

## ПРОГНОСТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭРЕКТИЛЬНОЙ ФУНКЦИИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ТРЕНИРОВОК МЫШЦ ПРОМЕЖНОСТИ

Овчинников Р.С.<sup>1</sup>, Иванов С.В.<sup>2</sup>, Иванов С.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Медицинский центр при ЗАО «Ростагроэкспорт», Москва, e-mail: romzec@yandex.ru;

<sup>2</sup>Центральная клиническая больница «РЖД-Медицина», Москва

У большинства пациентов тренировка мышц промежности приводит к восстановлению эректильной функции (ЭФ). У 16% пациентов эффект отсутствует. Важно заранее определять вероятность положительного эффекта. Выявить прогностические критерии восстановления ЭФ в результате тренировок мышц промежности. Исследованы 28 человек контрольной группы, 26 пациентов с эректильной дисфункцией (ЭД). Пациентам с ЭД проводилась трёхнедельная тренировка мышц промежности на кресле-тренажёре «Furun» и трижды в неделю тренировка мышц бедер, ягодиц и брюшного пресса. У 13 пациентов получено восстановление нормальной ЭФ. У других 13 – отсутствие значимого эффекта, им был проведен повторный курс тренировок в сочетании с лечением Тадалафилом. У 6 пациентов был получен положительный эффект. До тренировок проводилась фармакодуплерография (ФДГ) с 10 мкг Алпростадилла. Изучалась возможность прогнозирования результата тренировок по нескольким показателям: по баллам МИЭФ-5, длительности ЭД, исходной силы мышц промежности; во время фармакологической пробы - степени жесткости полового члена по шкале Голдштейна (I.Goldstein), инструментально измеряемой продольной жесткости, показателям кровотока – систолической скорости (PSV), резистивному индексу (RI), систолическому ускорению (SA). Выявлены низкие прогностические возможности клинических данных: баллов по опроснику МИЭФ-5, длительности анамнеза ЭД, пальпаторно определяемой степени жесткости по шкале I.Goldstein, а также силы мышц промежности. Более высокую прогностическую ценность имели показатель продольной жесткости и показатели кровотока в фазе полной эрекции. Самая высокая прогностическая ценность была у показателя SA, значения которого в контрольной группе составляли  $1187 \pm 105$ , в группе с восстановлением ЭФ -  $492 \pm 57$ , без улучшения ЭФ -  $185 \pm 25$  см/с<sup>2</sup> ( $p < 0,001$ ). Наиболее информативным показателем в прогнозировании восстановления ЭФ в результате тренировок мышц промежности является систолическое ускорение кровотока в кавернозной артерии, определенное в фазе полной эрекции.

Ключевые слова: эректильная дисфункция, сила мышц промежности, тренировка мышц промежности, систолическая скорость, резистивный индекс, систолическое ускорение, продольная жесткость полового члена, прогностические критерии.

## PROGNOSTIC CRITERIA FOR ERECTILE FUNCTION RESTORATION AFTER PERINEAL MUSCLES PHYSICAL TRAINING

Ovchinnikov R.S.<sup>1</sup>, Ivanov S.V.<sup>2</sup>, Ivanov S.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Medical centre “RostAgroExport”, Moscow, e-mail: romzec@yandex.ru;

<sup>2</sup>Central Clinical Hospital “Russian Railways”, Moscow

In most patients perineal muscles physical training restores erectile function (EF). In 16% of patients, no desirable effect was observed. In the meantime, it is important to predict in advance the possibility of the EF restoration. The object of this study was to determine prognostic criteria for EF restoration associated with the perineal muscles training. Control group of 28 men was examined, with the 26 men with an erectile dysfunction (ED). Patients with ED performed 21 trainings of perineal muscles on a Furun Medical Unit (Urinary Incontinence Therapy Unit in the form of an armchair) daily, as well as abdominal, sartorius and gluteal muscles trainings three times per week. In 13 patients restoration of EF was observed. Other 13 patients with no significant effect performed the second course of trainings in combination with therapy with Tadalafil. In 6 patients in this group positive effect was observed. Prior to trainings a pharmaco-penile Duplex Ultrasonography (PPDU) with alprostadil 10 mg was performed. The possibility was examined, to predict trainings' outcome using the following criteria: IIEF-5 score, overall duration of ED, baseline perineal muscles strength; the rigidity of a penis during PPDU according to the score of I. Goldstein, longitudinal rigidity during PPDU, blood-flow parameters during PPDU (peak systolic velocity PSV, resistive index RI, systolic acceleration (SA)). It was found that the IIEF-5 score, overall duration of ED, baseline perineal muscles strength and palpatory defined rigidity of a penis on a score of I. Goldstein were of a poor prognostic value. Longitudinal rigidity and blood-flow parameters in the state of full erection were found to be of higher prognostic value. The highest prognostic value was associated with the SA values: SA in control group was  $1187 \pm 105$  cm/c<sup>2</sup>, in group with EF restoration SA

was  $492 \pm 57 \text{ cm/c}^2$ , in group without EF restoration SA was  $185 \pm 25 \text{ cm/c}^2$ ,  $P < 0.001$ . Systolic acceleration SA in cavernous arteries defined at a full erection state was found to be the most informative parameter to predict EF restoration after perineal muscles physical training.

Keywords: Erectile dysfunction, perineal muscles training, perineal muscles strength, pelvic floor muscles training, systolic velocity, resistive index, systolic acceleration, longitudinal penile rigidity, prognostic criteria.

В предыдущих наших работах и работах других авторов было показано, что тренировка мышц промежности или тазового дна улучшает эректильную функцию (ЭФ) [1-3]. Однако восстановление ЭФ происходит не у всех пациентов [4-7]. В наших исследованиях у 16% пациентов с эректильной дисфункцией (ЭД) без анатомических особенностей и сосудистой патологии курс тренировок был неэффективен [1]. Некоторым пациентам проводился повторный курс тренировок в сочетании с фармакологическим лечением [8]. У части пациентов положительный результат так и не был достигнут. Это могло быть обусловлено формированием необратимых (или малообратимых) изменений тканей кавернозных тел полового члена. В связи с этим, приступая к тренировкам, важно иметь представление о том, сколько потребуется времени, усилий и финансовых затрат, и какой результат можно ожидать в конечном итоге [5]. Для этого необходимы надежные критерии прогнозирования результата тренировок и дополнительного фармакологического лечения ЭД.

Цель настоящего исследования заключалась в поиске прогностических критериев восстановления ЭФ в результате тренировок мышц промежности на основе клинических данных и инструментально получаемых показателей ЭФ.

### **Материалы и методы исследования**

В исследование было включено 34 пациента с жалобами на ЭД в возрасте от 30 до 74 лет (средний возраст  $50,8 \pm 2,3$  лет) и 20 добровольцев с нормальной эректильной функцией (ЭФ) в возрасте от 18 до 52 лет (средний возраст  $29,35 \pm 1,72$  лет).

Все исследуемые после подписания информированного согласия, проходили комплексное обследование, подробно описанное нами в ранней публикации [1] и включавшее терапевтический и урологический осмотр, лабораторные анализы (общий анализ крови и мочи, расширенный биохимический анализ крови, коагулограмму, анализы на инфекции, на тиреоидные гормоны и стероидный профиль), ЭКГ, биоимпедансное исследование всего тела, ультразвуковое дуплексное исследование артерий и вен нижних конечностей, фармакодоплерографию (ФДГ) полового члена. У 8 из 34 пациентов с жалобами на ЭД при ФДГ была выявлена психогенная ЭД. Это послужило предпосылкой для включения их в контрольную группу. Все исследуемые заполняли опросник МИЭФ-5 (международный индекс эректильной функции). По данным опросника у 6 пациентов была

значительная ЭД (менее 10 баллов по шкале МИЭФ-5), у остальных - легкая и умеренная ЭД (11-20 баллов). Среднее значение МИЭФ-5 по всем пациентам было равно  $14,9 \pm 0,8$  баллов. Средняя длительность ЭД составляла  $30,4 \pm 6,2$  месяцев. В исследование не включались пациенты с декомпенсированными заболеваниями сердечно-сосудистой системы, декомпенсированным сахарным диабетом, гипогонадизмом, алкоголизмом и с состояниями, требующими обязательного хирургического лечения.

У всех пациентов измерялась сила мышц промежности на медицинском кресле «Fugin», оснащенном программным обеспечением HnJ-7000 (Южная Корея). Принцип работы данного тренажёра был описан нами в предыдущей статье [2]. Результаты измерений представлены в единицах - Кгс ( $=9,8$  Ньютон).

Для проведения ФДГ использовался ультразвуковой сканер EPIC 7 (Philips, Нидерланды). Измерение кровотоков проводилось с максимально короткими интервалами последовательно на каждой кавернозной артерии в течение 30-35 мин после введения 10 мкг Алпростадилла (Простагландин E1) [2]. Измерялись пиковая систолическая (PSV), конечно диастолическая (EDV), средняя (MV) скорости кровотоков (в см/с), вычислялись резистивный индекс ( $RI = (PSV - EDV)/PSV$ ) (в отн.ед.) и систолическое ускорение кровотока в  $см/с^2$  ( $SA = \Delta SV/T$ ,  $\Delta SV$  – прирост скорости от EDV до PSV, T – время от EDV до PSV, рис.1). Для каждого пациента вычислялись средние значения показателей по двум кавернозным артериям. В данной работе анализировались PSV, RI и SA только в фазе полной эрекции, либо максимально достигнутого наполнения (у пациентов с ЭД через  $1121 \pm 78$  секунд после инъекции Алпростадилла, в контрольной группе – через  $680 \pm 54$  секунд).

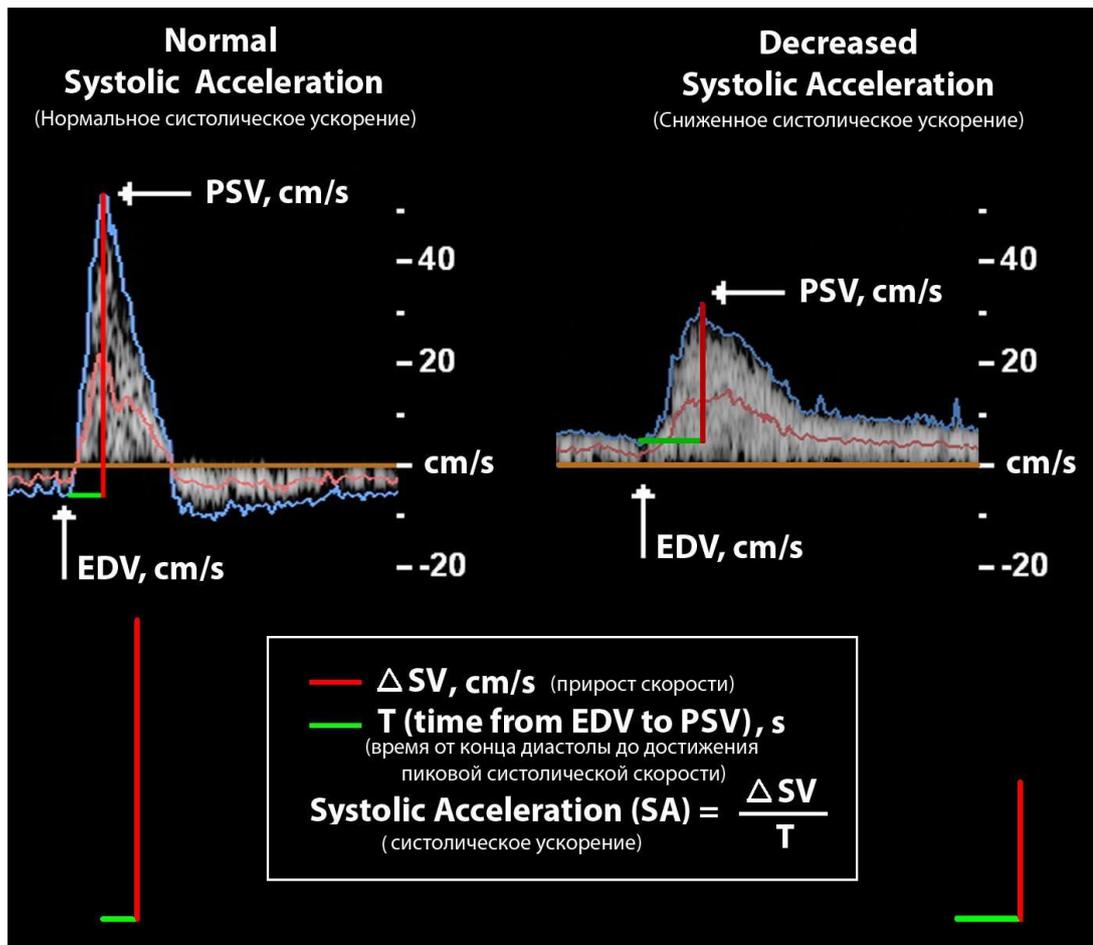


Рис. 1. Измерение систолического ускорения (SA)

В данной работе мы опирались на принципы, изложены нами в рани работах [1]; так критериями фазы полной эрекции мы считаем исчезновение в кавернозных артериях антеградного (положительного) диастолического кровотока, появление ретроградного (отрицательного) диастолического кровотока, достижение максимального значения RI. При сохранении антеградного диастолического кровотока более 15 минут после введения препарата инструментальные измерения проводились при достижении максимальной клинической жесткости по шкале Goldstein, определяемой пальпаторно [1, 8]. В фазе полной эрекции проводилось инструментальное измерение продольной жесткости с использованием прибора Digital Inflection Regidometr (DIR-H501, Uroan 21, (Electromedicina, Испания). Измерялось усилие в граммах, которое нужно приложить, чтобы получить изгиб полового члена по продольной оси [1].

Пациентам с ЭД проводился курс тренировок, который состоял из 21 тренировки мышц промежности на кресле «Furup» 6 раз в неделю [1]. Каждая тренировка состояла из 2 сеансов по 30 минут. Режим тренировки автоматически подбирался программой HnJ-7000 с учетом антропометрических данных пациента и исходных показателей силы мышц промежности [1]. Трижды в неделю, перед тренировкой на кресле, в течение 1 часа была

тренировка с фитнес-инструктором по специальной методике [1]. Во время этой тренировки выполнялись упражнения, направленные на увеличение общефизической выносливости и улучшение кровообращения малого таза [1].

После завершения курса тренировок проводилось повторное обследование для оценки эффективности лечения. Обследование включало повторное заполнение опросника МИЭФ-5, измерение силы мышц промежности и ФДГ с 10 мкг Алпростадила по тому же протоколу, что и при первичном обследовании. При отсутствии или недостаточном восстановлении ЭФ назначался повторный курс тренировок с одновременным приемом 5 мг тадалафила 3 раза в неделю (4 недели) [1].

Критериями восстановления ЭФ являлись: увеличение жесткости с 1-2 до 3-4 степени по шкале I.Goldstein [1, 8], увеличение продольной жесткости, исчезновение в кавернозных артериях антеградного диастолического кровотока или появление ретроградного, отсутствие субъективных жалоб на ЭД [1].

Анализ результатов исследования проводился в 3 группах:

1 группа - контрольная (28 чел.), состоящая из здоровых добровольцев (20 чел., средний возраст  $29,35 \pm 1,72$  лет) и пациентов с психогенной ЭД (8 чел., средний возраст  $43,63 \pm 4,87$  лет), у которых при ФДГ была 4 степень жесткости по шкале I.Goldstein, нормальная продольная жесткость ( $887 \pm 91$  г), ретроградный диастолический кровоток в фазе полной эрекции.

2 группа - пациенты с восстановлением ЭФ в результате тренировок (13 чел., средний возраст  $43,38 \pm 2,57$  лет).

3 группа - пациенты без значимого улучшения ЭФ после тренировок (13 чел., средний возраст  $62,3 \pm 2,45$  лет).

В дальнейшем, группа 3 была разделена на две подгруппы: 3а – пациенты с восстановлением ЭФ при дальнейшем продолжении курса тренировок в сочетании с приемом Тадалафила (6 чел., средний возраст  $59,67 \pm 3,85$  лет), и 3б - пациенты, у которых не было эффекта от тренировок и от сочетания тренировок с приемом Тадалафила (7 чел., средний возраст  $65,29 \pm 3,03$  лет).

Для прогноза восстановления ЭФ оценивалась значимость нескольких параметров. Это три клинических признака: два из опроса пациента – показатель МИЭФ-5 и длительность анамнеза ЭД, один – пальпаторно определяемая врачом степень жесткости по I.Goldstein, достигаемая при фармакологической пробе. Из инструментально определяемых показателей - сила мышц промежности, из результатов ФДГ – продольная жесткость, показатели кровотока - PSV, RI и SA.

При поиске наиболее прогностически информативного показателя определялось какой из них в наибольшей степени дифференцирует группы пациентов с восстановлением (группа 2) и без восстановления ЭФ (группа 3) в результате тренировок.

Степень дифференцирования групп количественно оценивали по значению t-критерия Стьюдента.

Хранение данных и статистическая обработка осуществлялись с использованием пакета компьютерных программ Microsoft Access 2003, Microsoft Excel 2003 [3]. Анализируемые параметры по группам представлены в виде  $M \pm m$ , где  $M$  - среднее значение,  $m$  – ошибка среднего [3]. Достоверность различий определялась по t-критерию Стьюдента. Данные считались статистически достоверными при значении  $p < 0,05$  [3]. Для поиска границ между распределениями индивидуальных значений показателей использовалось линейное решающее правило Р.Фишера [3, 10].

### Результаты исследования и их обсуждение

При изучении прогностических возможностей клинических признаков было выявлено, что по баллам МИЭФ-5 2-ая и 3-я группы пациентов с ЭД достоверно между собой не отличались. Средний балл во 2-ой группе был равен  $16,7 \pm 1,2$ , а в 3-ей -  $13,2 \pm 1,5$  ( $t = 1,83$ ,  $p > 0,05$ ). Длительность ЭД в 3-ей группе (без эффекта после тренировок) была достоверно выше ( $57,7 \pm 13,2$  месяцев) по сравнению со 2-ой группой (с восстановлением ЭФ) ( $12,1 \pm 1,5$  месяцев) ( $t = 3,43$ ,  $p < 0,01$ ).

Степень жесткости полового члена по шкале I.Goldstein при фармакологической пробе в группах 1, 2 и 3 соответственно была равна  $3,75 \pm 0,08$ ,  $2,54 \pm 0,14$  и  $1,69 \pm 0,14$ . Различия между всеми группами статистически достоверны ( $p < 0,001$ ). Значение t – критерия Стьюдента между группами 2 и 3 было равно 3,86.

Средние значения исходной силы мышц промежности до курса тренировок представлены в таблице 1.

Таблица 1

Исходные значения силы мышц промежности

Группы	Сила мышц промежности, Кгс
1 (контрольная, n = 28)	$5,14 \pm 0,25$
2 (восстановление ЭФ после тренировок, n = 13)	$3,96 \pm 0,50$
3 (отсутствие эффекта тренировок, n = 13)	$3,46 \pm 0,60$
Достоверность различий	1 и 2,3 $p < 0,05$ , 2 и 3 $p > 0,05$ ( $t = 0,64$ )

По силе мышц промежности контрольная группа достоверно отличалась от групп с ЭД. Группы 2 и 3 по этому показателю не имели достоверных различий (значение t-критерия Стьюдента составило 0,64).

Результаты оценки продольной жесткости в фазе полной эрекции во время ФДГ представлены в таблице 2.

Таблица 2

Значения инструментально измеренной продольной жесткости в фазе полной эрекции во время фармакологической пробы

Группы	Продольная жесткость, г
1 (контрольная, n=28)	906 ± 47
2 (восстановление ЭФ после тренировок, n=13)	491 ± 44
3 (отсутствие эффекта тренировок, n=13)	231 ± 39
Достоверность различий	1 и 2,3 p<0,001, 2 и 3 p<0,001 (t=4,46)

По значениям продольной жесткости все группы достоверно различались между собой (p<0,001). Наибольшие значения жесткости были в контрольной группе и наименьшие в группе без эффекта от тренировок. Значение t-критерия Стьюдента при сравнении 2 и 3 групп равнялось 4,46.

Изучаемые показатели кровотока в кавернозных артериях в фазе полной эрекции во время ФДГ до курса тренировок в выделенных группах представлены в таблице 3.

Таблица 3

Показатели кровотока в кавернозных артериях в фазе полной эрекции до курса тренировок в изучаемых группах

Группы	PSV (см/с)	RI (отн.ед.)	SA (см/с <sup>2</sup> )
1 (контрольная, n=28)	64,7 ± 3,6	1,13 ± 0,014	1187 ± 105
2 (восстановление ЭФ после тренировок, n=13)	38,6 ± 4,5	0,96 ± 0,032	492 ± 57
3 (отсутствие эффекта тренировок, n=13)	26,2 ± 2,3	0,76 ± 0,029	185 ± 25
Достоверность различий	1 и 2,3 p<0,001, 2 и 3 p<0,05 (t=2,46)	1 и 2,3 p<0,001, 2 и 3 p<0,001 (t=4,51)	1 и 2,3 p<0,001, 2 и 3 p<0,001 (t=4,88)

Из таблицы видно, что по значениям пиковой систолической скорости, резистивного индекса и систолического ускорения контрольная группа значительно отличалась от групп с ЭД. В то же время достоверные отличия были и между группами с эффектом и без эффекта тренировок мышц промежности. Значения t-критерия Стьюдента при сравнении этих групп по PSV, RI и SA составляли соответственно 2,46, 4,51 и 4,88.

Прогностические возможности всех изученных в этой работе параметров, выраженные значением t-критерия Стьюдента при сравнении групп с восстановлением ЭФ и без эффекта в результате курса тренировок представлены в таблице 4.

Таблица 4

Значения t-критерия Стьюдента при сравнении групп 2 и 3 по изученным параметрам

Параметр	t-критерий Стьюдента
МИЭФ-5	1,83
Длительность ЭД	3,43
Жесткость по I.Goldstein	3,86
Сила мышц промежности	0,64
Продольная жесткость	4,46
Пиковая систолическая скорость (PSV)	2,46
Резистивный индекс (RI)	4,51
Систолическое ускорение (SA)	4,88

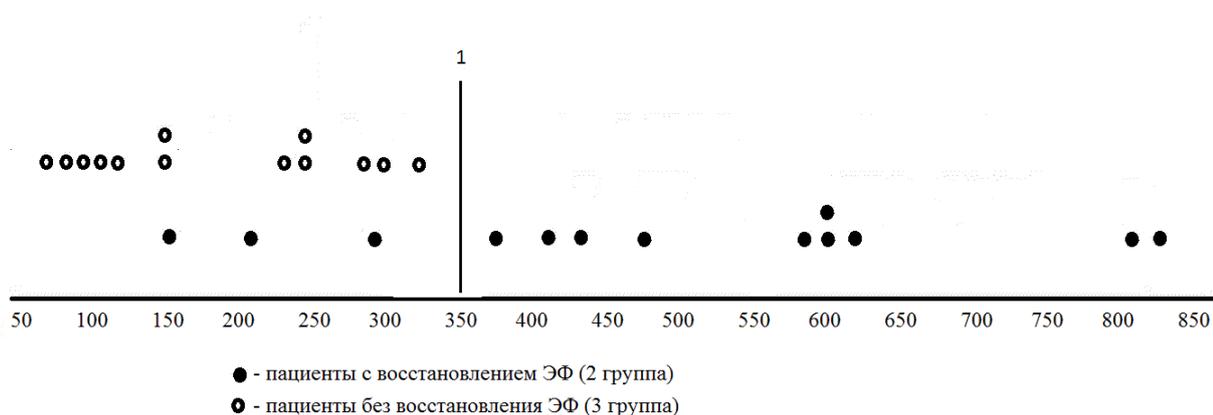
Из таблицы видно, что в наибольшей степени группы с эффектом и без эффекта тренировок мышц промежности дифференцировались по систолическому ускорению ( $t=4,88$ ). Из этого можно сделать вывод, что этот параметр является наиболее прогностически информативным, и на его основе можно разрабатывать количественные критерии прогнозирования эффекта.

Дополнительно прогностические возможности полученного параметра изучались при дифференцировании подгрупп 3а и 3б, то есть между подгруппой пациентов, у которых наблюдалось восстановление ЭФ при сочетании повторного курса тренировок и приема Тадалафила и подгруппой пациентов с отсутствием эффекта от такой комбинации.

Систолическое ускорение кровотока в группе пациентов без эффекта от сочетания курса тренировок и приёма Тадалафила (3б) до лечения ( $110,1 \pm 12,4 \text{ см/с}^2$ ) было практически в 2,5 раза ниже по сравнению с группой с улучшением ЭФ (3а) ( $273,6 \pm 15,3 \text{ см/с}^2$ ). Значение t-критерия Стьюдента при сравнении этих групп было равно – 8,4. Следовательно, по SA

возможно прогнозировать не только эффективность тренировок мышц промежности, но и эффективность сочетания курса тренировок с лечением ингибиторами ФДЭ-5.

Для практического использования систолического ускорения кровотока в прогнозировании восстановления ЭФ необходимо было найти пороговые значения этого показателя, которые бы с определенной вероятностью указывали на эффективность или отсутствие эффекта тренировок мышц промежности или сочетанного курса тренировок с ингибиторами ФДЭ-5. Для поиска порогового значения SA, прогнозирующего восстановление ЭФ от тренировок мышц промежности, проводилось сопоставление распределения индивидуальных значений SA в группах с положительным результатом тренировок (группа 2) и без эффекта (группа 3) [3]. Использовалась логика линейного решающего правила Р. Фишера [9], разграничивающего распределения индивидуальных значений систолического ускорения в изучаемых группах с минимальным количеством ошибок [3]. Был проведен последовательный анализ различных пороговых значений систолического ускорения с подсчетом количества ошибочных решений [3] (рис.2).



*Рис. 2. Сравнение распределений индивидуальных значений систолического ускорения в группах с положительным (группа 2) и отрицательным (группа 3) эффектом тренировок мышц промежности*

По горизонтальной оси – значения систолического ускорения (SA, см/с<sup>2</sup>),  
1 – оптимальная граница между распределениями.

Оптимальной границей между распределениями явилось значение SA, равное 350 см/с<sup>2</sup>, при котором было минимальное количество ошибок разграничения (11,5%) между распределениями: только значения трёх пациентов из 2-ой группы пересеклись с распределением значений SA 3-ей группы [3].

Диагностическая чувствительность, специфичность и положительная прогностическая ценность этого порогового значения составили, соответственно,  $77\pm 9\%$ ,  $81\pm 10\%$  и  $90-100\%$  (с учетом статистической ошибки). Отрицательная прогностическая ценность –  $81\pm 10\%$  [3]. Следовательно, значение систолического ускорения, равное  $350 \text{ см/с}^2$  и выше прогнозирует восстановление ЭФ в результате тренировок мышц промежности с вероятностью  $90-100\%$ , а значение ниже  $350 \text{ см/с}^2$  – свидетельствует об отсутствии эффекта с вероятностью  $81\pm 10\%$ .

Поиск порогового значения систолического ускорения, которое бы с определенной вероятностью указывало на эффективность или отсутствие эффекта сочетания курса тренировок с ингибиторами ФДЭ-5 был осуществлен аналогично при сравнении распределений индивидуальных значений показателей групп 3а и 3б.

Было установлено, что оптимальной границей между распределениями явилось значение SA, равное  $200 \text{ см/с}^2$ , которое без ошибок их разграничивало. Это указывало на то, что пороговое значение ускорения, равное  $200 \text{ см/с}^2$  и выше будет прогнозировать положительный результат сочетанного лечения с вероятностью  $85-100\%$ , а значения ниже  $200 \text{ см/с}^2$  – отсутствие эффекта с той же вероятностью.

В настоящем исследовании проводился поиск прогностических критериев восстановления ЭФ в результате тренировок мышц промежности на основе клинических и инструментальных данных. Определялось, какой из параметров в наибольшей степени дифференцирует группы пациентов с восстановлением и без восстановления ЭФ в результате тренировок. Как уже указывалось ранее, степень различия между группами оценивалась по значению t-критерия Стьюдента.

При изучении прогностической информативности клинических данных было выявлено, что жалобы пациентов, формализованные опросником МИЭФ-5, не могут быть использованы для прогнозирования восстановления ЭФ. Группы с различным эффектом от тренировок мышц промежности по баллам опросника МИЭФ-5 достоверно не отличались между собой. Группы с различным эффектом достоверно отличались по длительности анамнеза ЭД. Но следует отметить, что для пациентов с психогенной ЭД, также были характерны жалобы на ЭД в течение определенного периода времени. Следовательно, использование анамнестического показателя длительности ЭД в прогнозировании малоперспективно.

Еще один клинический параметр, который носит субъективный характер, но уже со стороны врача – это пальпаторное определение жесткости полового члена при фармакологической пробе. Оно имеет более высокие прогностические возможности, но в тоже время уступает ряду объективных, инструментально определяемых показателей.

Было выявлено, что показатель силы мышц промежности до курса тренировок не имел прогностического значения, так как не дифференцировал группы с восстановлением и без восстановления ЭФ. После курса тренировок сила мышц увеличилась в обеих группах также практически одинаково - в 2,5-3,0 раза по сравнению с исходными значениями, соответственно – до  $11,9 \pm 0,8$  (группа 2) и  $9,8 \pm 1,3$  Кгс (группа 3) ( $p > 0,05$ ). Этот результат показал, что увеличение силы мышц промежности до практически одинакового уровня дает совершенно разный эффект - от полного восстановления ЭФ до неизменности ЭД. Это позволяет сделать вывод о различиях в степени обратимости нарушений функционирования тканей полового члена, и в первую очередь, кавернозной ткани.

Высокая прогностическая ценность была выявлена у инструментально определяемого показателя продольной жесткости. В то же время, этот показатель может быть измерен только с использованием специального прибора и уступает по информативности систолическому ускорению, которое определяется при обязательно проводимой доплерографии в фармакологической пробе. Систолическое ускорение было наиболее информативным по сравнению с другими показателями кровотока в кавернозных артериях – систолической скоростью и резистивным индексом. В связи с этим, по систолическому ускорению и был проведен поиск количественных значений прогностического критерия эффективности тренировок мышц промежности.

Систолическое ускорения кровотока - это быстрота изменения скорости кровотока от начала систолы до максимального значения. В сосудах с небольшим диаметром ускорение кровотока отражает скорость нарастания давления, которая в свою очередь зависит от эластичности сосуда [8]. Чем эластичнее сосуд, тем выше скорость нарастания давления и, следовательно, выше ускорение систолической скорости. В половом члене кавернозные артерии в фазе полной эрекции тесно связаны с кавернами и, в связи с этим, изменения кровотока зависят не только от механических свойств сосуда, но и от свойств каверн [8]. Из этого следует, что чем эластичнее кавернозные артерии и каверны, тем больше ускорение систолической скорости, и наоборот [10]. Восстановление ЭФ наиболее вероятно у пациентов с более сохранной эластичностью кавернозных артерий и каверн, поэтому показатель систолического ускорения кровотока в кавернозных артериях имеет высокую прогностическую ценность.

При низкой эластичности (или повышенной жесткости) затруднена их релаксация, что препятствует полноценной артериализации кавернозной ткани, приводит к недостаточному пережатию подбололочечного венозного сплетения и эмиссарных вен, то есть к недостаточности веноокклюзионного механизма [11]. В этом случае не помогает даже

нормализация состояния ишиокавернозных мышц, которые, натягивая белочную оболочку, существенно влияют на этот механизм.

### **Выводы**

1. Наиболее информативным показателем в прогнозировании восстановления эректильной функции в результате тренировок мышц промежности является систолическое ускорение кровотока в кавернозной артерии, определенное в фазе полной эрекции.

2. Значение систолического ускорения, равное  $350 \text{ см/с}^2$  и выше, с вероятностью 90-100% предсказывает восстановление ЭФ в результате тренировок мышц промежности, а ниже  $350 \text{ см/с}^2$  – с вероятностью  $81 \pm 10\%$  отсутствие эффекта.

3. Значение ускорения, равное  $200 \text{ см/с}^2$  и выше, прогнозирует положительный результат тренировок мышц промежности в сочетании с лечением ингибиторами ФДЭ-5 с вероятностью 85-100%, а значения ниже  $200 \text{ см/с}^2$  – отсутствие эффекта с той же вероятностью.

4. В фармакологической пробе с Алпростадиллом инструментально измеренная продольная жесткость имеет большую прогностическую ценность, чем пальпаторно определяемая жесткость по шкале Goldstein.

5. Опросник МИЭФ-5 и инструментально измеренная сила мышц промежности прогностические не значимы для оценки вероятности восстановления ЭФ.

### **Список литературы**

1. Иванов С.С., Александров Б.Ю., Иванов С.В., Краснов А.В., Маришин Р.И., Матвиенко Ю.А., Овчинников Р.С., Пятницкий И.А. Оценка эффективности тренировок мышц промежности в восстановлении эректильной функции // Экспериментальная и клиническая урология. 2019. № 4. С. 80-85.

2. Иванов С.С., Александров Б.Ю., Иванов С.В., Краснов А.В., Маришин Р.И., Матвиенко Ю.А., Овчинников Р.С., Пятницкий И.А., Митрохин В.М., Кирющенко Г.П., Прудников Н. Д., Харламов Е.Ю. Показатели гемодинамики полового члена в пробе с Алпростадиллом до и после курса тренировок мышц промежности // Экспериментальная и клиническая урология. 2020. № 2. С. 50-57.

3. Иванов С.В., Краснов А.В., Иванов С.С., Александров Б.Ю., Пилецкий Н.Г., Овчинников Р.С., Матвиенко Ю.А., Пятницкий И.А., Шварц А.Н., Харламов Е.Ю. Оценка жесткости полового члена с использованием магнитодинамического индикатора давления // Экспериментальная и клиническая урология. 2018. № 3. С. 68-72.

4. Pierre Lavoisier, Pascal Roy, Emmanuelle Dantony, Antoine Watrelot, Jean Ruggeri, Se'bastien Dumoulin Pelvic-floor muscle rehabilitation in erectile dysfunction and premature ejaculation. *Phys Ther.* 2014. Vol. 94. P. 1731-1743.
5. Deborah Cohen, Joshua Gonzalez, Irwin Goldstein The Role of Pelvic Floor Muscles in Male Sexual Dysfunction and Pelvic Pain *Sexual Medicine Reviews.* 2016. Vol. 4. P. 53-62.
6. Pischedda A., Fusco F., Curreli A., Grimaldi G., Pirozzi Farina F. Pelvic floor and sexual male dysfunction *Ital Urol Androl.* 2013. Vol. 85 (1). P. 1-7. DOI: 10.4081/aiua.2013.1.7.
7. Suzanne Hagen, Cathryn Glazener, Doreen McClurg, Christine Macarthur, Andrew Elders, Peter Herbison, Don Wilson, Philip Tooze-Hobson, Christine Hemming, Jean Hay-Smith, Marissa Collins, Sylvia Dickson, Janet Logan Pelvic floor muscle training for secondary prevention of pelvic organ prolapse (PREVPROL): a multicentre randomised controlled trial. *The lancet.* 2017. P. 393-402.
8. Goldstein I., Lue T.F., Padma-Nathan H. et al. Oral Sildenafil in the treatment of erectile dysfunction. *N. Engl. J. Med.* 1998. Vol. 338. P. 1397-1404.
9. Joanne E. Milios, Timothy R. Ackland, Daniel J. Green Pelvic Floor Muscle Training and Erectile Dysfunction in Radical Prostatectomy: A Randomized Controlled Trial Investigating a Non-Invasive Addition to Penile Rehabilitation *Sex Med.* 2020. Vol. 8. P. 414-421.
10. Caro C.G., Pedley T.J., Schroter R.C., Seed W.A. *The Mechanics of the Circulation*, Second Edition. Cambridge University Press, 2012. 523 p. DOI: 10.1017/CBO9781139013406.
11. Sikka S.C., Hellstrom W.J.G., Brock G., Morales A.M. Standardization of vascular assessment of erectile dysfunction: standard operating procedures for duplex ultrasound. *J. Sexl. Med.* 2013. Vol. 10 (1). P. 120-129.
12. Aiyekomogbon J.O., Itanyi D.U., Atim T., Igashi J.B. Evaluation of erectile dysfunction in the ageing men using colour Doppler sonography. *African Journal of Urology.* 2021. Vol. 27 (63). DOI: 10.1186/s12301-021-00158-6.