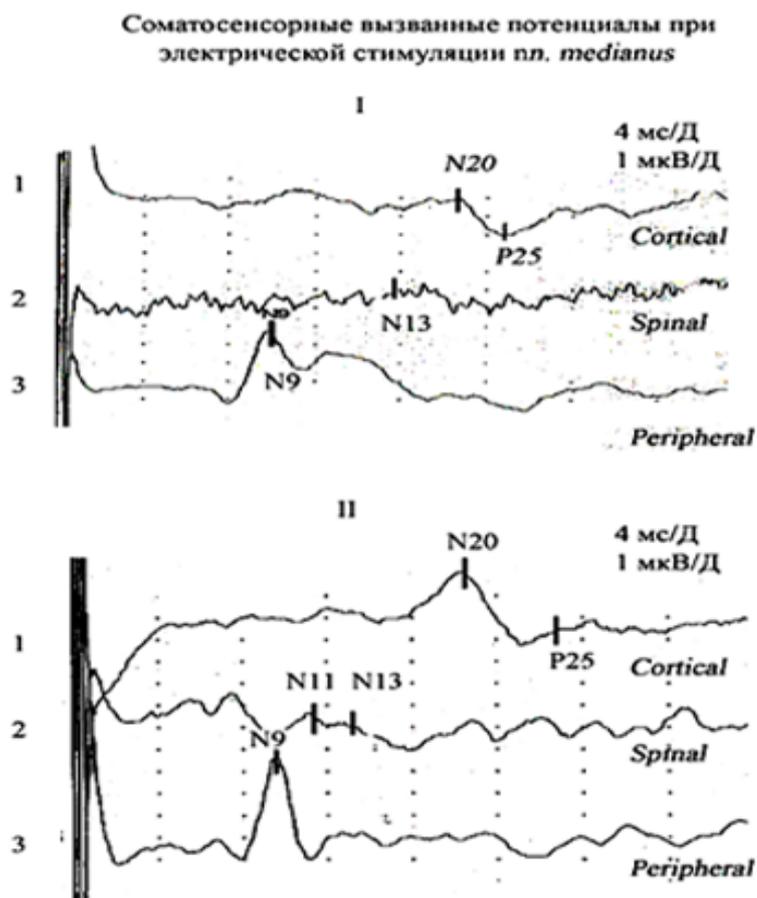
**Соматосенсорные вызванные потенциалы (ССВП).** Для оценки сенсорной проводимости СМ на уровне шейных сегментов производят регистрацию ССВП. Электрофизиологический паттерн ССВП при краниовертебральном стенозе характеризуется увеличением латентного времени ССВП в сочетании со снижением амплитуды (таблица 1).

Показатели соматосенсорных вызванных потенциалов  
при стимуляции *n. medianus* (M±m)

Параметры ССВП	Группы	ССВП-пики				$N_{20}-N_{13}$
		$N_9$	$N_{13}$	$N_{20}$	$P_{25}$	
Латентный период, мс	N, $n = 10$	9,7±0,2	13,4±0,2	19,1±0,2	24,4±0,8	5,7±0,3
	I, $n = 16$	9,8±1,2	14,3±0,4*	21,3±0,4*	24,5±0,3	7,0±0,6*
	II, $n = 10$	9,4±0,8	13,7±1,1	20,2±0,9	24,2±0,8	5,9±0,8
	III, $n = 7$	9,8±0,7	14,4±1,3*	20,2±1,2	25,3±0,9	6,8±0,5*
Амплитуда мкВ	N, $n = 10$	5,8±1,2	1,0±0,4	1,5±0,5	2,5±0,6	
	I, $n=16$	3,2±0,3*	0,5±0,2	0,5±0,1*	0,5±0,1*	
	II, $n=10$	3,1±0,5*	0,6±0,2	0,7±0,2	0,6±0,2*	
	III, $n = 7$	3,0±0,5*	0,5±0,4	0,3±0,1*	0,5±0,1*	

*Примечание:* N — контроль; I — травматический краниовертебральный стеноз; II — врожденный краниовертебральный стеноз; III — посттравматическая синингогидромиелия; ( $N_{20}-N_{13}$ ) — время центрального афферентного проведения спинного мозга; \* достоверные изменения параметров ССВП по сравнению с контрольной группой при  $p < 0,05$  по  $t$ -критерию Стьюдента

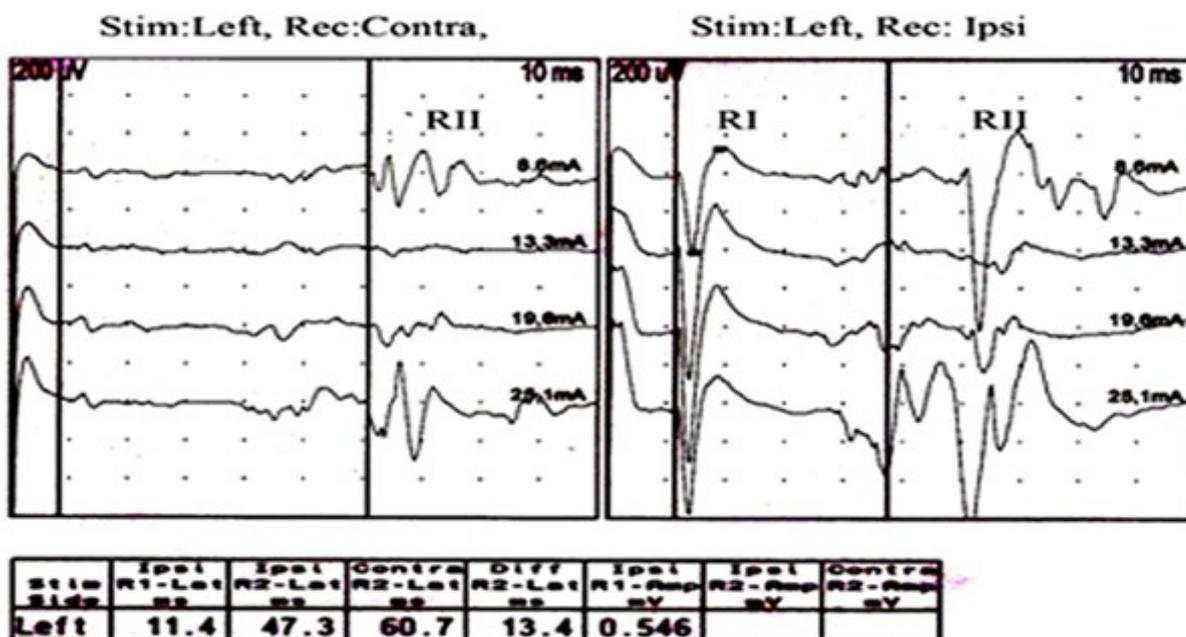
Степень выраженности указанных изменений параметров ССВП соответствует тяжести клинических проявлений патологии и позволяет количественно оценить изменения афферентной проводимости шейных сегментов СМ и надсегментарных отделов центральной нервной системы. В послеоперационном периоде положительная динамика параметров ССВП характеризуется увеличением амплитуды, сокращением латентного времени и восстановлением формы потенциала (рис.1).



**Рис. 1. Динамика ССВП, зарегистрированных у пациентки П.  
с аномалией верхнешейного отдела позвоночника  
до- (I) и после (II) оперативного лечения**

**Мигательный рефлекс.** Для оценки сегментарной деятельности верхнешейных сегментов регистрируют потенциалы мигательного рефлекса.

Биоэлектрическим аналогом мигательного рефлекса являются два компонента: *R1* и *R2* — регистрируемые в круговой мышце глаза при раздражении электрическими импульсами супраорбитального нерва. Анализ величины латентного времени компонента *R1* мигательного рефлекса отражает проводимость тройничного и лицевого нервов. У пациентов с краниовертебральным стенозом он соответствует контрольным значениям:  $9,5 \pm 0,4$  мс. Электрофизиологическое исследование *R2* мигательного рефлекса дает количественную оценку функционального состояния сегментарных интернейронов верхнешейных сегментов СМ, дорзально примыкающих к центральному каналу СМ. Увеличение латенции *R2* до  $43,1 \pm 0,7$  мс (против  $38,9 \pm 0,9$  в норме) расценивается как признак нарушения функций интернейронов заднего продольного пучка СМ (рис. 2).



**Рис. 2. Вызванные потенциалы (RI и RII) мигательного рефлекса, зарегистрированные у пациентки П. с аномалией верхнешейного отдела позвоночника до операции.**

В послеоперационном периоде отклонения параметров латенции R2 нормализуются, что указывает на функциональный характер выявленных изменений, имеющих связь с состоянием гемоциркуляторного русла СМ.

**Транскраниальная магнитная стимуляция (ТМС).** Проводимость нисходящих моторных путей СМ у пациентов с краниовертебральным стенозом определяют по данным ТМС. Для оценки функций СМ на уровне верхних шейных сегментов (C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>) разработан способ диагностики с применением ТМС для регистрации МО *m. diaphragma* (патент № 12757).

Электрофизиологический паттерн по данным МО характеризуется снижением амплитуды с одновременным увеличением латентного времени МО. Интервалы достоверного изменения проводимости СМ на уровне верхних и нижних шейных сегментов (C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub> и C<sub>6</sub>-C<sub>7</sub>) представлены в таблице 2.

Электрофизиологическая оценка состояния супраспинальных моторных путей у пациентов с краниовертебральным стенозом показала, что величина латентного периода МО *m. lingualis* находится в пределах нормальных значений – 6,7±1,3 мс.

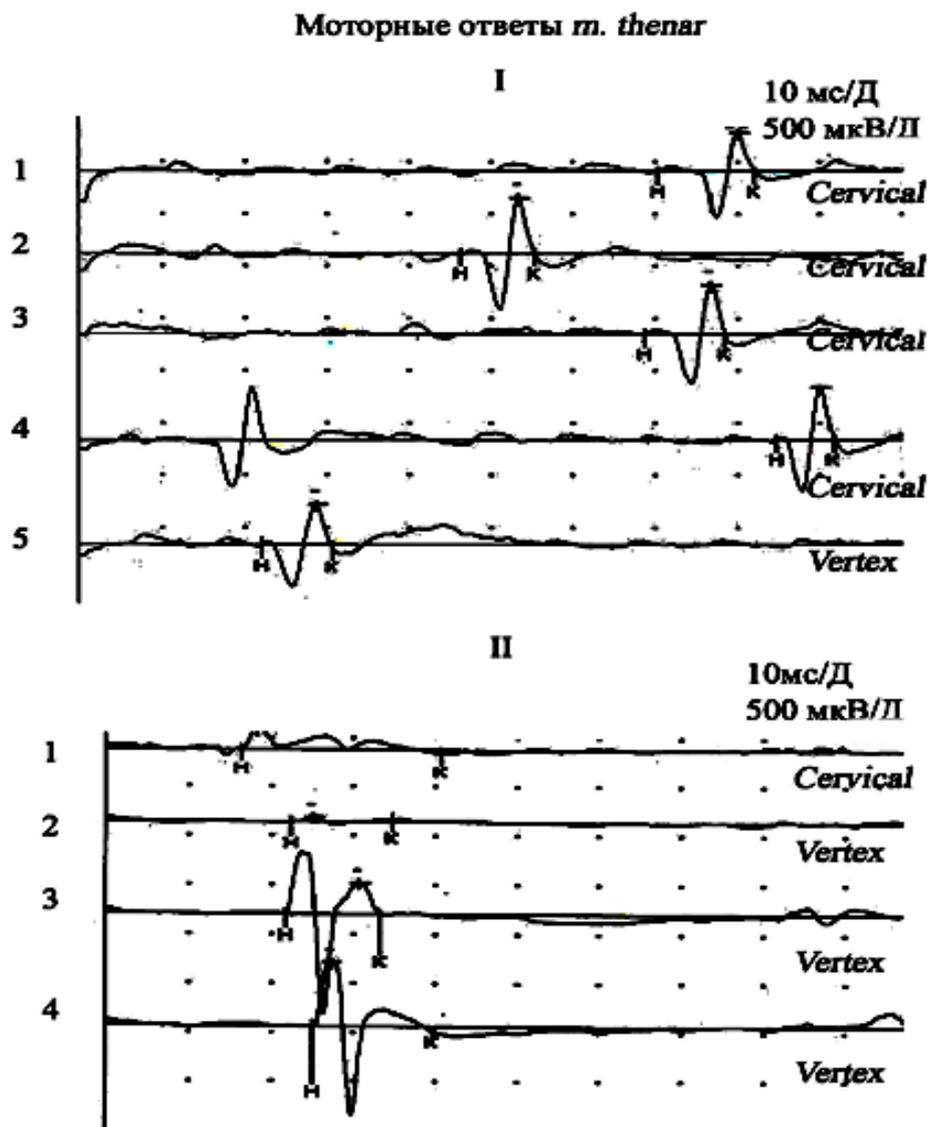
Таблица 2

Параметры моторных ответов мышц при транскраниальной магнитной стимуляции

Название мышцы	Группы	Латентный период моторного ответа, мс		ВЦМП, мс	Амплитуда моторного ответа, мВ	
		ТМС	КМС		ТМС	КМС
<i>mm. thenar</i>	N, n = 10	19,6±0,35	12,6±0,2	7,5±0,5	2,5±0,3	1,2±0,4
	I, n = 12	25,6±0,9*	14,7±0,3	10,6±1,4*	0,7±0,2*	0,3±0,1*
	II, n = 8	21,3±0,3*	13,5±0,6	8,0±1,7	0,6±0,3*	0,3±0,1*
	III, n = 7	27,3±1,3*	14,2±0,6	14,3±1,2*	0,5±0,1*	0,4±0,1*
<i>m. diaphragma</i>	N, n = 10	14,8±0,4	7,6±0,5	7,2±0,3	0,8±0,4	0,4±0,2
	I, n = 13	18,3±0,7*	8,2±0,9	10,3±0,4*	0,5±0,2	0,2±0,1
	II, n = 8	18,1±1,3*	9,2±1,3	8,9±0,6*	0,3±0,1	0,1±0,04

*Примечание:* N — контроль; I — пациенты с травматическим краниовертебральным стенозом; II — пациенты с врожденным краниовертебральным стенозом; III — посттравматическая сирингогидромиелия; ВЦМП — время центрального моторного проведения импульса; КМС — корешковая магнитная стимуляция; ТМС — транскраниальная магнитная стимуляция; \* достоверные изменения параметров моторных ответов по сравнению с контрольной группой при  $p < 0,05$  по  $t$ -критерию Стьюдента

Признаком положительного изменения моторной функции СМ после операции является нормализация параметров МО, сопровождающаяся увеличением его амплитуды в сочетании с уменьшением величины латентного времени (рис. 3).



**Рис. 3** Динамика моторных ответов мышц кисти, зарегистрированных у пациентки С. с аномалией верхнейшейного отдела позвоночника до- (I) и после (II) оперативного лечения

На рис. видно, что до операции МО мышц кисти имеет нестабильный характер, который объясняется дефицитом нисходящего пирамидного контроля с уровня компрессии СМ. После операции (рис. 3 — II) МО возникает с постоянным латентным периодом.

Таким образом, в основе неврологических нарушений при краниовертебральном стенозе лежат механизмы изменения сенсорной, моторной и сегментарной деятельности нервных структур миелобульбарного перехода.

**Исследования сосудов шеи и головы в цветовом и энергетическом режимах.** По данным ЦДС у пациентов с травматическим кранио-

вертебральным стенозом до лечения определяется асимметрия  $V_{max}$ ,  $V_{med}$  в  $V_3$  сегменте позвоночных артерий, которая наиболее четко может быть выявлена при проведении функциональных проб с поворотом головы. В МСА и АСА асимметрия  $V_{max}$ ,  $V_{med}$  достигает 40%, в *a.spinalis anterior*  $V_{max}$  повышается более 40 см/с.

При врожденном краниовертебральном стенозе состояние брахиоцефальных сосудов характеризуется УЗИ-признаками диспластических изменений стенок сосудов, диффузным повышением тонуса экстра- и интракраниальных артерий, асимметрией пиковой линейной скорости кровотока по сонным и позвоночным артериям более 20%, повышением пиковой линейной скорости кровотока в передней спинальной артерии более 40 см/с, снижением амплитуды и изменением формы реоэнцефалограмм по ишемическому типу.

После лечения у пациентов с краниовертебральным стенозом и нестабильностью окципито-цервикального перехода отмечается рост кровенаполнения полушарий головного мозга преимущественно за счет увеличения диаметров сосудов, снижения и стабилизации сосудистого тонуса. Данные ультразвуковых исследований экстра- и интракраниальных сосудов позволяют определить степень функционального изменения мозгового кровотока при данной патологии.

Предлагаемый алгоритм клинико-физиологического обследования пациентов с краниовертебральным стенозом и нестабильностью окципито-цервикального перехода включает следующие прогностические критерии функций верхних шейных сегментов спинного мозга.

1. Критерием снижения проводимости верхних шейных сегментов спинного мозга с возможностью восстановления функций после оперативного лечения краниовертебрального стеноза и нестабильности окципито-цервикального перехода являются электрофизиологические признаки: нарушение структуры интерференционной ЭМГ по типу «синхронизации»; умеренное изменение амплитуды и латентного времени ССВП и МО по сравнению с контрольными значениями.

2. Нарушение проводимости верхних шейных сегментов спинного мозга при краниовертебральном стенозе и нестабильности окципито-цервикального перехода с возможностью частичного клинико-физиологического восстановления характеризуется электрофизиологическими признаками: переднероговой тип ЭМГ (II); значимая сенсорная и моторная недостаточность нервных трактов шейных сегментов спинного мозга по данным амплитуды и латентного периода ССВП и МО.

3. Критерием супраспинальных нарушений при стенозе краниоцервикального перехода является: увеличение латентного времени второго компонента мигательного рефлекса ( $R_2$ ) до  $43,1 \pm 0,7$  мс (против  $38,9 \pm 0,9$  в норме), значимое увеличение показателя центральной афферентной проводимости ( $N_{20-N_{13}}$ ) до  $7,0 \pm 0,6$  мс (норма  $5,7 \pm 0,3$ )

и времени центрального моторного проведения до  $10,6 \pm 1,4$  мс (норма  $7,5 \pm 0,5$ ) на участке шейных сегментов спинного мозга.

4. Критериями снижения мозгового кровотока при краниовертебральном стенозе и нестабильности окципито-цервикального перехода являются УЗИ-признаки диффузного повышения тонуса и асимметрия линейной скорости кровотока более 20% экстра- и интракраниальных сосудов, рост пиковой скорости кровотока в передней спинальной артерии более 40 см/с.