

Е.А. Наговицына, Н.Н. Васильева, Е.В. Елисеева, А.А. Соловьев

ЭЛЕКТРОФОРЕТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ БУККАЛЬНОГО ЭПИТЕЛИЯ: ОСОБЕННОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ РЕГУЛЯТОРНЫХ СИСТЕМ У ИНВАЛИДОВ ТРУДОСПОСОБНОГО ВОЗРАСТА

ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия»,
г. Ижевск, Российская Федерация

Резюме. Введение. Разработка новых методик изучения адаптивных механизмов учитывает такие факторы как нативность и неинвазивность. Подобным требованиям отвечают методики определения вариабельности сердечного ритма (ВСР) и электрофоретической активности буккального эпителия (ЭФА). **Цель** – изучить особенность состояния регулирующих систем организма и ЭФА буккального эпителия у инвалидов трудоспособного возраста, а также оценить возможность применения данной методики для скрининга уровня адаптационных возможностей инвалидов в процессе трудовой деятельности. **Материалы и методы:** Был проведен мониторинг показателей ВСР и электрофоретической активности буккального эпителия 130 инвалидов до и после прохождения трудовой практики. **Результаты.** Анализ данных в зависимости от группы, категории инвалидности, пола, возраста и инвалидизирующего заболевания выявил особенности адаптационно-приспособительной деятельности каждой группы исследования, взаимосвязь исследуемых параметров, а также пороговые значения и возможность скринингового использования показателей электрофоретической активности буккальных эпителиоцитов относительно напряжения регуляторных систем. **Выводы:** 1. Определены основные регуляторно-вегетативные механизмы адаптационно-приспособительной деятельности инвалида к труду, такие как изменение вегетативного баланса и активация надсегментарной регуляции. 2. Выявлены групповые категории инвалидов, для регуляторных систем которых характерны различные адаптационно-приспособительные механизмы. 3. Установлена корреляционная взаимосвязь между электрофоретической активностью буккального эпителия и изменением вегетативного баланса в процессе трудовой деятельности. 4. Найдены пороговые значения показателей электрофоретической активности буккального эпителия, определяющие высокую вероятность наступления напряжения регуляторных систем в процессе трудовой деятельности.

Ключевые слова: адаптация, вариабельность кардиоритма, электрофоретическая активность, буккальный эпителий, человек с инвалидностью

Конфликт интересов отсутствует.

Контактная информация автора, ответственного за переписку:

Наговицына Елена Андреевна

elena34nv@yandex.ru

Дата поступления 17.05.2023

Образец цитирования:

Наговицына Е.А., Васильева Н.Н., Елисеева Е.В., Соловьев А.А. Электрофоретическая активность буккального эпителия: особенности и возможности применения для оценки функционального состояния регуляторных систем у инвалидов трудоспособного возраста. [Электронный ресурс] Вестник уральской медицинской академической науки. 2023, Том 20, № 3, с. 42–52, DOI: 10.22138/2500-0918-2023-20-3-42-52

На современном этапе разработка новых методик и критериев оценки уровня адаптационного потенциала и механизмов приспособительных реакций помимо достоверности, специфичности и чувствительности, учитывает фактор неинвазивности и нативности применения. Данным условиям отвечают такие диагностические исследования, как анализ вариабельности ритма сердца и определение уровня электрофоретической активности (ЭФА) клеток буккального эпителия. Кардиоритм, а точнее, его вариабельность, является индикатором функционального состояния регуляторных систем всего организма, и прежде всего, вегетативной нервной системы [1]. Оценка с точки зрения аналитико-математических методов дает возможность применять данный показатель в определении динамики и уровня потенциала индивидуальных адаптивных механизмов человека [2]. Учитывая данный факт, изучение состояния адаптационных систем с использованием ВСП проводится у различных групп населения в зависимости от возраста, пола, рода профессиональной деятельности [3-5].

Буккальный эпителий является многослойным неороговевающим эпителием и входит в состав мукозальной иммунной системы пищеварительного тракта [6]. Преимуществами применения буккальных эпителиоцитов стали: возможность работы с данными клетками в нативном виде, неинвазивный способ забора материала и многоаспектность исследования [7]. Для диагностики функционального состояния и оценки влияния стрессогенных факторов на организм в целом обращаются к цитологическому методу, а именно, определяют количества микроядер [8], а также к методу определения ЭФА клетки. Представленная методика основана на изменении заряда ядра и плазмалеммы как реакция на меняющиеся внешние условия [9]. О.В. Мячина и соавторы рассчитывали процент клеток с электрофоретически активными ядрами на основе метода, разработанного В.Г. Шахбазовым, по определению биологического возраста [10]. Однако, В.А. Кузелин показал связь уровня функциональных резервов организма и ЭФА плазмалеммы [11, 12].

Цель исследования — изучить особенность состояния регулирующих систем организма и ЭФА буккального эпителия у инвалидов трудоспособного возраста, а также оценить возможность применения данной методики для скрининга уровня адаптационных возможностей инвалидов в процессе трудовой деятельности.

Материалы и методы

Объектом исследования стали люди с инвалидностью трудоспособного возраста, являющиеся практикантами специально созданных «Центров трудовой реабилитации и абилитации» («ЦТРА»), а также работники организации, на базе которой были созданы ЦТРА, имеющие инвалидность, всего 130 человек. Первый этап исследования предполагал проведение сравнения группы практикантов ЦТРА до трудоустройства и после для определения адаптационных механизмов в результате трудовой нагрузки в зависимости от группы, категории инвалидности, заболевания, пола и возраста. Блок оценки состояния регуляторных механизмов включал в себя определение показателей ВСП с помощью аппаратно-программного комплекса «ВНС-Микро» (НейроСофт, г. Иваново). Для оценки адаптационно-приспособительной деятельности при помощи ВСП был использован показатель стресс-индекс (SI), данный параметр определяется в исследованиях достаточно часто [13, 14] и указывается как «индекс напряжения регуляторных систем», что отражает его физиологический смысл. Также были проанализированы относительные величины спектрального анализа (HF%, LF%, LF\HF, VLF%), данные показатели помогают установить влияние конкретного регуляторного отдела и, соответственно, выявить адаптационные механизмы [2]. Так, высокочастотный спектр ВСП, который выражается значением показателя HF, показывает вклад парасимпатического звена в процесс работы регуляторных систем. Числовой характеристикой низкочастотного спектра ВСП, а, следовательно, работы симпатического отдела ВНС является показатель LF. Данные параметры указывают на работу автономного контура регуляции, а показатель VLF («очень низкочастотный спектр») на активацию центрального контура регуляции, то есть присоединение гуморальных и подкорковых высших центров регуляции.

Буккальные эпителиоциты были получены путем соскоба со щечной поверхности ротовой полости, далее помещались в электрофоретическую камеру прибора «Цитоэксперт» [15], предварительно обработанные витальным красителем метиленовым синим. Измерения подвижности

плазмалеммы клеток под действием знакопеременного электрического тока, который подавался на электрофоретическую камеру, проводились при помощи цитологической линейки на окуляре электронного микроскопа (увеличение 90 раз). Была проведена оценка амплитуды подвижности клеточной стенки в мкм и процент активных клеток в пуле ста клеток до начала и после окончания трудовой практики.

При помощи программного обеспечения Stattech v. 2.6.1 (разработчик – ООО «Статтех», Россия) было проведено статистическое исследование полученных результатов. Алгоритм статистического анализа включал в себя определение распределения значений выборки, сравнение независимых и зависимых выборок до воздействия трудовой нагрузки и после, проведение бинарного логистически-регрессионного анализа (ROC-анализа). Для решения первого пункта статистического алгоритма были применены критерии Шапиро-Уилка (Shapiro-Wilk Test) и Колмогорова-Смирнова (Kolmogorova-Smirnova Test). Описание выборок гауссова распределения было представлено соответствующим образом: среднеарифметическая величина (M)±стандартное отклонение (SD). Если распределение не отвечало закону нормального распределения, то выборка была описана медианой (Me) и границами квартилей $Q1 - Q3$. Следующий этап статистического алгоритма, а именно сравнение независимых выборок проводился при помощи t-критерия Стьюдента (t-test), при наличии нормального распределения и равенства дисперсий. В случае неравных дисперсий использовался t-критерий Уэлча (Welch's t-test), а при распределении, не отвечающим закону нормального распределения, был применён критерий Манн-Уитни (Mann-Whitney U test). Также было проведено сравнение трех и более независимых групп при помощи критерия Круска-Уоллиса (Kruskal Wallis H test), критерия Даннетта (Dunnnett test) и поправки Холма-Бонферони (Holm-Bonferroni method) в рамках апостериорного анализа. Если распределение всех групп было нормальным, в этом случае использовался однофакторный дисперсионный анализ и критерий Тьюки (Tukey Test) апостериорных сравнений. Сдвиг в значениях, то есть достоверность различий двух зависимых групп, при условии наличия распределения Гаусса, был доказан t-критерием Стьюдента для зависимых групп. При отсутствии нормального распределения или сравнении порядковых шкал был использован критерий Вилкоксона. При нормальном распределении для определения степени и знака корреляции был использован коэффициент линейной корреляции Пирсона. Если распределение количественных признаков не отвечало законам нормального распределения, то был использован коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Различие во всех группах сравнения определялось как статистически значимое при $p < 0,05$. Для выполнения ROC-анализа было проведено построение ROC-кривых. В результате сравнения полученных статистических графиков были определены наивысшие значения индекса Юдена (Youden's index) и, соответственно, выявлены пороговые значения определяемых количественных признаков относительно бинарного классификатора.

В процессе работы были соблюдены основные биоэтические нормы (протокола ЛЭК ИГМА №683 от 28.01.2020).

Результаты и их обсуждение:

В результате оценки адаптационно-приспособительной деятельности при помощи показателей ВСР в зависимости от группы и категории инвалидности, пола, возраста и инвалидизирующего заболевания были выявлены следующие закономерности, представленные в табл.1.

Было установлено, что основная направленность в механизмах адаптации у представителей третьей группы инвалидности и инвалидов по общему заболеванию – это ослабление вклада парасимпатического отдела вегетативной регуляции, определяемое увеличением показателя $LF\backslash HF$ ($p=0,014$, $p=0,004$ соответственно) и уменьшением показателя $HF\%$ ($p=0,038$, $p=0,049$) соответственно. У мужчин-инвалидов помимо дисбаланса регуляторных систем в сторону уменьшения влияния парасимпатической нервной системы (ПНС), выявленное в результате увеличения $LF\backslash HF$ ($p=0,003$) и уменьшения $HF\%$ ($p=0,003$), наблюдалось повышение значения показателя $VLF\%$ ($p=0,033$), что указывает на активацию надсегментарного уровня регуляции. У людей с инвалидностью в возрастных группах 30-39 лет и 40-50 лет обнаружено снижение парасимпатического влияния в динамике показателя $HF\%$ ($p=0,023$, $p=0,001$, соответственно). В зависимости от инвалидизирующей патологии было выявлено, что при поражении ОДА активизируется симпатический отдел вегетативной нервной системы (ВНС), что устанавливается повышением значения показате-

лей SIo ($p=0,039$) и LF % ($p=0,008$). Увеличение VLF% ($p=0,018$) у представителей группы инвалидов с патологией психоневрологической сферы указывает на присоединение центрального контура регуляции в процессе адаптации к трудовой нагрузке, что характерно для людей с данной патологией [2]. У людей с патологией ССС было обнаружено динамическое уменьшение показателя HF% ($p=0,023$), а, следовательно, уменьшение функционального вклада ПНС в регуляторные процессы.

При обработке результатов исследования более удобен в использовании автоматический расчет интегрального показателя, позволяющего сделать выводы о направленности адаптивных процессов. В данном программном обеспечении определяется такой параметр, как «напряжение регуляторных систем». Однако при статистическом анализе данного показателя, как в общей выборке, так и в зависимости от группового критерия, не было выявлено значимых изменений. Это определяет необходимость индивидуального подхода в определении механизмов адаптации и является основанием использования данного параметра в качестве критерия конкретного исхода при определении прогностической значимости количественного признака при ROC-анализе.

Таблица 1

Динамика показателей ВСР у людей с инвалидностью в процессе трудовой деятельности
Table 1
Dynamics of HRV indicators in people with disabilities in the course of work

| Групповой критерий / Group criteria | Показатель ВСР / HRV indicator | I | II |
|---|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| | | Me [Q25; Q75]; M±SD | Me [Q25; Q75]; M±SD |
| Инвалидность 3 группы / Disability of 3 groups | LF\HF ф (y.e.) | 1,55 [0,96-1,89] | 2,19 [1,04-3,56]* |
| | HF % ф | 19 [16-28] | 14 [11-20]* |
| Инвалидность по общему заболеванию / Disability to a common disease | LF\HF ф(y.e.) | 1,21 [0,63-1,86] | 2,09 [0,99-3,47]* |
| | HF % ф | 21 [16-38] | 15 [11-30] |
| Мужской пол / Male gender | LF\HF ф(y.e.) | 1,15 [0,74-1,85] | 1,73 [1,17-3,47]* |
| | HF % ф | 25 [18-36] | 15 [11-25]* |
| | VLF%ф | 39± 14 | 47 ±18* |
| Возраст 30-39 лет/ Age 30-39 years | HF % ф | 25 [16-35] | 15 [10-32]* |
| Возраст 40-50 лет/ Age 40-50 years | HF % ф | 22 [15-29] | 15 [13-20]* |
| Патология ОДА/ Pathology of the musculoskeletal system | Slo (y.e.) | 212 [143-299] | 505 [356-865]* |
| | LF % ф | 22±10 | 35±14* |
| Патология ПНС/ Pathology of the psycho-neurological sphere | VLF%ф | 39±14 | 46±17* |
| Патология ССС/ Pathology of the cardiovascular system | HF % ф | 17 [13-31] | 13 [10-15]* |

* $p < 0,05$ в сравнении с исходными значениями; ф – фоновая проба, о – ортостатическая проба; I – до воздействия трудовой нагрузки, II – после воздействия трудовой нагрузки, ОДА – опорно-двигательный аппарат, ПНС-психоневрологическая сфера, ССС-сердечно-сосудистая система

Note. * $p < 0.05$ in comparison with the initial values; # $p < 0.05$ difference between groups; ф – background test, o – orthostatic test; I – before exposure to workload, II – after exposure to workload

Количественным признаком в данном исследовании стала ЭФА клеток буккального эпителия, а точнее, показатель «активность клеток», т.е. процент активных клеток из пула 100 клеток и средняя амплитуда движения плазмалеммы клеток в мкм. В результате работы над цитологическим блоком были получены закономерности, представленные в табл. 2.

Выявлено значимое увеличение активности клеток у инвалидов-женщин ($p=0,025$), инвалидов в возрасте 40-50 лет ($p=0,006$) и средней амплитуды движения плазмалеммы буккальных эпителиоцитов у людей с патологией ССС ($p=0,046$), что, по мнению ряда авторов, отражает благоприятные

изменения функционального состояния организма в целом [6, 7, 11, 16], а, следовательно, благоприятное влияние оказываемой трудовой нагрузки на обследуемые категории граждан.

Таблица 2
Динамика показателей ЭФА буккального эпителия у людей с инвалидностью в процессе трудовой деятельности

Table 2
Dynamics of indicators of the buccal cells EFA in people with disabilities in the course of work

| Групповой критерий/ Group criteria | Показатель ЭФА/ EFA indicator | I | II |
|---|--|---------------|-------------------|
| | | Me [Q25; Q75] | Me [Q25; Q75] |
| Женский пол/ Female gender | Активность клеток (%)/ Cell activity (%) | 13,5 [0-28,6] | 26,5 [0-48,3]* |
| Возраст 40-50 лет/ Age 40-50 years | | 9 [0-22,5] | 37,5 [17,1-53,8]* |
| Патология ССС/ Pathology of the cardiovascular system | Средняя амплитуда движения плазмалеммы (мкм) The average amplitude of the plasmalemma motion (microns) | 0,5 [0-0,28] | 0,7 [0,44-0,92]* |

* $p < 0,05$ в сравнении с исходными значениями; I – до воздействия трудовой нагрузки, II – после воздействия трудовой нагрузки, ССС-сердечно-сосудистая система

* $p < 0.05$ in comparison with the initial values; I – before the impact of work load, II – after the impact of work load, ССС-cardiovascular system

В табл.3 представлен корреляционный анализ полученных показателей ВСР и ЭФА буккального эпителия. У представителей 3 группы инвалидности была определена тесная отрицательная взаимосвязь между активностью клеток до начала трудовой практики и показателями, характеризующими усиление влияния симпатической нервной системы после трудовой нагрузки, а положительная взаимосвязь относительно показателей ВСР, указывающих на активацию ПНС. У исследуемых в возрасте 40-50 лет также была выявлена положительная статистически значимая взаимосвязь между активностью клеток до начала работы и показателем SDNN, характеризующим усиление парасимпатического отдела после труда. Все показатели ВСР, коррелирующие с активностью клеток, были получены в результате ортостатической пробы, т.е. в результате моделирования минимального стресса.

Таблица 3
Результаты корреляционного анализа ЭФА буккального эпителия и ВСР

Table 3
Results of correlation analysis of EFA buccal cells and HRV

| Показатель ВСР/ HRV indicator | R | p |
|---|--------|----------|
| Инвалиды 3 группы/ Disabled people of 3 groups | | |
| SI2o | -0,727 | < 0,001* |
| ИВР2o | -0,757 | < 0,001* |
| ВВР2o | -0,801 | < 0,001* |
| ВР2o | 0,756 | < 0,001* |
| Инвалиды в возрасте 40-50 лет/ Disabled people aged 40-50 years | | |
| SDNN2o | 0,712 | < 0,001* |

* – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$), o – ортостатическая проба, 2-по окончании трудовой нагрузки

* – differences in indicators are statistically significant ($p < 0.05$), o – orthostatic test, 2-at the end of the workload

Так как интегральный параметр напряжения регуляторных систем, рассчитанный программным обеспечением по методике Р.М. Баевского, — преднозологический признак [1] и, как было сказано

выше, имел статистические основания быть использованным при расчете логистической регрессии, выявленные индивидуальные уровни напряжения регуляторных систем были представлены в виде бинарного показателя. Полученные после прохождения трудовой практики данные были описаны в виде двух категорий: отсутствие напряжения регуляторных систем при низком и среднем уровне напряжения и напряжение регуляторных систем при его высоком уровне. В зависимости от вероятности достижения первой или второй ситуации были проанализированы показатели ЭФА буккальных эпителиоцитов до трудовой нагрузки для определения их диагностической значимости.

Был проведен ROC-анализ показателя «активность клеток» до трудового воздействия. На рисунке 1 представлена определенная в процессе работы AUC (Area Under Curve) или площадь под кривой ROC (ROC Curve) равная $0,76 \pm 0,07$ с 95% достоверным интервалом: $0,62 - 0,89$ ($p < 0,001$). Для выявления критического значения показателя «активность клеток» были сопоставлены максимально возможная чувствительность (70,4%) и максимально возможная специфичность модели (76,0%). Полученная «точка баланса» или точка cut-off аналогична наивысшему значению индекса Юдена, т.е. максимально возможной сумме чувствительности и специфичности, и составила 7,5% (рис. 2).

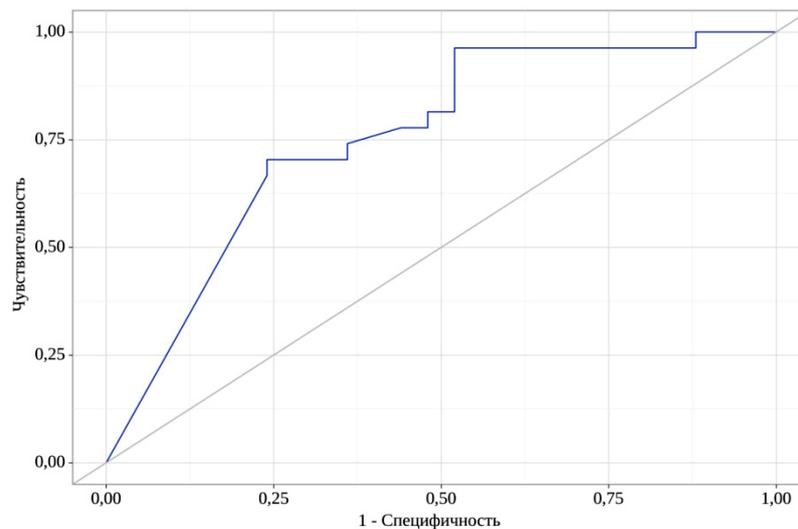


Рисунок 1. ROC-кривая, характеризующая зависимость вероятности показателя «Напряжение регуляторных систем после трудовой практики» от активности клеток

Figure 1. ROC curve characterizing the dependence of the probability of the indicator «Voltage of regulatory systems after work practice» on cell activity

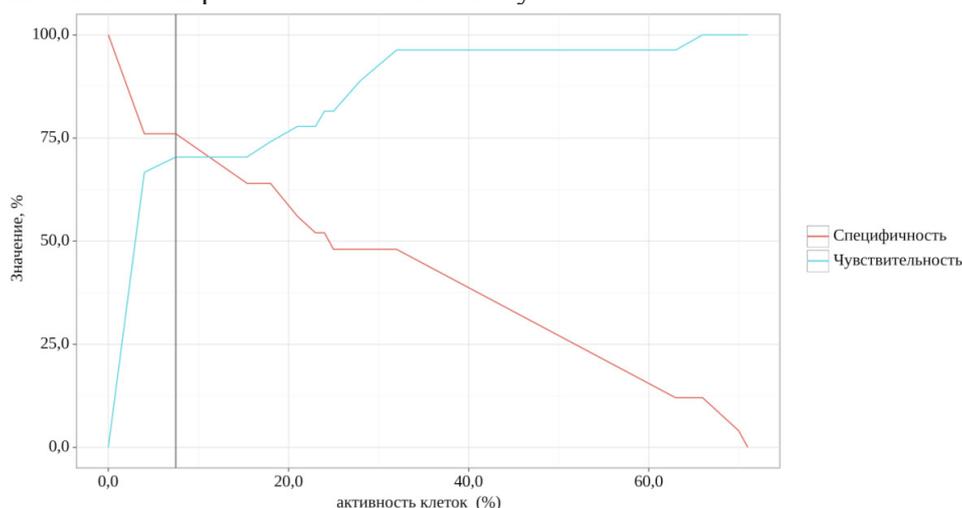


Рисунок 2. Анализ чувствительности и специфичности модели по показателю «активности клеток»

Figure 2. Analysis of the sensitivity and specificity of the model according to the indicator of «cell activity»

Следовательно, с вероятностью 76% (величина площади под ROC-кривой) можно прогнози-

вать напряжение регуляторных систем после трудовой нагрузки при значении активности клеток, измеренной до начала трудовой практики, ниже данной величины (7,5%) или равной ей.

В результате проведенного ROC-анализа показателя «средняя амплитуда движения плазмалеммы» до начала работы было выявлено, что с вероятностью 73% (площадь под ROC-кривой составила $0,73 \pm 0,07$ с 95% достоверным интервалом: $0,6-0,9$ $p=0,002$) можно прогнозировать напряжение регуляторных систем после трудовой нагрузки, если значение данного показателя ниже или равно 0,15 мкм (рис. 3, 4).

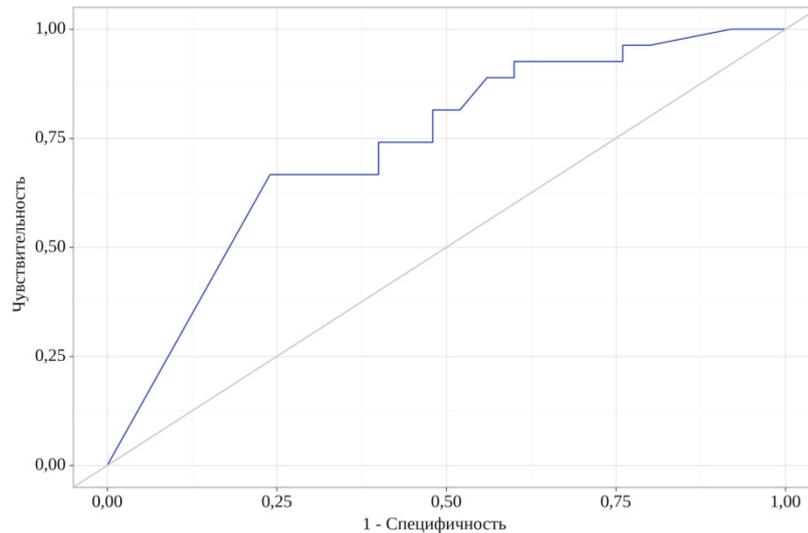


Рисунок 3. ROC-кривая, характеризующая зависимость вероятности показателя «Напряжение регуляторных систем после трудовой практики» от средней амплитуды движения клеток

Figure 3. ROC curve characterizing the dependence of the probability of the indicator «Voltage of regulatory systems after work practice» on the average amplitude of cell movement

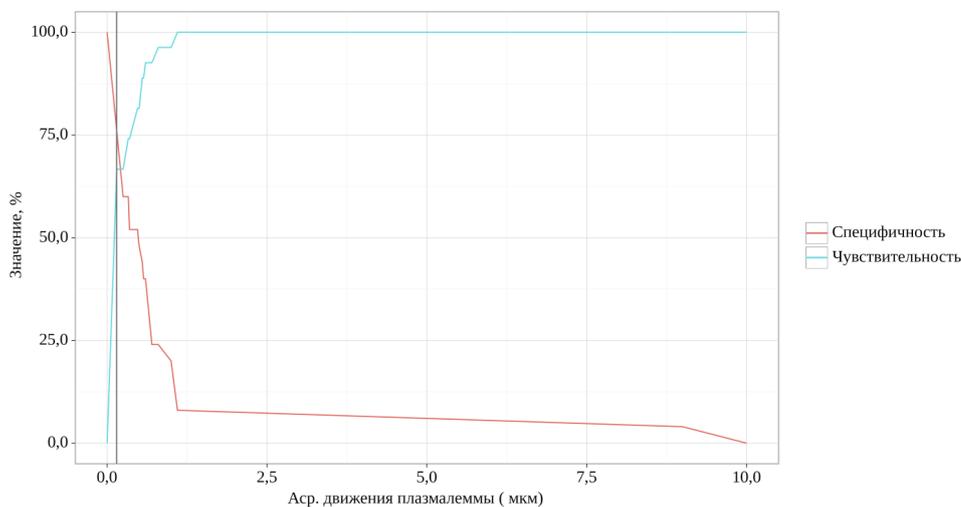


Рисунок 4. Анализ чувствительности и специфичности модели по показателю «средняя амплитуда движения плазмалеммы клеток»

Figure 4. Analysis of the sensitivity and specificity of the model according to the indicator «average amplitude of the movement of the plasmalemma of cells»

Выводы:

1. Определены основные регуляторно-вегетативные механизмы адаптационно-приспособительной деятельности инвалида к труду, такие как изменение вегетативного баланса и активация надсегментарной регуляции.

2. Выявлено, что уменьшение парасимпатического влияния как основная причина вегетативного дисбаланса наблюдалось у инвалидов по общему заболеванию, 3 группы инвалидности, в возраст-

ной группе 30-39, 40-50 лет, с патологией сердечно-сосудистой системы; симпатический вклад в процесс регуляции увеличивался у людей с патологией опорно-двигательного аппарата; надсегментарный уровень активировался у инвалидов-мужчин и инвалидов с нарушениями психоневрологической сферы.

3. Установлена корреляционная взаимосвязь между электрофоретической активностью буккального эпителия и изменением вегетативного баланса в процессе трудовой деятельности.

4. Пороговые значения показателей «активность клеток» и «средняя амплитуда движения клеток» до трудовой нагрузки, определяющие высокую вероятность наступления напряжения регуляторных систем после трудовой практики, составили 7,5% и 0,15 мкм соответственно.

Заключение

Таким образом, проведенное исследование определило особенности динамики вегетативного статуса людей с инвалидностью в процессе трудовой нагрузки в зависимости от категории, группы инвалидности, пола, возраста и инвалидизирующего заболевания. Выявленная взаимосвязь показателей ВСР и ЭФА клеток буккального эпителия позволяет использовать данный метод для ориентировочного и индивидуального прогноза эффективного режима труда и отдыха, длительности трудового дня и продолжительности трудовой недели при трудоустройстве человека с инвалидностью, что является одним из важных аспектов практического применения полученных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зубовский Д.К. Ритм сердца – отражение адаптации регуляторных систем организма. Ученые записки Белорусского государственного университета физической культуры. 2018. 21: 197-203.
2. Шлык Н.И. Вариабельность сердечного ритма и методы ее определения у спортсменов в тренировочном процессе. Методическое пособие. Ижевск: Удмуртский университет; 2022.
3. Прохоров П. Ю., Путилин Л. В. Психофизиологические корреляты графики электрокардиограммы у студентов выпускного курса медицинского института. Российский кардиологический журнал. 2022. 27(5S): 28-29.
4. Бурумбаева М.Б. Оценка степени напряжения регуляторных систем организма у женщин педагогов старшей возрастной группы. Евразийский кардиологический журнал. 2016. 1:130.
5. Бурнос А.А., Сердюков С.В., Кантемирова Р.К. Анализ вариабельности сердечного ритма у пациентов пожилого и старческого возраста, перенесших ампутацию нижних конечностей, на этапе подготовке к протезированию. Клиническая кардиология. 2016. 3-4: 23-28.
6. Молоканова Ю.П. Особенности цитоморфологии буккального эпителия курящих лиц юношеского возраста. Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2017. 1: 21–30.
7. Прошин А.Г., Дурнова Н.А., Сальников В.Н., Курчатова М.Н., Сальников Н.В. Буккальный эпителий как отражение физиологических и патофизиологических процессов. Вестник медицинского института «Реавиз»: реабилитация, врач и здоровье. 2019. 1(37):74-78.
8. Сагинбаев У.Р., Овсянникова Л.Б., Целоусова О.С. Микроядерный анализ буккального эпителия как индикатор воздействия факторов окружающей среды. Естественнонаучные основы медико-биологических знаний. Материалы всероссийской конференции студентов и молодых ученых с международным участием. 2017: 38-40.
9. Румянцева А.А., Волкова А.К. Исследование электрокинетических свойств буккального эпителия для оценки функционального состояния человека. Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии. Труды XIII Международной научной конференции с научной молодежной школой имени И.Н. Спиридонова. 2018: 77-81.
10. Мячина О.В., Зуйкова А.А., Пашко А.Н. Электрокинетическая активность клеток буккального эпителия у больных гипертонической болезнью. Сибирский медицинский журнал. 2012. 2: 120-122.
11. Кузелин В.А., Соловьев А.А., Егоркина С.Б., Брындин В.В. Электрокинетические свойства клеток как расчетный показатель адаптационных резервов спортсменов-студентов. Педагогика и образование. Сборник тезисов докладов участников пула научно-практических конференций.

2020: 250-252.

12. Кузелин В.А., Егоркина С.Б., Соловьев А.А., Брындин В.В., Буланова О.И. Исследование функциональных возможностей игроков американского футбола методом оценки электрокинетических свойств клеток. Вестник новых медицинских технологий. 2017. 24, 3: 89–94.

13. Кузелин, В.А. Вариабельность ритма сердца как маркер адаптационных резервов игроков американского футбола. Физиология человека: Материалы Всероссийской научной конференции с заочным участием - Чебоксары: ЧГПУ им. И.Я. Яковлева, 25 ноября 2016: 126-128.

14. Кузелин В.А., Егоркина С.Б., Брындин В.В., Соловьев А.А. Определение связи между показателями вариабельности сердечного ритма и электрофоретической активностью клеток у игроков американского футбола. Лечебная физкультура и спортивная медицина . 2021; 2: 26-33.

15. Патент РФ № 2168176 «Способ микроэлектрофореза клеток крови и эпителиоцитов и устройство для его осуществления» от 07.05.2001.

16. Куцевляк В.Ф., Бобровская Н.П., Колупаева Т.В. Изменение электрофоретической активности клеток буккального эпителия у рабочих профессионального риска по свинцу в зависимости от стажа. Стоматология славянских государств. Сборник трудов конференции Белгород, 08-16 октября 2017: 225-228.

Авторы

Наговицына Елена Андреевна

Ассистент кафедры нормальной физиологии

elena34nv@eandex.ru

Васильева Наталья Николаевна

Доктор медицинских наук, профессор кафедры нормальной физиологии

Елисеева Елена Владимировна

Кандидат медицинских наук, доцент кафедры нормальной физиологии

Соловьев Александр Александрович

Кандидат медицинских наук, доцент кафедры гистологии, эмбриологии и цитологии

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Ижевск, Российская Федерация

E.A. Nagovitsyna, N.N. Vasileva, E.V. Eliseeva, A.A. Soloviev

ELECTROPHORETIC ACTIVITY OF BUCCAL CELLS: FEATURES AND POSSIBILITIES OF APPLICATION FOR ASSESSING THE FUNCTIONAL STATE OF REGULATORY SYSTEMS IN DISABLED PEOPLE OF WORKING AGE

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Izhevsk State Medical Academy» of the Ministry of Health of the Russian Federation,
Izhevsk, Russian Federation

Abstract. The development of new methods for studying adaptive mechanisms such as electrophoretic activity of buccal cells takes into account such factors as noninvasiveness and unaltering of cells. Determination of heart rate variability (HRV) meets similar requirements. *Materials and methods.* HRV indicators and electrophoretic activity of buccal cells of 130 disabled people were monitored before

and after a 2 week work practice. **Results.** The analysis of data identified that the features of adaptive mechanisms depend on the gender, age, group of disability, category of disability and type of disabling disease. It also revealed the threshold values of electrophoretic activity of buccal cells at the beginning of the work period correlate to the HRV at the end. Thanks to this, there is an opportunity to use electrophoretic activity of buccal cells in a screening of adaptive mechanism levels.

Keywords: adaptation, heart rate variability, electrophoretic activity, buccal cells, a person with a disability

There is no conflict of interest.

Contact details of the corresponding author:

Elena A. Nagovitsyna

elena34nv@eandex.ru

Received 17.05.2022

For citation:

Nagovitsyna E.A., Vasileva N.N., Eliseeva E.V., Soloviev A.A. Electrophoretic activity of buccal cells: features and possibilities of application for assessing the functional state of regulatory systems in disabled people of working age. [Online] Vestn. Ural. Med. Akad. Nauki. = Journal of Ural Medical Academic Science. 2023, Vol. 20, no. 3, pp. 42–52. DOI: 10.22138/2500-0918-2023-20-3-42-52 (In Russ)

REFERENCES

1. Zubovskiy D.K. Heart rhythm – reflection of adaptation of regulatory systems of the body. Scientific notes of the Belarusian State University of Physical Culture. 2018, Vol. 21, pp. 197-203. (In Russ.)
2. Shlyk N.I. Heart rate variability and methods of its determination in athletes in the training process: a methodological guide. Izhevsk: 2022, 81p. (In Russ.)
3. Prokhorov P. Yu., Putilin L. V., Psychophysiological correlates of electrocardiogram graphs in graduate students of the medical institute. Russian Journal of Cardiology. 2022, dopolnitelnyy vypusk (aprel), pp 28-29. (In Russ.)
4. Burumbayeva M.B. Assessment of the degree of tension of the regulatory systems of the body in women teachers of the older age group. Eurasian Cardiological Journal. 2016, pp 130. (In Russ.)
5. Burnos A.A., Serdyukov S.V., Kantemirova R.K. Analysis of heart rate variability in elderly and senile patients who underwent lower limb amputation at the stage of preparation for prosthetics. Clinical Cardiology. 2016, Vol. (3, 4), pp 23-28. (In Russ.)
6. Molokanova Yu.P. Features of cytomorphology of buccal epithelium of smoking young people. Bulletin of the Moscow State Regional University. Series: Natural Sciences. 2017, Vol. (1), pp. 21-30. (In Russ.)
7. Proshin A.G., Durnova N.A., Salnikov V.N., Kurchatova M.N., Salnikov N.V. Buccal epithelium as a reflection of physiological and pathophysiological processes. Bulletin of the Medical Institute «Reaviz»: rehabilitation, doctor and health. 2019, Vol.1 (37), pp. 74-78. (In Russ.)
8. Saginbayev U.R., Ovsyannikova L.B., Tselousova O.S. Micronuclear analysis of buccal epithelium as an indicator of the impact of environmental factors. Natural science foundations of biomedical knowledge. Materials of the All-Russian conference of students and young scientists with international participation. 2017, pp.38-40. (In Russ.)
9. Rumyantseva A.A., Volkova A.K. Investigation of electrokinetic properties of buccal epithelium for evaluation of the functional state of a person. Physics and radioelectronics in medicine and ecology. Proceedings of the XIII International Scientific Conference with the I.N. Spiridonov Scientific Youth School. 2018, pp. 77-81. (In Russ.)
10. Myachina O.V., Zuykova A.A., Pashko A.N. Electrokinetic activity of buccal epithelial cells in patients with hypertension. Siberian Medical Journal. 2012, Vol. 27 (2), pp. 120-122. (In Russ.)
11. Kuzelin V.A., Solovyev A.A., Egorkina S.B., Bryndin V.V. Electrokinetic properties of cells as a calculated indicator of adaptive reserves of athletes-students. Pedagogy and education. Collection of abstracts of reports of participants of the pool of scientific and practical conferences. 2020, pp. 250-252. (In Russ.)

12. Kuzelin V.A., Egorkina S.B., Solovyev A.A., Bryndin V.V., Bulanova O.I. Investigation of the functional capabilities of American football players by assessing the electrokinetic properties of cells. Bulletin of New medical Technologies. 2017, Vol. 24. (3), pp. 89–94. (In Russ.)
13. Kuzelin V.A. Heart rate variability as a marker of adaptive reserves of American football players. Human physiology: Materials of the All-Russian scientific conference with correspondence participation - Cheboksary: I.Ya. Yakovlev ChSPU, November 25, 2016, pp. 126-128. (In Russ.)
14. Kuzelin V.A., Egorkina S.B., Bryndin V.V., Solovyev A.A. Determination of the relationship between heart rate variability and electrophoretic activity of cells in American football players. Therapeutic physical education and sports medicine. 2021, Vol. (2), pp. 26-33. (In Russ.)
15. Patent RF № 2168176 Method of microelectrophoresis of blood cells and epithelial cells and a device for its implementation. Dated 07.05.2001. (In Russ.)
16. Kutsevlyak V.F., Bobrovskaya N.P., Kolupayeva T.V. Changes in electrophoretic activity of buccal epithelial cells in workers at occupational risk for lead depending on the length of service Dentistry of Slavic states. Proceedings of the conference Belgorod, October 08-16, 2017, pp. 225-228 (In Russ.)

Authors

Elena A. Nagovitsyna

Assistant of the Department of Normal Physiology

elena34nv@eandex.ru

Natalia N. Vasileva

Dr. med. Sciences, Professor of the Department of Normal Physiology

Elena V. Yeliseeva

Cand. med. Sciences, Associate Professor of the Department of Normal Physiology

Alexander A. Solovyov

Cand. med. Sciences, Associate Professor of the Department of Histology, Embryology and Cytology

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Izhevsk State Medical Academy»
of the Ministry of Health of the Russian Federation
Izhevsk, Russian Federation