Поведенческие параметры как симптомы COVID-19. Новые возможности и старые проблемы медицинской диагностики

В. А. Минкин[1], *А. А. Косенков*[2]

[1] ООО «Многопрофильное предприятие «Элсис», Санкт-Петербург, Россия, minkin@elsys.ru

[2] Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр имени А. И. Бурназяна» ФМБА России, Москва, Россия

Аннотация: *Рассмотрены применения системы измерения 40 поведенческих параметров человека на базе технологии виброизображения для медицины, в том числе: диагностика COVID-19, контроль эффективности вакцинации против COVID-19 и постковидная реабилитация. Приведены примеры обучения искусственных нейронных сетей (ИНС) в зависимости от поставленной задачи медицинской диагностики. Показана возможность диагностики COVID-19 на стадии начала и окончания заболевания с помощью поведенческих параметров. Приведен пример контроля эффективности вакцинации от COVID-19 по измеряемым поведенческим параметрам. Показана возможность объективного контроля постковидных изменений организма с помощью поведенческих параметров. Анализируются преимущества поведенческих характеристик над традиционными биохимическими и биофизическими методами анализа при медицинской диагностике и контроле за лечением заболеваний.*

Ключевые слова: *COVID-19, виброизображение, поведенческие параметры, биохимические анализы, медицинская диагностика, симптомы заболевания, биометрия, машинное обучение, ИНС, ИИ.*

Behavioral Parameters as COVID-19 Signs. New Opportunities and Old Problems of Medical Diagnostics

Viktor A. Minkin[1], *Alexander A. Kosenkov*[2]

[1] Elsys Corp, St. Petersburg, Russia, minkin@elsys.ru

[2] State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical and Biological Agency (SRC — FMBC) of Russia, Moscow, Russia

Abstract: *Applications of measuring human behavioral parameters based on vibraimage technology for medicine is considered, including: diagnostics of COVID-19, monitoring the effectiveness of vaccination against COVID-19 and post-covid-19 rehabilitation. Variants of artificial neural networks (ANNs) training are given, depending on medical diagnostics tasks. The possibility of COVID-19 diagnosis at the stage of disease start and end using behavioral parameters has been shown. Monitoring of vaccination effectiveness against COVID-19 by measurable behavioral parameters is given. The possibility of post-covid-19 changes control using behavioral parameters has been shown. The analysis of behavioral characteristics advantages over traditional biochemical and biophysical methods in medical diagnosis and disease treatment monitoring is done.*

Keywords: *COVID-19, vibraimage, behavioral parameters, medical diagnostics, disease symptoms, biometrics, machine learning, ANN, AI.*

https://doi.org/10.25696/ELSYS.VC4.RU.07

Введение

Традиционно человечество противопоставляло материальное и духовное, вещество и энергию, считая эти понятия противоположными. С точки зрения современной физики, математики и информационной теории разница между этими понятиями не столь велика, у любого объекта могут быть материальные, энергетические и информационные характеристики. Основатель кибернетики Норберт Винер в 1948 году утверждал, что «информация есть информация, а не материя и не энергия. Тот материализм, который не признает этого, не может быть жизнеспособным в настоящее время.» (Wiener, 1948). К сожалению, то что было сказано почти 100 лет назад может быть повторено сейчас с еще большей актуальностью. Современная медицина в настоящее время полностью сконцентрирована на материальном (а не информационном) подходе к болезни, диагностике и методам лечения. Слабые попытки представить цифровую медицину как беспристрастную науку, равноправно использующие данные биофизических, биохимических и поведенческих характеристик, только подчеркивают это неравенство (Alber et al., 2019). Большинство достижений и провалов в современной медицине основаны на получении материальных данных биохимических или биофизических анализов, в том числе при диагностике COVID-19 (Zhang et al., 2020; Laguarta et al., 2020; Soares et al. 2020; Erdem & Aydın, 2020; Hussain et al., 2020; Jin et al., 2020; Wynants et al., 2020; Struyf et al., 2020; Jimenez-Solem et al., 2021). В то время как измеряемые поведенческие параметры человека, практически, полностью игнорируются современной медициной, хотя они являются основой диагностики любого заболевания, первый классический вопрос врача пациенту — на что жалуетесь? Редко кто из пациентов жалуется на биохимические анализы (уровень сахара, холестерина и т.д.). Биохимические изменения в организме неразрывно связаны с поведенческими характеристики, например усталость, головная боль, тошнота, кашель — так называемые симптомы заболевания. Симптомы — это те же поведенческие параметры, которые имеют отклонения от нормы, если норма правильно определена, а поведенческие параметры измерены физическим методом. Именно такой способ измерения поведенческих параметров предлагает технология виброизображения, определяя различные психофизиологические параметры при измерении рефлексных микродвижений головы. Вестибулярная система человека автономно поддерживает голову в вертикальном состоянии с помощью постоянного сокращения шейных мышц, а любые патологические процессы вносят изменения в работу вестибулярной системы (Бланк и др., 2012). Это явление получило название вестибулярно-эмоциональный рефлекс (Minkin&Nikolaenko, 2008; Минкин, 2020), так как эмоциональные состояния так же влияют на параметры микродвижений головы, например агрессивное состояние увеличивает частоту рефлексных микродвижений (Lorenz, 1963).

Человек всегда находится под действием множества различных внешних факторов (физических, химических, биологических, эмоциональных, информационных и других), которые выводят или не выводят физиологические системы человека из равновесного состояния. Функционирование физиологических систем основано на множестве обратных связей, регуляция равновесия (биологического, физического, химического) в организме обеспечивается в различной терминологии гомеостазом (Cannon, 1932), аллостазом (McEwen, 2000), гомеокинезом (Halberg, 1969; Минкин&Бланк, 2019; 2021) или интероцепцией (Черниговский, 1985; Petzschner et al., 2021) в зависимости от выбора модели достижения равновесия. Упрощенная модель регулирования равновесного состояния изображена во множестве публикаций, от учебников до научных статей, по моделированию физиологических процессов (Selye, 2013; Новосельцев, 1978; McEwen, 2000). Мы не считаем необходимым усложнять структурную схему воздействий на человека, потому что именно детальность представления физиологических процессов, на мой взгляд, мешает понять общие принципы состояния здоровья или болезни. Внешние воздействия приводят к изменениям внутри организма. Насколько вызванные изменения являются обратимыми определяют защитные механизмы организма (иммунитет) и правильность лечения, что тоже является внешним воздействием. На рисунке 1 приведена обобщенная структурная схема материального и информационного воздействия на человека в процессе лечения произвольного заболевания. Биометрические стандарты (ГОСТ ISO/IEC 2382-37-2016) разделяют все измеряемые характеристики человека на биологические (материальные) и поведенческие (информационные), поэтому в дальнейшем мы будем придерживаться данной стандартизированной терминологии, в том числе и для медицинской диагностики, так как медицинские методы исследования и анализы, лежащие в основе медицинской диагностики, следует считать отдельной областью получения биометрических характеристик человека.

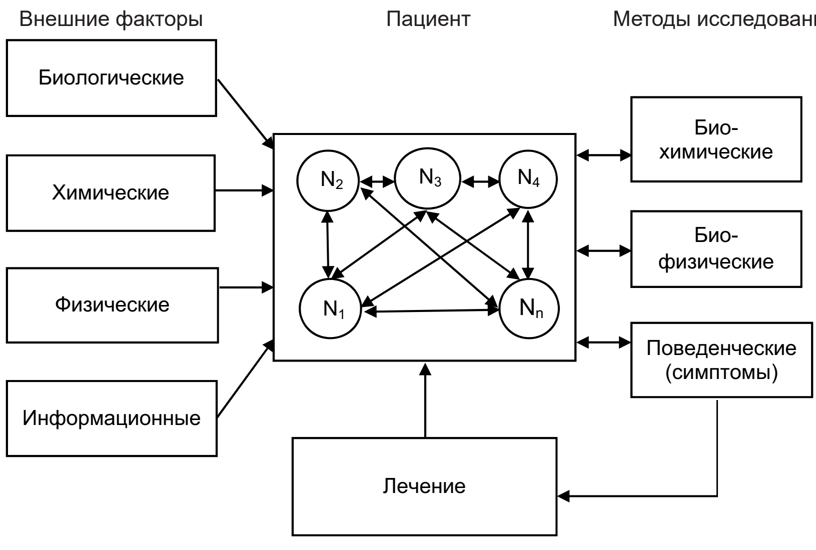


***Рис. 1.** Обобщенная структурная схема материального и информационного воздействия на человека в процессе лечения произвольного заболевания.*

N_1–N_n — физиологические системы и различные уровни обмена управляющими сигналами в организме человека

На рисунке 1 пациент представлен в виде ряда физиологических систем и блоков обмена управляющими сигналами, причем каждый элемент такой схемы имеет двустороннюю связь с любым другим элементом системы. Из приведенной схемы следует, что любое изменение в произвольном блоке приводит к определенным изменениям во всех других элементах системы. Следовательно, любое заболевание накладывает свой неповторимый отпечаток на функционирование каждой физиологической системы и контроль работы, например, вестибулярной системы, является достаточным для диагностики произвольного заболевания.

Целью данной работы является сравнение различных методов анализа медицинских (материальных и информационных) данных во время заболевания и исследование возможности использования поведенческих параметров для медицинской диагностики в начале заболевания, процессе лечения, реабилитации после лечения и оценки эффективности вакцинирования на примере диагностики COVID-19 технологией виброизображения с использованием обучаемых ИНС.

Материалы и метод

Методом измерения 40 поведенческих параметров является технология виброизображения (Минкин, 2007; 2020; Акимов&Минкин, 2021), используемая, в том числе, для медицинской диагностики (Бланк и др. 2012; Минкин&Бобров; 2020) наиболее эффективно с применением обучаемых ИНС (Бобров и др., 2020; Minkin et al., 2020; Акимов&Минкин, 2021). Для получения информации о микродвижениях головы человека телевизионная веб камера Microsoft LifeCam Studio располагалась в 1 метре от пациента, сидящего напротив вебкамеры в течение 3 минут. Камера подключена к компьютеру с процессором Intel Core i7, на котором установлена программа VibraHT, определяющая поведенческие параметры и характеристики здоровья, анализируя микродвижения головы человека с помощью предварительно обученной ИНС. Измерение поведенческих параметров у пациентов проводилось в различные периоды течения заболевания COVID-19, условно разделяемые на 4 этапа, отображенные в таблице 1, аналогично представленной Гансом Селье реакции на стрессовый фактор (Selye, 2013).

Таблица 1

Различные периоды болезни COVID-19 у пациентов, разделяемые на 4 этапа при формировании базы данных поведенческих параметров

Стадия заболевания	Инкубационный период, дни	Активная фаза заболевания, дни	Процесс выздоровления, дни	Процесс реабилитации, месяц
Длительность, дни (месяцы)	1–7	14–30	7–30	1–6

Всего было проведено 331 измерение поведенческих параметров пациентов, находящихся на разных стадиях заболевания COVID-19, и проведено обучение ИНС с использованием 331 измерения поведенческих параметров участников контрольной (референтной) группы. Аналогично результатам измерений группы пациентов было проведено 331 измерение поведенческих параметров в контрольной группе с подтвержденным отсутствием заболевания COVID-19. На момент написания статьи в базе данных было 662 результата измерения поведенческих параметров (331 результат в группе пациентов и 331 результат в контрольной группе). Для исследования поведенческих параметров, свойственных определенной стадии заболевания, было проведено дополнительное обучение ИНС на результатах измерений, взятых для отдельных стадий заболевания COVID-19.

Представим как работает предлагаемый метод на условном примере. Пациент приходит к врачу и жалуется на 2481 причину (параметр) своего плохого самочувствия. Врач говорит: «хорошо, сейчас я Вас осмотрю». И за одну минуту количественно определяет каждый из 2481 параметра, сравнивая их с имеющимися у него нормами различных заболеваний. Именно так работает обученная ИНС (Акимов&Минкин, 2021) при непрерывном (5 отсчетов каждого параметра в секунду) измерении 40 поведенческих параметров за одну минуту. Файлы расчета ИНС для выявления COVID-19 и диагностики постковидных симптомов приведены в приложении к данной статье.

Диагностика COVID-19 по поведенческим параметрам

Принципы диагностики начала заболевания COVID-19 с помощью поведенческих параметров, с использованием которых была разработана искусственная нейронная сеть (ИНС) для диагностики COVID-19, были описаны ранее в работах (Minkin et al., 2020; Акимов&Минкин, 2021). Одним из не менее важных вопросов чем ранняя диагностика заболевания является вопрос, на который в настоящее время также нет однозначного ответа — когда конкретный пациент, перенесший COVID-19, перестает быть заразным для окружающих (Prakash, 2020)? Наличие отрицательного результата ПЦР теста вряд ли свидетельствует о том, что пациент не заразен, скорее всего это говорит о переходе заболевания в завершающую фазу (Chan et al., 2020). Наличие повышенного уровня антител IgM тоже не может являться свидетельством продолжения инфекции, так как выработка антител происходит с определенной инерционностью, а разница во времени между получением отрицательного теста ПЦР и отрицательного результата теста IgM при COVID-19 может составлять несколько месяцев (Arevalo-Rodriguez et al., 2020; Liu et al., 2020; Sheikhzadeh et al., 2020). Поэтому в большинстве случаев решение о выписке пациента принимается врачом, исходя из индивидуальной информации, в каждом конкретном случае. Рассмотрим на конкретном случае (1) насколько объективно может быть принято решение обученной ИНС о сроке окончания заболевания COVID-19 при наличии регулярных измерений поведенческих параметров программой VibraHT (Минкин&Бобров, 2020; Minkin et al., 2020) у пациента 1 (мужчина 41 год, отрицательный ПЦР тест получен 15 февраля 2021, спустя 18 дней после появления симптомов COVID-19 и получения положительного ПЦР теста. Последний положительный ПЦР тест был получен 8 февраля, нормальная температура 36,4–36,5°C — с 10 февраля, выписка врачом — с 20 февраля).

При занесении данных поведенческих параметров данного пациента ИИ определил данные поведенческих параметров, полученные 15, 16, 17 февраля, как болезнь, а 18 и 19 февраля как отсутствие COVID-19, т. е. достаточно близко к врачебной выписке. Отметим, что программа диагностики COVID-19 определяла пациента больным и, вероятно, способным заражать окружающих в течение трех дней после отрицательного теста ПЦР. Данные измерений пациента 1 при окончании заболевания COVID-19 приведены в таблице 2.

Таблица 2

Данные диагностики COVID-19 при выздоровлении пациента (случай 1). Страница HealthTest программы VibraHT. Σ[R] — суммарная корреляция между поведенческими параметрами. Σ[ΔM] — соответствие поведенческих параметров общему шаблону. В круглых скобках указаны статистические нормы на поведенческие параметры. Вероятность COVID-19 определяет ИНС по 40 входным поведенческим параметрам

Дата	Σ[R], (норма >20,0)	Σ[ΔM], (норма <4,0)	Поведенческая вероятность COVID-19, (норма <50)	T, °C (норма <37,0)
2021–02–16 11_08_14_M	49,00	2,59	100,00	36,6
2021–02–17 10_23_46_M	60,35	2,47	100,00	36,6
2021–02–18 10_13_43_M	33,49	1,80	0,00	36,4
2021–02–19 09_49_47_M	33,93	1,53	0,00	36,4

Показанный резкий переход от 100% вероятности заболевания COVID-19 в таблице 2, полученный 17 февраля, к нулевой вероятности, полученной 18 февраля, определяется, скорее всего, недостаточным размером базы при обучении ИНС. При большем размере обучаемой выборки переход от болезни к выздоровлению обязан быть более плавным.

Не следует считать, что ИНС и ИИ можно обучить любому результату, формируя базу данных пациентов и контроля по своему собственному усмотрению. Предпринятая попытка сформировать базу данных измерений поведенческих параметров данного пациента (1) по формальному моменту выписки пациента с 20 февраля неизбежно давала 2 лишние ложноположительные ошибки по результатам измерений 18 и 19 февраля. В случае формирования базы по моменту отрицательного теста ПЦР неизбежно возникали 2 дополнительные ложноотрицательные ошибки по результатам замеров 16 и 17 февраля. Таким образом, минимизация ошибок ИНС при анализе уже обученной базы показывает более точное окончание заболевания, чем традиционные биохимические методы анализа, например результат ПЦР теста.

Контроль поведенческих параметров пациента после вакцинации от COVID-19 вакциной Спутник V

Мы не случайно привели в первой части работы таблицу 1 с различными стадиями заболевания. Обучение ИНС по результатам измерений, сделанных в определенной стадии заболевания, позволяет сделать программу диагностики более чувствительной к выбранной стадии заболевания, так как симптоматика, а значит и поведенческие параметры, заметно изменяются на различных стадиях заболевания. Например, проведенный нами контроль поведенческих параметров пациента 2 (женщина 39 лет, первая прививка вакциной Спутник V сделана 12 февраля 2021) после первой прививки вакциной Спутник V, проведенный общей программой диагностики COVID-19, обученной на полной базе измерений (стадия 1–3, 662 результатов измерений) показал изменение поведенческих, но не показал выявление признаков COVID-19 у пациента, прошедшего вакцинацию, что в общем-то и ожидалось. Однако исследование пациента обученной ИНС на укороченной базе без стадии 3 (520 измерений) показало принципиально другой результат, приведенный в таблице 3.

Таблица 3

Данные измерений поведенческих параметров при вакцинации пациента (случай 2) вакциной Спутник V. Σ[R] — суммарная корреляция между поведенческими параметрами. Σ[ΔM] — соответствие поведенческих параметров общему шаблону. В круглых скобках указаны статистические нормы на поведенческие параметры. Вероятность COVID-19 определяет ИНС по 40 входным поведенческим параметрам

Дата	Σ[R], (норма >20,0)	Σ[ΔM], (норма <4,0)	Поведенческая вероятность COVID-19, (норма <50)	T, °C (норма <37,0)
2021–02–12 15_52_02_M	20,69	1,29	0,00	36,6
2021–02–13 10_43_16_M	21,69	1,89	0,00	36,6
2021–02–15 10_52_50_M	24,08	1,27	99,94	36,4
2021–02–16 13_52_15_M	24,11	2,13	99,99	36,4
2021–02–17 15_02_17_M	20,97	2,59	100,00	37,5
2021–02–18 14_55_56_M	19,78	1,44	0,00	36,8
2021–02–19 13_57_41_M	13,20	1,55	0,00	36,6
2021–02–20 11_36_49_M	13,63	1,61	0,00	37,8
2021–02–21 14_35_26_M	16,12	1,36	0,00	36,6
2021–02–22 17_06_21_M	22,79	1,01	0,00	36,4
2021–02–24 15_14_03_M	28,53	2,43	0,00	36,5

Приведенные в таблице 3 результаты показывают, что у вакцинированного пациента (2) появились поведенческие симптомы COVID-19 на третий день после прививки, причем эти симптомы продержались 3 дня. Затем появились проблемы общего ухудшения физиологического состояния длительностью 4 дня. Нормальное психофизиологическое состояние пациента восстановилось на 8-й день после первой прививки Спутник V по данным измерений поведенческих параметров. Температура тела пациента изменялась не столь информативно и по ней сложно оценивать изменение состояния пациента.

Реабилитация после заболевания. Проблемы реабилитации постковидных пациентов

Одним из направлений современной медицины является реабилитация пациентов после перенесенного тяжелого заболевания, например инфаркта или инсульта. Пандемия COVID-19 выявила широкий спектр последствий у пациентов после перенесенного заболевания (Barker-Davies et al., 2020), который оказался достаточно неожиданным для специалистов. Медики традиционно используют биохимические и биофизические методы анализа для контроля постковидных изменений, однако в настоящий момент отсутствует понимание закономерностей общих постковидных симптомов (Barker-Davies et al., 2020; Kabi et al., 2020). По моему предположению, это связано с тем, что биофизические и биохимические методы анализа организма направлены на выявление локальных признаков и ориентированы на выявление определенной физической величины или биохимического показателя. В то время как контроль поведенческих параметров позволяет оценить совокупность многих параметров и характеризовать психофизиологическое состояние в целом. Рассмотрим случай 3 (пациент женщина 63 года, перенесла COVID-19 в июле 2020 года), при этом, спустя почти полгода пациент не пришла в норму после заболевания и жалуется на множественные постковидные симптомы, в том числе, быструю утомляемость, головокружение, боли в сердце, мышцах и суставах. Тестирование пациента программой, обученной по полной базе, не показало признаков COVID-19, в то время как тестирование пациента программой с исключенными данными первой и частично второй стадии заболевания показало устойчивую симптоматику COVID-19 (таблица 4).

Таблица 4

Данные измерений поведенческих параметров при постковидной реабилитации пациента (случай 3). Σ[R] — суммарная корреляция между поведенческими параметрами. Σ[ΔM] — соответствие поведенческих параметров общему шаблону. В круглых скобках указаны статистические нормы на поведенческие параметры. Вероятность COVID-19 определяет ИНС по 40 входным поведенческим параметрам

Дата	Σ[R], (норма >20,0)	Σ[ΔM], (норма <4,0)	Поведенческая вероятность COVID-19, (норма <50)	T, °C (норма <37,0)
2020–12–24 10_45_03_M	24,37	4,09	99,77	36,6
2020–12–24 10_39_53_M	20,94	4,00	99,99	36,6

Обратим внимание, что результаты измерений поведенческих параметров, сделанные с перерывом в несколько минут, показывают достаточно близкие результаты, что подчеркивает относительную стабильность постковидного состояния. Кроме того, приведу для этого случая расширенную таблицу поведенческих параметров, измеряемых программой VibraHT и отображенную на рисунке 2.

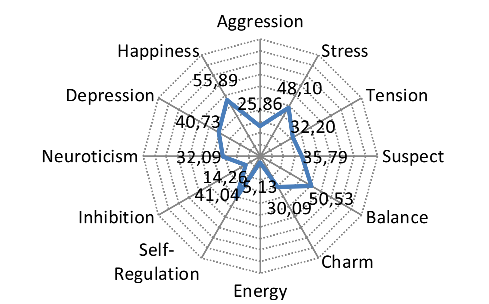
Psychophysiological State Measurement Results

Name	Case 3	**ID**	XXX
Gender	G	**Date**	24.12.20 10:48
Age	63	**Σ Vi**	22,6152

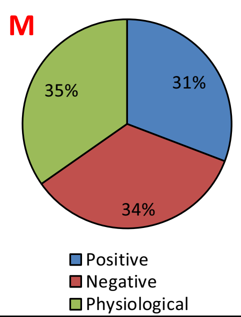
10 Parameter Results

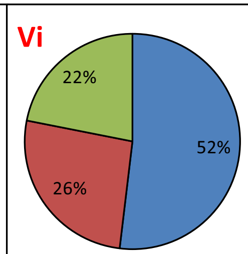
Parameter	Min	Avg	Max	Vi	Parameter	Min	Avg	Max	Vi
Aggression (20 ~ 50)	18,1	25,8577	43,5	15,2	Stress (20 ~ 40)	36,3	48,097	56,4	9,5
Tension (15 ~ 40)	8,9	32,1996	51,7	28,0	Suspect (20 ~ 50)	26,2	35,7864	44,0	10,4
Balance (50 ~ 100)	17,5	50,5315	69,0	14,4	Charm (40 ~ 100)	18,1	30,0934	78,3	54,9
Energy (10 ~ 50)	2,7	5,133	9,6	31,5	Self-Regulation (50 ~ 100)	22,0	41,0444	68,2	24,4
Inhibition (10 ~ 25)	8,9	14,2604	25,2	22,5	Neuroticism (10 ~ 50)	2,0	32,0932	46,8	15,2
Depression (20 ~ 50)	33,3	40,73	46,9	8,9	Happiness (50 ~ 100)	50,1	55,89	76,3	6,2

Parameter Chart



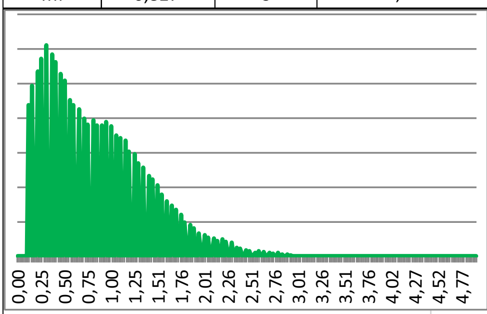
Emotion distribution Chart





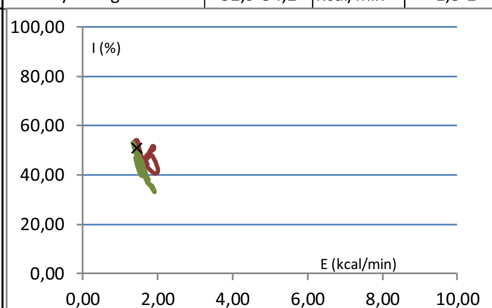
Frequency Histogram

Mf	0,827	S	0,550



Psy variability - Mental basal metabolism

Psy change rate	32,9-54,2	Kcal/min	1,3-2



Result [Quality 100% / 6]

Extraversion	**55,9292**	**Stability**	79,2555

***Рис. 2.** Типичная картина поведенческих параметров для постковидного пациента. Страница Measurement программы VibraHT*

Обратим особое внимание на частотную диаграмму (Frequency Histogram) рисунка 2. Такой ассиметричный вид распределения с низкочастотным максимумом и расширенной правой частью частотного распределения является достаточно характерным для пациентов с ковидом и постковидными нарушениями. Стандартным для нормального психофизиологического состояния является нормальное распределение Гаусса для частоты вибраций (Минкин, 2020).

Обсуждение результатов и дискуссия

Приведенные в данной статье результаты применения поведенческих параметров для медицинской диагностики показывают, что поведенческие параметры являются более информативными для диагностики тяжелых заболеваний, чем традиционно используемые биохимические или биофизические анализы. Это относительно парадоксальное заявление имеет логическое обоснование. Поведенческие характеристики человека определяются совокупностью биофизических и биохимических процессов, происходящих в организме человека. Каждый конкретный биохимический или биофизический анализ определяет с некоторой точностью только один компонент из общего психофизиологического состояния человека, пусть даже очень важный для диагностики заболевания, например концентрацию вирусов COVID-19 при ПЦР анализе. Однако, организм человека является чрезвычайно сложной системой (Tamar, 1972; Новосельцев, 1979; McEwen, 2000; Cacioppo et al., 2007) с множеством обратных связей, определяющих иммунные и другие возможности организма бороться с любой инфекцией (изменением биологического равновесия) или патологией. Потому попытки диагностики и контроля заболевания по отдельно взятым точечным значениям материальных параметров уступают в информативности контролю поведенческих параметров, охватывающих взаимодействие всех физиологических систем и обменных процессов человека. Современные информационные технологии, заточенные на обработке больших данных, более подходят для диагностики сложных заболеваний, так как каждый человек является непосредственным носителем огромного количества информационных и энергетических связей и зависимостей. Количество физиологических и информационных процессов, протекающих в организме человека каждую секунду превышает мощности современных процессоров, и обработка точечной информации, которую могут дать биохимические и биофизические анализы, не может дать точную информацию о норме и патологии в случае сложных заболеваний. Именно этим и объясняется то, что спустя более года от начала пандемии все медицинское сообщество не может дать однозначного ответа на многие вопросы, связанные с COVID-19 (Weston&Frieman, 2020; Maggi et al., 2020). В настоящее время невозможно уверенно предсказать устойчивость конкретного человека к инфицированию COVID-19 (Verity et al., 2020), тяжести последствия заболевания для конкретного человека, определить средства реабилитации после заболевания COVID-19. Те статистические данные (Verity et al., 2020; Wu et al., 2020), которые получены по факторам риска тяжести заболевания COVID-19 (пол, вес, хронические заболевания), также не могут быть отнесены к биофизическим или биохимическим результатам анализов и это вряд ли случайное совпадение.

Прогресс современной науки и техники не случайно связан с обработкой и передачей больших массивов данных, но почему-то в сознании общества обработка больших массивов данных связана, прежде всего, с получением информации от множества людей или других информационных объектов. В то время как в каждом человеке постоянно происходит обработка и передача огромных массивов данных, и именно на этом принципе построена технология виброизображения, ежесекундно обрабатывающая более 30 Мб информации (а за 3 минуты измерения это 5,4 Gb информации) и преобразующая этот огромный поток данных в ограниченное количество (на данный момент 40) поведенческих параметров. Затем ИИ, заложенный в программу VibraHT, определяет 2481 значение коэффициентов значимости между 40 поведенческими параметрами и сравнивает их с шаблоном, определенным по базе данных конкретного заболевания. Причем 1–3 минуты измерения поведенческих параметров не является пределом для диагностики COVID-19 или другого заболевания. Диагностика заболевания может осуществляться в режиме реального времени, так как процесс сравнения поведенческих параметров с шаблоном заболевания осуществляется за доли секунды, а для бесконтактного измерения поведенческих параметров человека достаточно нескольких секунд (Минкин, 2020).

Такой подход позволяет измерять поведенческие параметры, неразрывно связанные с функционированием всех физиологических систем человека, а значит объективно характеризовать незначительные и значительные изменения, происходящие в организме человека. Именно поэтому, достигнутая по поведенческим параметрам, 99% точность разделения баз данных пациентов ковид и контрольной группы (Minkin et al., 2020) превышает точность диагностики с помощью биомедицинских методов ПЦР и антител IgM; IgG (Bastos et al., 2020), определяющих конкретные значения процентного содержания вируса и антител в организме человека. Поведенческие параметры представляют собой обобщение биофизических и биохимических материальных процессов, поведенческая информация кажется нематериальной, но в ее основе лежат именно материальные биологические, физические и химические процессы. Зигмунд Фрейд писал, что у человека не бывает случайных движений и оговорок (Freud, 1900). Иван Михайлович Сеченов говорил, что каждая мысль (которую он рассматривал как сугубо материальный процесс) имеет мускульное проявление (Сеченов, 1863). Чарльз Дарвин выделял информативность рефлексных движений при формировании эмоционального состояния человека (Darwin, 1872). К сожалению, системный подход и понимание значимости поведенческих параметров 19 века, сменился узко специализированными материальными подходами 21 века. Поэтому пока современное общество не пересмотрит явно дискриминационный подход к столь малому использованию поведенческих параметров в медицине и, прежде всего, для медицинской диагностики (Wynants, 2020; Arevalo-Rodriguez, 2020) сложно ожидать быстрых значительных успехов в борьбе с пандемией COVID-19 и другими сложными заболеваниями, в том числе новыми вирусными инфекциями. Например, на сотни материальных (биофизических и биохимических) методов диагностики COVID-19 пусть даже с использованием технологий ИНС и ИИ (Wynants, 2020; Hussain et al.,

2020) приходится только 2 метода диагностики по поведенческим параметрам (Laguarta et al., 2020; Minkin et al., 2020). На мой взгляд, такое неравенство определяется прежде всего существующим недоверием современного медицинского сообщества к информационным технологиям обработки больших данных, неочевидно связанных с материальными причинами заболеваний. Но неочевидная связь не означает ее отсутствие.

Данная статья написана спустя год после признания ВОЗ эпидемии COVID-19 пандемией (Tedros, 2020) и более года спустя расшифровки генома вируса COVID-19 (Chen et al., 2020). Приходится отметить, что расшифровка генома вируса COVID-19 на молекулярно-генетическом уровне не смогла остановить пандемию, которая развивается по своим естественным законом, смертность от заболевания остается примерно на том же уровне, что и в начале эпидемии (Woolf et al., 2021). Только меры, известные со средних веков, такие как жесткий карантин и дезинфекция, оказывают заметное влияние на распространение инфекции, при том, что идущая вакцинация пока не оказывает существенного влияния на распространение COVID-19, и многие специалисты выражают сомнение в ее эффективности (Kim et al., 2021). Медицине нужны современные методы борьбы с новыми инфекционными заболеваниями и только комплексный подход (профилактика, диагностика, лечение, вакцинация) может быть эффективным для борьбы с пандемией и при лечении сложных заболеваний (Ghebreyesus&Leyen, 2020).

Заключение

Возможно читатели обратят внимание на недостаточно полное раскрытие каждого конкретного случая диагностики заболевания, эффективности вакцинации или постковидной реабилитации приведенных в данной статье. Безусловно, каждый из приведенных случаев достоин более детального описания. Однако мы осознано смещаем акцент с каждого конкретного медицинского случая на общий подход к необходимости использования поведенческих параметров для медицинской диагностики. Конечно, предлагаемый подход не отменяет существующие материальные и традиционные биохимические и биофизические анализы, которые успешно решают множество проблем и помогают в диагностике большинства заболеваний. Более того, они абсолютно необходимы для начальной настройки и обучения ИНС и ИИ по исходным данным. Однако, если оценить затраты на проводимые материальные анализы, скорость получения результата, точность диагностики, экологичность производства препаратов, то выяснится, что медицинская диагностика по поведенческим параметрам существенно превосходит все известные биохимические и биофизические методы анализа. Ведь ни один из существующих методов биохимической или биофизической диагностики COVID-19 не может дать ответ на столь различные по сути вопросы ранней диагностики заболевания, контроля эффективности вакцинации и постковидной реабилитации. Определение столь разных патологий с помощью набора измеряемых поведенческих параметров не может быть случайным. Оно показывает высочайшую информативность поведенческих параметров для выявления любой патологии или любого заболевания, так как COVID-19 с точки зрения теории информации ничем не отличается от других заболеваний. Каждое заболевание несет свое изменение или имеет свой материальный (физический, химический, биологический) отпечаток, который отражается в своих симптомах, а значит и поведенческих параметрах. ИИ и ИНС находят этот неповторимый отпечаток простым перебором зависимостей между поведенческими параметрами почти так же интуитивно как собака чувствует специфический запах от больных COVID-19 (Jendrny et al., 2020).

Сложно представить сколько тратится сил, материальных ресурсов и исследований на подготовку ковидных паспортов и других средств контроля заболевания, которые актуальны только на момент выдачи. Никто не может на 100% гарантировать, что проверенный или вакцинированный человек не заразится в следующую минуту после получения паспорта здоровья. Вместо этого целесообразно проводить оперативный контроль (менее 1 минуты), например заболевания COVID-19, на границах, аэропортах, массовых мероприятиях с помощью обычных компьютеров или даже мобильных телефонов. Решение любой задачи в режиме реального времени всегда лучше, чем запаздывание с ответом на возникающий вызов.

Предлагаемый переход на измерение поведенческих параметров для медицинской диагностики любого заболевания потребует проведения огромного количества исследований для подтверждения декларируемых результатов, но в случае успеха человечество может получить в руки значительно более эффективный и малозатратный диагностический метод, не имеющий аналогов по широте применения. Возможность бесконтактной, быстрой и дешевой диагностики любых заболеваний заслуживает любых инвестиций. Возможно через 50 лет любой контактный биохимический анализ и диагностика типа забора крови или контакта с носоглоткой будет восприниматься примерно так, как сегодня мы воспринимаем лечение кровопусканием или ртутью (Янин, 2000), которые использовались официальной медициной с 16 до 20 века. Для этого необходимо пересмотреть существующие этические ограничения на передачу и обработку не персонализированной медицинской информации. Бурному развитию биометрических технологий способствовали открытые конкурсы по обработке стандартных баз биометрических данных (отпечатков пальцев, лиц), проводимые государственными и частными компаниями и позволяющие отобрать максимально эффективные алгоритмы идентификации (https://www.nist.gov/biometrics). Создание открытых баз данных поведенческих параметров, которое уже началось (Минкин, 2020), должно сопровождаться привязкой к таким же открытым базам данных традиционных медицинских анализов с подтверждённым диагнозом пациентов. Такой подход позволит распараллелить усилия разных коллективов и добиться решения многих задач в кратчайшие сроки и с прозрачно доказанной эффективностью.

Дополнительные материалы

Файлы расчета ИНС для выявления COVID-19 и диагностики постковидных симптомов приведены на ссылке https://psymaker.com/downloads/CovidANN.zip

Литература:

1. Акимов, В. А., Минкин, В. А. (2021) Определение значимых поведенческих параметров при диагностике COVID-19 с помощью настройки искусственных нейронных сетей, Труды 4-й международной научно-технической конференции: Современная психофизиология. Технология виброизображения. 25–26 июня 2021 г., Санкт-Петербург, Россия, С. 76–87. https://doi.org/10.25696/ELSYS.VC4.RU.06
2. Бланк, М. А. и др. (2012) Способ скрининг диагностики рака простаты. Пат. RU2515149, МПК A61B 5/11, ООО «МП «Элсис». Заявл. 06.02.2012; Опубл. 10.05.2014, Бюл. № 13.
3. Бобров, А. Ф. и др. (2020) Современные методы медицинской психофизиологии: технология виброизображения и искусственные нейронные сети, Труды 3-й международной научно-технической конференции: Современная психофизиология. Технология виброизображения. 25–26 июня 2020 г., Санкт-Петербург, Россия, С. 30–39. https://doi.org/10.25696/ELSYS.04.VC3.RU
4. ГОСТ ISO/IEC 2382-37-2016 (2016) Информационные технологии. Словарь. Часть 37. Биометрия. М.: Стандартинформ.
5. Минкин, В. А. (2007) Виброизображение. СПб.: Реноме. 108 с. https://doi.org/10.25696/ELSYS.B.RU.VI.2007
6. Минкин, В. А. (2019) О точности технологии виброизображения, Труды 2-й международной научно-технической конференции: Современная психофизиология. Технология виброизображения. 25–26 июня 2019 г., Санкт-Петербург, Россия, С. 167–179. https://doi.org/10.25696/ELSYS.VC2.RU.21
7. Минкин, В. А., Бланк, М. А. (2019) Психофизиологическое формирование периода мозговой активности, Труды 2-й международной научно-технической конференции: Современная психофизиология. Технология виброизображения. 25–26 июня 2019 г., Санкт-Петербург, Россия, С. 9–16. https://doi.org/10.25696/ELSYS.VC2.RU.19
8. Минкин, В. А. (2020) Виброизображение, кибернетика и эмоции. СПб.: Реноме. 164 с. https://doi.org/ 10.25696/ELSYS.B.RU.VCE.2020
9. Минкин, В. А., Бобров, А. Ф. (2020) Диагностика здоровья по оценке десинхронизации сигналов физиологических систем. Первые результаты практического применения программы HealthTest, Труды 3-й международной научно-технической конференции: Современная психофизиология. Технология виброизображения. 25–26 июня 2020 г., Санкт-Петербург, Россия, С. 121–130. https://doi.org/10.25696/ELSYS.14.VC3.RU
10. Минкин, В. А., Бланк, М. А. (2021) Психофизиология и гомеокинез. Синхронизация предъявления стимулов к хронобиологическим процессам, Труды 4-й международной научно-технической конференции: Современная психофизиология. Технология виброизображения. 24–25 июня 2021 г., Санкт-Петербург, Россия, С. 62–75. https://doi.org/10.25696/ELSYS.VC4.RU.05
11. Новосельцев, В. Н. (1978) Теория управления и биосистемы. М.: Наука.
12. Сеченов, И. М. (1863) Избранные произведения. Т. 1. Физиология и Психология, АН СССР, 1952.
13. Черниговский, В. Н. (1985) Интероцепция. Л.: Наука.
14. Янин, Е. П. (2000) О токсичности и лечебных свойствах ртути (краткий исторический экскурс). Эколого-геохимические проблемы ртути. М.: ИМГРЭ, с. 161–179.
15. Alber, M. et al. (2019) Integrating Machine Learning and Multiscale Modeling — Perspectives, Challenges, and Opportunities in the Biological, Biomedical, and Behavioral Sciences. Npj, Digital Medicine 2:115; https://doi.org/10.1038/s41746-019-0193-y
16. Arevalo-Rodriguez, I. et al. (2020) False-Negative Results of Initial RT-PCR Assays for COVID-19: A systematic review. PLoS ONE 15(12): e0242958. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242958
17. Barker-Davies, R. M. et al. (2020) The Stanford Hall Consensus Statement for postCOVID-19 Rehabilitation, Br J Sports Med 2020; 54: pp. 949–959. https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102596

18. Bastos, M. L. et al. (2020) Diagnostic Accuracy of Serological Tests for COVID-19: Systematic. Review and Meta-Analysis. BMJ, 370, m2516. https://doi.org/10.1136/bmj.m2516
19. Cacioppo, G. T. et al. (2007) Handbook of Psychophysiology, Cambridge University Press.
20. Cannon, W. B. (1932) The Wisdom of the Body. New York: W. W. Norton.
21. Chan, J. F. et al. (2020) Improved Molecular Diagnosis of COVID-19 by the Novel, Highly Sensitive and Specific COVID-19-RdRp/Hel Real-Time Reverse Transcription-PCR Assay Validated In Vitro and with Clinical Specimens, Journal of Clinical Microbiology, May 2020, Vol. 58, Issue 5, e00310-20.
22. Darwin, C. (1872) The Expression of the Emotions in Man and Animals. John Murray, London.
23. Erdem, E., Aydın, T. (2020) COVID-19 Detection in Chest X-ray Images Using Deep Learning, Research Square. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-65954/v1
24. Freud, S. (1900) The Interpretation of Dreams, Science Odyssey: People and Discoveries. PBS, 1998.
25. Ghebreyesus, T. A., von der Leyen, U. (2020) A Global Pandemic Requires a World Effort to End It — None of Us Will Be Safe until Everyone Is Safe https://www.who.int/news-room/commentaries/detail/a-global-pandemic-requiresa-world-effort-to-end-it-none-of-us-will-be-safe-until-everyone-is-safe
26. Halberg, F. (1969) Chronobiology, Annual Review of Physiology, Vol. 31, pp. 675–726 (Volume publication date March 1969), https://doi.org/10.1146/annurev.ph.31.030169.003331
27. Hussain, A. A. et al. (2020) AI Techniques for COVID-19, IEEE Access. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3007939
27. Jendrny, P. et al. (2020) Scent Dog Identification of Samples from COVID-19 Patients: A Pilot Study, BMC Infectious Diseases, 20, Article No. 536. https://doi.org/10.1186/s12879-020-05281-3
28. Jimenez-Solem, E. et al. (2021) Developing and Validating COVID-19 Adverse Outcome Risk Prediction Models from a Bi-national European Cohort of 5594 patients, Scientific Reports, (2021) 11:3246. https://doi.org/10.1038/s41598-021-81844-x
29. Jin, C. et al. (2020) Development and Evaluation of an Artificial Intelligence System for COVID-19 Diagnosis, Nature Communication, (2020)11:5088. https://doi.org/10.1038/s41467-020-18685-1
30. Kabi, A. et al. (2020) Post COVID-19 Syndrome: A Literature Review, Journal of Advances in Medicine and Medical Research. 32(24): 289–295, 2020; Article no.JAMMR.64985
31. Kim, J. H. et al. (2021) Looking Beyond COVID-19 Vaccine Phase 3 Trials, Nature Medicine, Vol. 27, February 2021, pp. 205–211. www.nature.com/naturemedicine
32. Laguarta, J. et al. (2020) COVID-19 Artificial Intelligence Diagnosis Using only Cough Recordings, IEEE Open Journal of Engineering in Medicine and Biology, September. https://doi.org/10.1109/OJEMB.2020.3026928
33. Liu, R. et al. (2020) The Comparative Superiority of IgM-IgG Antibody Test to Real-Time Reverse Transcriptase PCR Detection for SARS-CoV-2 Infection Diagnosis, MedRxiv preprint https://doi.org/10.1101/2020.03.28.20045765
34. Lorenz, K. (1963) Das Sogenannte Böse zur Naturgeschichte der Aggression, Original edition: Verlag Dr. G Borotha-Schoeler.
35. Maggi, E. et al. (2020) COVID-19: Unanswered Questions on Immuneresponse and Pathogenesis, Rostra, Journal of Allergy and Clinical Immunology, Vol. 146, Issue 1, July 2020, pp. 18–22. https://doi.org/10.1016/j.jaci.2020.05.001
36. McEwen, B. S. (2000) Allostasis and Allostatic Load: Implicationsfor Neuropsychopharmacology, Neuropsychopharmacology, Vol. 22, No. 2.
37. Minkin, V. A., Nikolaenko, N. N. (2008) Application of Vibraimage Technology and System or Analysis of Motor Activity and Study of Functional State of the Human Body, Biomedical Engineering, Vol. 42, No. 4, pp. 196–200. https://doi.org/10.1007/s10527-008-9045-9
38. Minkin, V. A. et al. (2020) COVID-19 Diagnosis by Artificial Intelligence Based on Vibraimage Measurement of Behavioral Parameters, Journal of Behavioral and Brain Science, 2020, Vol. 10, pp. 590–603. https://doi.org/10.4236/jbbs.2020.1012037

39. Petzschner, F. H. et al. (2021) Computational Models of Interoception and Body Regulation, Trends in Neurosciences, January 2021, Vol. 44, No. 1 https://doi.org/10.1016/j.tins.2020.09.012
40. Prakash, M. K. (2020) Quantitative COVID-19 Infectiousness Estimate Correlating with Viral Shedding and Culturability Suggests 68% Pre-Symptomatic Transmissions, MedRxiv preprint. https://doi.org/10.1101/2020.05.07.20094789
41. Selye, H. (2013) Stress in Health and Disease, Butterworth-Heinemann.
42. Sheikhzadeh, E. et al. (2020) Diagnostic Techniques for COVID-19 and New Developments. Talanta. https://doi.org/10.1016/j.talanta.2020.121392
43. Soares, F. et al. (2020) A Novel High Specificity COVID-19 Screening Method Based on Simple Blood Exams and Artificial Intelligence. https://doi.org/10.1101/2020.04.10.20061036
44. Struyf, T. et al. (2020) Signs and Symptoms to Determine if a Patient Presenting in Primary Care or Hospital Outpatient Settings has COVID-19 Disease, Cochrane Database of Systematic Reviews 2020, Issue 7, Art. No. CD013665. https://doi.org/10.1002/14651858.CD013665.21
45. Tamar, H. (1972) Principles of Sensory Physiology. Charles&Thomas Publishers Springfield Illinois USA.
46. Verity, R. et al. (2020) Estimates of the Severity of COVID-19 Disease, MedRxiv preprint. https://doi.org/10.1101/2020.03.09.20033357
47. Wynants, L. et al. (2020) Prediction Models for Diagnosis and Prognosis of COVID-19: Systematic Review and Critical Appraisal, BMJ 2020;369:m1328. http://dx.doi.org/10.1136/bmj.m1328
48. Tao, J., Tan, T. ed. (2009) Affective Information Processing. Springer-Verlag London Limited. https://doi.org/10.1007/978-1-80800-306-4
49. Tedros, A. (2020) WHO Director-General’s Opening Remarks at the Media Briefing on COVID-19, 11 March 2020. https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020
50. Weston, S., Frieman, M. B. (2020) COVID-19: Knowns, Unknowns, and Questions. mSphere 5:e00203-20. https://doi.org/10.1128/mSphere.00203-20
51. Wiener, N. (1948) Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine. Paris, 1948, (Hermann & Cie) & Camb. Mass. (MIT Press); 2nd revised ed. 1961.
52. Woolf, S. H. et al. (2021) COVID-19 as the Leading Cause of Death in the United States, JAMA, January 12, 2021 Vol. 325, No. 2. https://jamanetwork.com
53. Wu, et al. (2020) Estimating Clinical Severity of COVID-19 from the Transmission Dynamics in Wuhan, China, Nature Medicine, Vol. 26, April 2020, pp. 506–510. www.nature.com/naturemedicine
54. Zhang, W. et al. (2020) Mental Health and Psychosocial Problems of Medical Health Workers during the COVID-19 Epidemic in China, Psychother Psychosom, 2020; 89: pp. 242–250. https://doi.org/10.1159/000507639