

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD71630>

Проблема утомления в лучевой диагностике: многообещающая область для научных исследований

S. Taylor-Phillips, C. Stinton

Warwick Medical School, The University of Warwick, Ковентри, Великобритания

АННОТАЦИЯ

Утомление врачей-рентгенологов может быть причиной большого количества врачебных ошибок. В данном обзоре описываются последние исследования, посвящённые изучению проблемы утомления в области лучевой диагностики. Мы приводим данные о методах измерений и влиянии утомления на точность результатов, получаемых в ходе лабораторных исследований и в условиях клинической практики. В статье раскрываются широкие возможности для будущих исследований в этой области, включая дополнительные меры, способствующие уменьшению количества ошибок, связанных с утомлением, и дальнейшее понимание того, каким образом показатели утомления соотносятся с возможными врачебными ошибками. Изучается возможность ответа на эти вопросы с помощью крупных популяционных наблюдательных исследований и комплексных рандомизированных контролируемых испытаний, проводимых в условиях реальной клинической практики.

Данная публикация является перепечатанной версией статьи [Taylor-Phillips S, Stinton C. Fatigue in radiology: a fertile area for future research. *Br J Radiol.* 2019;92:20190043. doi: 10.1259/bjr.20190043] с переводом оригинала на русский язык.

Ключевые слова: утомление; врачебные ошибки; лучевая диагностика; врачи-рентгенологи.

Как цитировать

Taylor-Phillips S., Stinton C. Проблема утомления в радиологии: многообещающая область для научных исследований // *Digital Diagnostics.* 2021. Т. 2, № 2. С. 211–222. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD71630>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD71630>

Fatigue in radiology: a fertile area for future research

Sian Taylor-Phillips, Chris Stinton

Warwick Medical School, The University of Warwick, Coventry, UK

ABSTRACT

Fatigue in radiologists may be responsible for a large number of medical errors. This review describes the latest research on fatigue in radiology. This includes measurement methods, and recent evidence on how fatigue affects accuracy in laboratory test conditions and in clinical practice. The extensive opportunities for future research in the area are explored, including testing interventions to reduce fatigue-related error, and further understanding of which fatigue measures correlate with errors. Finally we explore the possibility of answering these questions using large population-based observational studies and pragmatic integrated randomised controlled trials.

This publication is the reprint with Russian translation from original: Taylor-Phillips S, Stinton C. Fatigue in radiology: a fertile area for future research. *Br J Radiol.* 2019;92:20190043. doi: 10.1259/bjr.20190043.

Keywords: fatigue; medical errors; radiology; radiologists.

To cite this article

Taylor-Phillips S, Stinton C. Fatigue in radiology: a fertile area for future research. *Digital Diagnostics.* 2021;2(2):211–222.

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD71630>

Received: 17.06.2021

Accepted: 17.06.2021

Published: 07.07.2021

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD71630>

辐射诊断中的疲劳问题：一个很有前途的研究领域

Sian Taylor-Phillips, Chris Stinton

Warwick Medical School, The University of Warwick, Coventry, UK

简评

放射科医生的疲劳会导致大量的医疗错误。本文综述了辐射诊断领域中疲劳的最新研究进展。我们提供有关测量方法的数据以及疲劳对实验室和临床结果准确性的影响。文章揭示了该领域未来研究的广阔空间，包括有助于减少疲劳误差的附加措施，并进一步了解疲劳指标与可能出现的医疗失误的关系。研究了通过大型种群观察研究和综合随机对照试验回答这些问题的可行性，在真正的临床实践中进行。

本出版物是该文章的重印版本[Taylor-Phillips S, Stinton C. Fatigue in radiology: a fertile area for future research. *Br J Radiol* 2019;92:20190043. doi: 10.1259/bjr.20190043] 翻译成俄语。

关键词： 疲劳； 医疗差错； 放射诊断； 放射科医生。

引用本文：

Taylor-Phillips S, Stinton C. Fatigue in radiology: a fertile area for future research. *Digital Diagnostics*. 2021;2(2):211-222.

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD71630>

收到: 17.06.2021

接受: 17.06.2021

发布日期: 07.07.2021

ВВЕДЕНИЕ

Утомление медицинских работников отрицательно сказывается на их самочувствии и моральном состоянии и может приводить к врачебным ошибкам. Данный обзор посвящён изучению проблемы утомления, которое может стать причиной врачебных ошибок в области лучевой диагностики. Ежегодно в больницах скорой медицинской помощи Национальной службы здравоохранения Великобритании (National Health Service, NHS) может происходить более 11 000 предотвратимых смертей, из которых на диагностические ошибки приходится более 8000 [1]. Эти приблизительные данные основаны на предыдущих оценках, согласно которым тяжёлая форма инвалидности или смерть в результате медицинских вмешательств наступает у 60 000–255 000 пациентов, находящихся в лечебных учреждениях NHS [2]. Какова доля случаев, которые могут быть связаны с утомлением, доподлинно неизвестно. Тем не менее мы точно знаем, что в конце рабочей смены врач-рентгенолог может допускать большее количество ошибок, чем в начале дня, и что более длительные смены в медицине связаны с более высокими показателями врачебных ошибок и травм [3–5]. Проблема усугубляется тем, что загруженность служб лучевой диагностики в последнее время резко возросла (по оценкам, до 10–12% в год) без соответствующего при этом увеличения численности персонала [6].

Несмотря на то, что утомление в лучевой диагностике может иметь крайне негативное значение, исследований в этой области крайне мало. В данной статье мы рассмотрим различные типы и классификации утомления, приведём текущую доказательную базу с использованием данных лабораторных тестов, наблюдательных исследований и испытаний, выполненных в условиях реальной клинической практики, а также обсудим направления будущих исследований.

ИЗМЕРЕНИЕ УТОМЛЕНИЯ

Утомление обычно описывается как чувство «слабости, вялости и желания отдохнуть», сопровождаемых пониженной работоспособностью [7, 8], и подразделяется, как правило, на два связанных между собой подтипа — физическое и умственное. Физическое утомление — это ухудшение способности мышц поддерживать мышечное сокращение, что приводит к трудностям с мышечной координацией и управлением двигательным аппаратом. Умственное утомление — это снижение способности выполнять умственные задачи [9]. Применительно к лучевой диагностике существует ещё один подтип — утомление глаз, связанное со снижением остроты зрения. Измерение утомления может быть объективным или субъективным, и каждый метод измерения может охватывать одну или несколько из этих категорий.

Для измерения утомления разработан ряд инструментов. Следует отметить, что некоторые показатели, используемые для оценки степени утомления, были разработаны для измерения усталости. «Утомление» и «усталость» (или сонливость) в литературе часто употребляются как взаимозаменяемые понятия [8, 10, 11]. В основе большинства оценочных инструментов лежит субъективная оценка, полученная с помощью шкал или контрольных перечней, составленных со слов пациентов. Так, А. Shahid и соавт. [8] описали краткосрочные (например, Каролинская и Стэнфордская шкалы сонливости [12, 13]) и общие (например, Эпвортская шкала сонливости [14], Опросник о качестве сна и пробуждения [15]) показатели сонливости. Е. Krupinski и B.I. Reiner [10] сообщили о некоторых дополнительных способах оценки сонливости, включая Питтсбургский опросник для определения индекса качества сна [16] и Шведский опросник для определения профессиональной утомляемости (Swedish Occupational Fatigue Inventory, SOFI) [17].

Помимо субъективных, также были описаны объективные методы измерения утомления, например тест на поддержание бодрствования (оценка концентрации внимания в течение дня, в ходе которой участникам предлагают поддерживать бодрствование в затемнённом помещении), тест на определение психомоторной бдительности (оценка способности длительно удерживать произвольное внимание, где участникам предлагают реагировать на стимулы нажатием кнопки, после чего оценивается наличие/отсутствие реакции), а также тест на устойчивость внимания (ещё один метод измерения внимательности, когда участники выполняют нестимулирующие задачи, при этом реагируя на одни стимулы и игнорируя другие). В других работах описаны альтернативные подходы к измерению утомления, такие как мониторинг кровяного давления, кожно-гальванические реакции и частота сердечных сокращений [10, 11], и подчеркнута важность зрительного утомления при диагностической визуализации.

Интерпретация медицинских снимков является сложной и повторяющейся задачей визуального поиска, и ошибки (ложноотрицательные результаты) здесь встречаются относительно часто [18]. Помимо признаков, о которых сообщают сами участники, изучению зрительного утомления поможет оценка аккомодации (изменение кривизны хрусталика глаза для регулировки фокуса между объектами вдали и вблизи) и конвергенции (формирование/поддержание бинокулярного зрения путём движения глаз в противоположных направлениях). Способность к аккомодации и конвергенции снижается при утомлении [10, 11]. Другие исследователи предлагают оценивать в качестве объективных показателей зрительного утомления критическую частоту слияния (частота, при которой мерцающий свет воспринимается как стабильный) и частоту мигательных движений [19, 20]. Из всех этих показателей лишь немногие

учитывались при изучении утомления в области диагностической визуализации.

Многие исследователи пришли к разумному консенсусу относительно ряда объективных и субъективных инструментов, которые подходят для измерения утомления, тем не менее в одиночных работах прослеживаются попытки соотнести баллы, полученные по этим показателям, с клинически значимыми результатами в лучевой диагностике, такими как частота выявления патологии или частота возникновения ошибок. Не владея данными о взаимосвязи этих показателей с клиническими исходами, авторы исследований с меньшей вероятностью смогут добиться результатов, которые будут эффективными в клинической практике.

Хотя для улучшения общего состояния рентгенологов важно минимизировать утомление, понимание того, каким образом это состояние может привести к пропуску клинически значимых отклонений, может иметь гораздо большее значение. Именно поэтому в качестве альтернативного и объективного метода измерения утомления часто выступает оценка показателей точности тестов, измеряемых непрерывно во время сеанса чтения рентгенограмм или в течение всего рабочего дня врача-рентгенолога. Так, во многих исследованиях по психологии, где изучается способность молодых специалистов к устойчивому вниманию при визуальном поиске и выполнении задач на проверку бдительности, такие тесты длятся около часа [21]. Актуальность данная область исследований приобрела в связи с выявлением фактов снижения чувствительности у операторов радиолокационных станций к обнаружению вражеских самолётов или кораблей на экранах радаров в процессе выполнения задачи (декремент бдительности) [22]. Чтение рентгенологических данных считается аналогичной задачей с высокой интенсивностью, низким уровнем сигнала и схожими закономерностями [23], хотя различия в опыте и знаниях, самой задаче и её важности могут ограничивать обобщаемость полученных результатов.

В психологии также хорошо известен эффект распространённости, когда чувствительность рентгенологов к выявлению отклонений снижается при изучении серии снимков с меньшей распространённостью таких отклонений [24], что может быть обусловлено ожиданиями лучевых диагностов относительно возможной вероятности аномальности случая, до того как он будет рассмотрен. Это в свою очередь приводит к снижению чувствительности в процессе выполнения задачи при интерпретации рентгенологических данных с низкой распространённостью [25]. В работе E. Kompaniez-Dunigan и соавт. [26] по изучению зрительной адаптации при описании рентгеновских снимков говорится о необходимости дальнейшего изучения вопроса о её влиянии на точность интерпретируемых результатов в процессе выполнения задачи.

Имеются также результаты ряда исследований о циркадных ритмах (биологические процессы, которые ритмично изменяются на протяжении примерно 24 ч). Кроме того, в лабораторных условиях наблюдались связанные со временем изменения в работоспособности при выполнении ряда задач на проверку двигательных и зрительных навыков, чувствительности, вербальных задач и задач на запоминание [27].

В целом работоспособность при выполнении задач улучшается в течение дня и снижается ночью, хотя и с некоторыми вариациями [27]. Приведены также некоторые свидетельства снижения работоспособности после обеденного приёма пищи [28]. Помимо этого, выдвинута гипотеза, что циркадные ритмы влияют на точность рентгенологических исследований: некоторые авторы сообщали, что точность диагностики снижается при интерпретации снимков в конце рабочего дня, чего не наблюдается в начале рабочей смены [29, 30]. Другие исследования этого не подтверждают [31, 32].

ИССЛЕДОВАНИЯ, ПРОВЕДЁННЫЕ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Исследования по изучению влияния утомления на точность диагностической визуализации проводятся редко. N. Stec и соавт. [33] представили систематический обзор научных работ по данной теме, опубликованных до января 2017 г., выявив 27 соответствующих исследований, из которых менее половины были первичными ($n=10$) или «другими» типами.

E. Krupinski и соавт. провели серию экспериментальных исследований [29, 30, 34]. В первом исследовании оценивали точность выявления переломов костей в работе 40 интерпретаторов (20 врачей-рентгенологов и 20 ординаторов), которые изучали серию из 60 случаев по 2–4 снимка в каждом в начале обычного дня клинической практики (раннее состояние) и после его завершения (позднее состояние) [29]. Общее утомление оценивали с помощью опросника SOFI, а зрительное утомление (напряжение глаз) — с помощью автоматического рефрактометра WAM-5500 (Grand Seiko, Хиросима, Япония), который собирает данные о диаметре зрачка и показателях преломления. Авторы обнаружили, что субъективных сообщений об утомлении и напряжении глаз было значительно больше в «поздней» временной точке по сравнению с «ранней», и что диагностическая точность была значительно более низкой после завершения дня клинической практики, чем до его начала (площадь под кривой в «ранней» точке составляла 0,885, в «поздней» — 0,852). Однако непосредственную оценку связи между показателями утомления и выполнением задач не проводили.

Во втором исследовании 44 интерпретатора (22 практикующих врача-рентгенолога и 22 ординатора-рентгенолога) выявляли лёгочные узлы при компьютерной

томографии (КТ) грудной клетки [30]. Как и в предыдущем исследовании, работоспособность врачей проверяли до и после одного дня клинической практики. Общее утомление оценивали с помощью опросника SOFI, а зрительное — методом темновой конвергенции (конвергенция глаз в отсутствие стимулов). Полученные результаты были аналогичны результатам предыдущего исследования [29], т.е. диагностическая точность у ординаторов была значительно более низкой в конце дня по сравнению с его началом (79% против 75%). У практикующих рентгенологов такой разницы не наблюдалось. Общее и зрительное утомление не всегда было выше в группе «позднего времени». Степень утомления (т.е. баллы, согласно опроснику на определение утомления или степень зрительного напряжения) и выполнение задач напрямую не оценивались.

В третьем исследовании 20 рентгенологов изучали результаты КТ у пациентов со множественными травмами после 8-часового рабочего дня (так называемая группа с утомлением). Утомление измеряли в соответствии с исследованием [29]. Данные участников в состоянии утомления сопоставляли с данными 20 лиц без утомления, принимавших участие в предыдущих исследованиях той же исследовательской группы [29, 30]. При выявлении крупных переломов не было выявлено разницы между группой с утомлением и группой без утомления (площадь под ROC-кривой составляла 0,945 против 0,944 соответственно). Опять же, непосредственная оценка связи между уровнем утомления и выполнением задач не проводилась. Эти исследования дают некоторое представление о том, что квалификация и опыт рентгенолога могут влиять на степень испытываемого утомления и/или умеренно влиять на связь между утомлением и точностью визуализации, что заслуживает дальнейшего изучения.

T.N. Hanna и соавт. [35] изучали влияние ночных смен на диагностическую точность и степень утомления на основе данных 12 рентгенологов (5 преподавателей и 7 ординаторов). Участники анализировали рентгенограммы костей в двух состояниях — один раз днём (состояние без утомления) и один раз утром после ночной смены (состояние с утомлением) — и заполняли опросник SOFI. Между этими двумя состояниями обнаружены существенные различия: более высокие показатели утомления по данным каждого из разделов опросника и более низкая диагностическая точность (0,806 против 0,926) после ночной смены.

Результаты всей серии экспериментальных исследований подтверждены выводом в обзоре N. Stec и соавт. [33], что зрительное утомление встречается у рентгенологов относительно часто (примерно 35% участников сообщали о напряжении глаз), и что зрительное и физическое утомление связаны с более низкой диагностической точностью (согласно оценке работоспособности на протяжении длительного периода времени).

ИССЛЕДОВАНИЯ, ПРОВЕДЁННЫЕ В УСЛОВИЯХ РЕАЛЬНОЙ КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ

Хотя большинство данных о влиянии утомления на работоспособность при диагностической визуализации получено из экспериментальных исследований, выполнено также небольшое количество клинических испытаний, что особенно ценно для понимания важности утомления в «реальных условиях», поскольку предыдущие данные свидетельствуют о различиях между работоспособностью при выполнении экспериментальных задач и работоспособностью, наблюдаемой при визуализации в клинической практике [36, 37].

Ruutiainen и соавт. сравнили различия между предварительной и окончательной интерпретацией 8062 медицинских снимков, выполненной 10 ординаторами-рентгенологами, которые работали на протяжении долгого времени (более 10 ч подряд). Авторы обнаружили, что частота серьёзных несоответствий (которые потенциально могли повлиять на пациентов) была значительно более высокой в отчётах за последние 2 ч рабочей смены по сравнению с более ранним временем (2% по сравнению с 1%).

T.N. Hanna и соавт. [5] выполнили ретроспективный анализ влияния продолжительности смены, графика работы (обычные дни, праздники, выходные, сверхурочные, резервное время работы) и рабочей нагрузки на точность интерпретации в большой выборке рентгенологических исследований ($n=2\ 922\ 377$), охватывающей широкий спектр медицинских специальностей. Исследователи обнаружили, что продолжительные смены и большие объёмы работы (что приводит к утомлению) стали причиной значительного числа серьёзных различий в интерпретации снимков. Кроме того, бóльшая их часть приходилась именно на вторую половину рабочего дня.

Насколько нам известно, единственное из проведённых проспективных исследований по изучению степени утомления при диагностической визуализации — это масштабное рандомизированное контролируемое исследование CO-OPS (Changing case Order to Optimise patterns of performance in Screening), в которое были включены данные более миллиона женщин [38]. S. Taylor-Phillips и соавт. [38] изучили влияние снижения бдительности на работоспособность интерпретаторов, работающих в парах (рентгенологов, опытных рентгенологов и врачей-маммологов), которые исследовали маммограммы женщин в рамках Программы скрининга рака молочной железы (Великобритания) [38, 39]. Интерпретаторы последовательно оценивали в парах серии снимков, каждая из которых включала примерно по 35 маммограмм. Участников исследования разделили на 2 группы: в первой специалисты-аналитики в парах оценивали серии снимков в одинаковом порядке (контрольная группа),

во второй — один из пары интерпретаторов оценивал снимки в прямой последовательности, второй — в обратной (интервенционная группа). При снижении бдительности частота выявления рака уменьшалась бы со временем при выполнении задачи в контрольной группе (к концу анализа оба интерпретатора были бы в состоянии низкой бдительности), но не в интервенционной группе (интерпретаторы были бы в состоянии низкой бдительности на разных этапах исследования снимков). Тем не менее не наблюдалось никакой разницы в показателях выявления рака между двумя группами (ОР 1,01; 95% ДИ 0,97–1,06), что указывает на отсутствие снижения бдительности. Интересно, что количество повторных вызовов пациентов со временем уменьшалось, что фактически говорит об увеличении работоспособности специалиста-аналитика со временем выполнения задачи, с точки зрения положительной прогностической ценности.

C. Stinton и соавт. [39] в дальнейшем проанализировали ряд данных, использованных в рамках исследования CO-OPS. Авторы изучили показатели повторных вызовов и выявления рака интерпретаторами в течение дня, при этом данные были разделены на три равных промежутка времени, исходя из продолжительности изучения маммограмм: 9:00–16:59, 17:00–23:59 и 1:00–8:59. В течение дня наблюдались различия как в показателях повторных вызовов, так и в показателях выявления рака, при этом многоуровневая логистическая регрессия показала, что вероятность повторного вызова у женщин, чьи маммограммы были интерпретированы в период с 17:00 до 23:59, была в 1,07 раза выше (95% ДИ 1,03–1,11), чем у женщин, чьи маммограммы исследовали в течение других периодов времени ($p < 0,001$). Значимой связи между временным периодом и частотой выявления рака выявлено не было. Такая тенденция наблюдалась при анализе данных с учётом всех задействованных интерпретаторов и без учёта тех специалистов-аналитиков, которые не работали в вечернее время.

ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ БУДУЩИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Существуют убедительные доказательства того, что утомление — это серьёзная проблема, которая влияет на количество врачебных ошибок в медицине в целом, и лучевая диагностика не является исключением. Требуются дальнейшие исследования, чтобы понять, с помощью каких мер можно снизить утомляемость рентгенологов и, в свою очередь, уменьшить количество последующих врачебных ошибок. Кроме того, существует множество субъективных и объективных показателей утомления, но для того, чтобы определить, какие из них связаны с врачебными ошибками, вызываемыми утомлением, необходимы опять же соответствующие исследования. Эти данные могут быть использованы

для выбора метода измерения утомления, что позволит выявлять состояние утомления, в результате которого допускаются врачебные ошибки в режиме реального времени. В других областях лучевой диагностики используемые технологические достижения, связанные с искусственным интеллектом, также могут влиять на некоторые элементы выполняемых рентгенологами задач, включая и те, которые приводят к утомлению. Следовательно, эти связи также требуют дальнейшего изучения. Наконец, появление «больших данных» даёт возможность ответить на поставленные вопросы в крупномасштабных наблюдательных и комплексных исследованиях в условиях реальной клинической практики с помощью методов, которые ранее не были широко доступны.

Исследований, изучающих эффективность мер по снижению утомления и ошибок, связанных с этим состоянием, в лучевой диагностике немного. В числе самых крупных из проведённых исследований следует отметить рандомизированное контролируемое исследование по изменению порядка изучения данных при скрининге рака молочной железы, подробно описанное выше [38]. Данное исследование показало, что используемые методы снижения утомляемости не были эффективными. Эффективность других потенциальных мер, предпринимаемых во время одного сеанса чтения, таких как планирование перерывов, прерывания, кофеин, дизайн рабочего места и окружающее освещение, ещё предстоит тщательно проверить в реальных условиях. При этом исследование степени утомления к концу длительной рабочей смены будет более предпочтительным, поскольку к этому времени его показатели будут значительно превышать те, которые наблюдаются на протяжении единичного сеанса чтения рентгенологических данных. Предпринимаемые меры в этом контексте могут быть более организационными: например, составление графика выполнения задач в течение смены таким образом, чтобы критически важные задачи выполнялись ближе к её началу; изменение продолжительности смены, времени начала и конца смены или численности персонала. Все подобные вмешательства должны быть направлены на то, чтобы помочь рентгенологам справиться с утомлением, а не на применение административного подхода, выполняемого в директивном порядке, поэтому дизайн исследований должен быть прагматичным и включать адаптацию к местным условиям.

Мы не знаем, какие показатели утомления связаны с увеличением числа врачебных ошибок. Требуются масштабные исследования с одновременным применением нескольких простых методов измерения утомления у одних и тех же рентгенологов, в одно и то же время и соотношением их с реальной частотой возникновения ошибок. Эти данные позволят определить, какие показатели могут служить косвенными признаками состояния утомления, приводящего к врачебным ошибкам. Затем эти же показатели можно будет использовать в качестве

косвенных результатов в научных исследованиях и полезных механизмов обратной связи в клинической практике.

Появление искусственного интеллекта, исследующего рентгеновские снимки, не является чем-то новым: это, скорее, автоматизированное обнаружение данных, которое применялось в течение многих лет с переменным успехом. Новым здесь является то, что разработки в области хранения данных, определения взаимосвязей и применения искусственного интеллекта привели к появлению нового поколения автоматизированных инструментов чтения изображений. Точность этих инструментов не является предметом данного обзора, но точность как таковая, по-видимому, зависит от доступа к большому количеству изображений с известной достоверностью данных, которые становятся всё более доступными. Важное значение приобретает понимание того, каким образом эти разработки связаны с понятием утомления в лучевой диагностике. Исследования утомления показали, что при некоторых обстоятельствах специфичность и положительная прогностическая значимость улучшаются в ходе сеанса чтения [40], что позволяет объяснить действие механизма, с помощью которого чтение серии снимков улучшает специфичность [41]. Таким образом, с учётом исследований человеческого фактора и утомления можно предположить, что если искусственный интеллект будет использоваться для отсеивания очевидных случаев без какой-либо патологии, то число сложных случаев, интерпретируемых рентгенологами, возрастёт, что может повысить утомляемость, но в то же время увеличит уровень распространённости и, следовательно, чувствительности [23, 24]. Если искусственный интеллект использовать для обнаружения подозрительных участков на рентгеновских снимках, сеанс чтения может прерываться ложноположительными подсказками, что негативно скажется на специфичности, как было в случае с автоматизированным обнаружением данных при скрининге молочной железы [42, 43].

Проблема измерения утомления у врачей-рентгенологов — это проблема статистической мощности, общей для исследователей, измеряющих все элементы точности и работоспособности специалистов этой области. Мы хотели бы знать, какое оборудование, рабочие места, часы работы, условия и тесты позволяют рентгенологам быть максимально точными. Мы хотели бы, чтобы результаты наших исследований были клинически значимыми, например измерение числа клинически значимых пропущенных случаев/отклонений от нормы. Однако для этого потребуется выполнение либо серии тестов с нереальным количеством и типами отклонений, либо проведение очень крупных исследований. Похоже, что будущее именно за крупными исследованиями, поскольку достоверно известно, что состояние врачей-рентгенологов, интерпретирующих расширенный набор

данных, не поддаётся обобщению в клинической практике [36, 37].

Эпоха «больших данных» представляет собой большой потенциал и риск для исследований. Автоматизированные системы ведения истории болезни пациентов и обработки изображений открывают фантастические возможности для исследований, которые находятся лишь на начальном этапе реализации. Программа скрининга рака молочной железы в Великобритании — яркий тому пример. Эта программа включает единую автоматизированную систему ведения медицинских карт пациентов, поэтому учёт данных осуществляется примерно одинаково по всей стране. Эта же программа подключена к Национальному реестру онкологических заболеваний, где содержатся данные долгосрочного наблюдения за пациентами, что позволило провести множество наблюдательных исследований. В последнее время в программу были внесены изменения для интеграции рандомизации. Внутренняя рандомизация и наблюдение за клинически значимыми исходами позволяет нам автоматизировать проведение рандомизированных контролируемых исследований, таких как CO-OPS с участием миллиона женщин [38] и исследование риска заболевания раком молочной железы, возрастающего с возрастом, с участием 6 млн женщин [44]. Компьютеризация данных позволяет проводить гораздо более крупные исследования при значительно меньших затратах. Интегрированные рандомизированные контролируемые испытания, проводимые в реальных условиях клинической практики, обеспечивают наименее предвзятую форму исследования утомления. В тех случаях, когда рандомизация невозможна или нецелесообразна, например при сравнении дизайнера кабинетов врачей-рентгенологов, более предпочтительными будут наблюдательные исследования.

При переходе к регулярному использованию «больших данных» в рентгенологических исследованиях и аудите существует реальный риск того, что некорректный анализ приведёт к неверным выводам. В настоящее время в лучевой диагностике имеется огромное количество как самих изображений, так и связанных с ними данных о пациентах. Наблюдательные исследования строятся на большом количестве вмешивающихся факторов, ограничивающих их проведение, поэтому необходимо проявлять осторожность при формулировании выводов на их основе. Повышенная доступность больших объёмов выборки может привести к увеличению числа систематических ошибок, связанных с предпочтительной публикацией положительных результатов исследования, поскольку результаты публикуются только тогда, когда они «интересны». Например, в Великобритании анализ наблюдений повышенной смертности пациентов, поступающих в больницы в выходные дни, был использован в качестве обоснования семидневной рабочей недели [45,

46]. Однако основным показателем являлась повышенная тяжесть заболевания у пациентов, поступающих в лечебные учреждения в выходные дни, при этом сами авторы заявили, что «предположение о том, что их (дополнительных смертей в выходные дни — прим. авт.) можно было избежать, было бы опрометчивым и неправильным». Это один из наиболее очевидных примеров того, насколько трудно установить причину и следствие при наличии только данных о наблюдениях. Обучение методам исследования должно стать более доступным для тех специалистов, которые проверяют и анализируют такие данные, чтобы при анализе учитывались вмешивающиеся факторы во избежание некорректных выводов. В исследованиях утомления особое внимание следует уделять индивидуальным различиям между врачами-рентгенологами, например путём их включения в анализ в качестве случайного эффекта.

Успех будущих исследований в области утомления будет в значительной степени зависеть от культуры в рабочей среде врачей-рентгенологов. Данные о работе отдельного рентгенолога могут стать очень мощным инструментом для постоянного улучшения работоспособности специалистов данной области, если они в точности передаются в благоприятных для обучения условиях. Аналогичным образом, данные исследований могут быть полностью анонимными как в отношении пациентов, так и в отношении врачей-рентгенологов, что позволяет проводить крупные исследования с меньшим предполагаемым риском. Если «большие данные» будут использоваться в качестве метода управления работоспособностью в конфликтных ситуациях, в обвинительной практике или даже в судебных исках по поводу неправомерных действий, они будут восприниматься, скорее, как средство наказания и тотального контроля. В этом случае врачи-рентгенологи вряд ли будут изъяслять

готовность открыто работать с «большими данными», что способствовало бы обучению и совершенствованию необходимых навыков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Существуют явные доказательства того, что утомление, особенно в конце длительной рабочей смены, способствует возникновению серьёзных врачебных ошибок и увеличивает риск того, что патологические изменения при диагностической визуализации не будут выявлены. Для того чтобы определить, какие меры помогут снизить количество ошибок, связанных с утомлением, и какие показатели утомления являются надёжными ранними индикаторами этого состояния, необходимо провести дополнительные исследования. Использование «больших данных» в сфере здравоохранения даёт возможность проведения крупных исследований для решения этих проблем, но при этом особое внимание следует уделить устранению вмешивающихся факторов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Д-р S. Taylor-Phillips и д-р C. Stinton получили поддержку от Национального института исследований в области здравоохранения (NIHR CLAHRC) (Уэст-Мидлендс, Великобритания). Д-р S. Taylor-Phillips является участником программы стипендий и грантов «NIHR Career Development Fellowship» (CDF-2016-09-018). Мнения, изложенные в статье, принадлежат авторам рукописи. Национальная служба здравоохранения, Национальный институт исследований в области здравоохранения и Департамент здравоохранения и социального обеспечения Великобритании не влияли на написание рукописи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hogan H., Healey F., Neale G., et al. Preventable deaths due to problems in care in English acute hospitals: a retrospective case record review study // *BMJ Qual Saf.* 2012. Vol. 21, N 9. P. 737–745. doi: 10.1136/bmjqs-2011-001159
2. Chief Medical Officer. An organisation with a memory: Report of an expert group on learning from adverse events in the NHS. London: The British Institute of Radiology; 2000.
3. Lockley S.W., Barger L.K., Ayas N.T., et al. Effects of health care provider work hours and sleep deprivation on safety and performance // *Jt Comm J Qual Patient Saf.* 2007. Vol. 33, N 11, Suppl. P. 7–18. doi: 10.1016/S1553-7250(07)33109-7
4. Barger L.K., Cade B.E., Ayas N.T., et al. Extended work shifts and the risk of motor vehicle crashes among interns // *N Engl J Med.* 2005. Vol. 352, N 2. P. 125–134. doi: 10.1056/NEJMoa041401
5. Hanna T.N., Lamoureux C., Krupinski E.A., et al. Effect of shift, schedule, and volume on interpretive accuracy: a retrospective analysis of 2.9 million radiologic examinations // *Radiology.* 2018. Vol. 287, N 1. P. 205–212. doi: 10.1148/radiol.2017170555
6. Clinical Radiology UK workforce census 2014 report. London: The British Institute of Radiology, 2015.
7. Pigeon W.R., Sateia M.J., Ferguson R.J. Distinguishing between excessive daytime sleepiness and fatigue: toward improved detection and treatment // *J Psychosom Res.* 2003. Vol. 54, N 1. P. 61–69. doi: 10.1016/s0022-3999(02)00542-1
8. Shahid A., Shen J., Shapiro C.M. Measurements of sleepiness and fatigue // *J Psychosom Res.* 2010. Vol. 69, N 1. P. 81–89. doi: 10.1016/j.jpsychores.2010.04.001
9. Xu R., Zhang C., He F., et al. How physical activities affect mental fatigue based on EEG energy, connectivity, and complexity // *Front Neurol.* 2018. Vol. 9. P. 915. doi: 10.3389/fneur.2018.00915
10. Krupinski E., Reiner B.I. Real-time occupational stress and fatigue measurement in medical imaging practice // *J Digit Imaging.* 2012. Vol. 25, N 3. P. 319–324. doi: 10.1007/s10278-011-9439-1

11. Waite S., Kolla S., Jeudy J., et al. Tired in the reading room: the influence of fatigue in radiology // *J Am Coll Radiol*. 2017. Vol. 14, N 2. P. 191–197. doi: 10.1016/j.jacr.2016.10.009
12. Akerstedt T., Gillberg M. Subjective and objective sleepiness in the active individual // *Int J Neurosci*. 1990. Vol. 52, N 1–2. P. 29–37. doi: 10.3109/00207459008994241
13. Hoddes E., Zarcone V., Smythe H., et al. Quantification of sleepiness: a new approach // *Psychophysiology*. 1973. Vol. 10, N 4. P. 431–436. doi: 10.1111/j.1469-8986.1973.tb00801.x
14. Johns M.W. A new method for measuring daytime sleepiness: the epworth sleepiness scale // *Sleep*. 1991. Vol. 14, N 6. P. 540–545. doi: 10.1093/sleep/14.6.540
15. Rosenthal L., Roehrs T.A., Roth T. The sleep-wake activity inventory: a self-report measure of daytime sleepiness // *Biol Psychiatry*. 1993. Vol. 34, N 11. P. 810–820. doi: 10.1016/0006-3223(93)90070-T
16. Buysse D.J., Reynolds C.F., Monk T.H., et al. The Pittsburgh sleep quality index: a new instrument for psychiatric practice and research // *Psychiatry Res*. 1989. Vol. 28, N 2. P. 193–213. doi: 10.1016/0165-1781(89)90047-4
17. Ahsberg E. Dimensions of fatigue in different working populations // *Scand J Psychol*. 2000. Vol. 41, N 3. P. 231–241. doi: 10.1111/1467-9450.00192
18. Miglioretti D.L., Smith-Bindman R., Abraham L., et al. Radiologist characteristics associated with interpretive performance of diagnostic mammography // *J Natl Cancer Inst*. 2007. Vol. 99, N 24. P. 1854–1863. doi: 10.1093/jnci/djm238
19. Maeda E., Yoshikawa T., Hayashi N., et al. Radiology reading-caused fatigue and measurement of eye strain with critical flicker fusion frequency // *Jpn J Radiol*. 2011. Vol. 29, N 7. P. 483–487. doi: 10.1007/s11604-011-0585-7
20. Sheppard A.L., Wolffsohn J.S. Digital eye strain: prevalence, measurement and amelioration // *BMJ Open Ophthalmol*. 2018. Vol. 3, N 1. P. e000146. doi: 10.1136/bmjophth-2018-000146
21. Thomson D.R., Besner D., Smilek D. A critical examination of the evidence for sensitivity loss in modern vigilance tasks // *Psychol Rev*. 2016. Vol. 123, N 1. P. 70–83. doi: 10.1037/rev0000021
22. Mackworth N. Researches on the measurement of human performance. London, UK: The British Institute of Radiology; 1950.
23. See J.E., Howe S.R., Warm J.S., et al. Meta-analysis of the sensitivity decrement in vigilance // *Psychological Bulletin*. 1995. Vol. 117, N 2. P. 230–249. doi: 10.1037/0033-2909.117.2.230
24. Gur D., Rockette H.E., Armfield D.R., et al. Prevalence effect in a laboratory environment // *Radiology*. 2003. Vol. 228, N 1. P. 10–14. doi: 10.1148/radiol.2281020709
25. Evans K.K., Birdwell R.L., Wolfe J.M. If you don't find it often, you often don't find it: why some cancers are missed in breast cancer screening // *PLoS One*. 2013. Vol. 8, N 5. P. e64366. doi: 10.1371/journal.pone.0064366
26. Kompaniez-Dunigan E., Abbey C.K., Boone J.M., Webster M.A. Visual adaptation and the amplitude spectra of radiological images // *Cogn Res Princ Implic*. 2018. Vol. 3, N 1. P. 3. doi: 10.1186/s41235-018-0089-4
27. Blatter K., Cajochen C. Circadian rhythms in cognitive performance: methodological constraints, protocols, theoretical underpinnings // *Physiol Behav*. 2007. Vol. 90, N 2–3. P. 196–208. doi: 10.1016/j.physbeh.2006.09.009
28. Monk T.H. The post-lunch dip in performance // *Clin Sports Med*. 2005. Vol. 24, N 2. P. e15–23 xi–xii. doi: 10.1016/j.csm.2004.12.002
29. Krupinski E.A., Berbaum K.S., Caldwell R.T., et al. Long radiology workdays reduce detection and accommodation accuracy // *J Am Coll Radiol*. 2010. Vol. 7, N 9. P. 698–704. doi: 10.1016/j.jacr.2010.03.004
30. Krupinski E.A., Berbaum K.S., Caldwell R.T., et al. Do long radiology workdays affect nodule detection in dynamic CT interpretation? // *J Am Coll Radiol*. 2012. Vol. 9, N 3. P. 191–198. doi: 10.1016/j.jacr.2011.11.013
31. Al-s'adi M., McEntee M., Ryan E. Time of day does not affect radiologists' accuracy in breast lesion detection // *Proc SPIE Med Imag*. 2011. Vol. 7966. P. 1–7. doi: 10.1117/12.877972
32. Cowley H.C., Gale A.G. Time of day effects on mammographic film reading performance. 1997. Vol. 3036. doi: 10.1117/12.271295
33. Stec N., Arje D., Moody A.R., et al. A systematic review of fatigue in radiology: is it a problem? // *AJR Am J Roentgenol*. 2018. Vol. 210, N 4. P. 799–806. doi: 10.2214/AJR.17.18613
34. Krupinski E.A., Schartz K.M., Van Tassell M.S., et al. Effect of fatigue on reading computed tomography examination of the multiply injured patient // *J Med Imaging*. 2017. Vol. 4, N 3. P. 1. doi: 10.1117/1.JMI.4.3.035504
35. Hanna T.N., Zygmunt M.E., Peterson R., et al. The effects of fatigue from overnight shifts on radiology search patterns and diagnostic performance // *J Am Coll Radiol*. 2018. Vol. 15, N 12. P. 1709–1716. doi: 10.1016/j.jacr.2017.12.019
36. Gur D., Bandos A.I., Cohen C.S., et al. The “laboratory” effect: comparing radiologists' performance and variability during prospective clinical and laboratory mammography interpretations // *Radiology*. 2008. Vol. 249, N 1. P. 47–53. doi: 10.1148/radiol.2491072025
37. Miglioretti D.L., Ichikawa L., Smith R.A., et al. Correlation between screening mammography interpretive performance on a test set and performance in clinical practice // *Acad Radiol*. 2017. Vol. 24, N 10. P. 1256–1264. doi: 10.1016/j.acra.2017.03.016
38. Taylor-Phillips S., Wallis M.G., Jenkinson D., et al. Effect of using the same vs different order for second readings of screening mammograms on rates of breast cancer detection: a randomized clinical trial // *JAMA*. 2016. Vol. 315, N 18. P. 1956–1965. doi: 10.1001/jama.2016.5257
39. Stinton C., Jenkinson D., Adekanmbi V., et al. Does time of day influence cancer detection and recall rates in mammography? // *SPIE Medical Imaging*. 2017. Vol. 10136. doi: 10.1117/12.2254280
40. Wolfe J.M., Van Wert M.J. Varying target prevalence reveals two dissociable decision criteria in visual search // *Curr Biol*. 2010. Vol. 20, N 2. P. 121–124. doi: 10.1016/j.cub.2009.11.066
41. Burnside E.S., Park J.M., Fine J.P., Sisney G.A. The use of batch reading to improve the performance of screening mammography // *AJR Am J Roentgenol*. 2005. Vol. 185, N 3. P. 790–796. doi: 10.2214/ajr.185.3.01850790
42. Fenton J.J., Abraham L., Taplin S.H., et al. Effectiveness of computer-aided detection in community mammography practice // *J Natl Cancer Inst*. 2011. Vol. 103, N 15. P. 1152–1161. doi: 10.1093/jnci/djr206
43. Fenton J.J., Taplin S.H., Carney P.A., et al. Influence of computer-aided detection on performance of screening mammography // *N Engl J Med*. 2007. Vol. 356, N 14. P. 1399–1409. doi: 10.1056/NEJMoa066099

44. ISRCTN Register and Evaluating the age extension of the NHS breast screening Programme – trial registration. 2010.
45. Freemantle N., Ray D., McNulty D., et al. Increased mortality associated with weekend hospital admission: a case for

- expanded seven day services? // *BMJ*. 2015. Vol. 351. P. h4596. doi: 10.1136/bmj.h4596
46. Rimmer A. The BMJ paper and seven day services // *BMJ*. 2016. Vol. 352. P. i1193. doi: 10.1136/bmj.i1193

REFERENCES

- Hogan H, Healey F, Neale G, et al. Preventable deaths due to problems in care in English acute hospitals: a retrospective case record review study. *BMJ Qual Saf*. 2012;21(9):737–745. doi: 10.1136/bmjqs-2011-001159
- Chief Medical Officer. An organisation with a memory: Report of an expert group on learning from adverse events in the NHS. London: The British Institute of Radiology; 2000.
- Lockley SW, Barger LK, Ayas NT, et al. Effects of health care provider work hours and sleep deprivation on safety and performance. *Jt Comm J Qual Patient Saf*. 2007;33(11 Suppl):7–18. doi: 10.1016/S1553-7250(07)33109-7
- Barger LK, Cade BE, Ayas NT, et al. Extended work shifts and the risk of motor vehicle crashes among interns. *N Engl J Med*. 2005;352:125–134. doi: 10.1056/NEJMoa041401
- Hanna TN, Lamoureux C, Krupinski EA, et al. Effect of shift, schedule, and volume on interpretive accuracy: a retrospective analysis of 2.9 million radiologic examinations. *Radiology*. 2018;287(1):205–212. doi: 10.1148/radiol.2017170555
- Clinical Radiology UK workforce census 2014 report. London: The British Institute of Radiology; 2015.
- Pigeon WR, Sateia MJ, Ferguson RJ. Distinguishing between excessive daytime sleepiness and fatigue: toward improved detection and treatment. *J Psychosom Res*. 2003;54(1):61–69. doi: 10.1016/S0022-3999(02)00542-1
- Shahid A, Shen J, Shapiro CM. Measurements of sleepiness and fatigue. *J Psychosom Res*. 2010;69(1):81–89. doi: 10.1016/j.jpsychores.2010.04.001
- Xu R, Zhang C, He F, et al. How physical activities affect mental fatigue based on EEG energy, connectivity, and complexity. *Front Neurol*. 2018;9:915. doi: 10.3389/fneur.2018.00915
- Krupinski E, Reiner BI. Real-time occupational stress and fatigue measurement in medical imaging practice. *J Digit Imaging*. 2012;25(3):319–324. doi: 10.1007/s10278-011-9439-1
- Waite S, Kolla S, Jeudy J, et al. Tired in the reading room: the influence of fatigue in radiology. *J Am Coll Radiol*. 2017;14(2):191–197. doi: 10.1016/j.jacr.2016.10.009
- Akerstedt T, Gillberg M. Subjective and objective sleepiness in the active individual. *Int J Neurosci*. 1990;52(1-2):29–37. doi: 10.3109/00207459008994241
- Hoddes E, Zarcone V, Smythe H, et al. Quantification of sleepiness: a new approach. *Psychophysiology*. 1973;10(4):431–436. doi: 10.1111/j.1469-8986.1973.tb00801.x
- Johns MW. A new method for measuring daytime sleepiness: the epworth sleepiness scale. *Sleep*. 1991;14(6):540–545. doi: 10.1093/sleep/14.6.540
- Rosenthal L, Roehrs TA, Roth T. The sleep-wake activity inventory: a self-report measure of daytime sleepiness. *Biol Psychiatry*. 1993;34(11):810–820. doi: 10.1016/0006-3223(93)90070-T
- Buysse DJ, Reynolds CF, Monk TH, et al. The Pittsburgh sleep quality index: a new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Res*. 1989;28(2):193–213. doi: 10.1016/0165-1781(89)90047-4
- Ahsberg E. Dimensions of fatigue in different working populations. *Scand J Psychol*. 2000;41(3):231–241. doi: 10.1111/1467-9450.00192
- Miglioretti DL, Smith-Bindman R, Abraham L, et al. Radiologist characteristics associated with interpretive performance of diagnostic mammography. *J Natl Cancer Inst*. 2007;99(24):1854–1863. doi: 10.1093/jnci/djm238
- Maeda E, Yoshikawa T, Hayashi N, et al. Radiology reading-caused fatigue and measurement of eye strain with critical flicker fusion frequency. *Jpn J Radiol*. 2011;29(7):483–487. doi: 10.1007/s11604-011-0585-7
- Sheppard AL, Wolffsohn JS. Digital eye strain: prevalence, measurement and amelioration. *BMJ Open Ophthalmol*. 2018;3(1):e000146. doi: 10.1136/bmjophth-2018-000146
- Thomson DR, Besner D, Smilek D. A critical examination of the evidence for sensitivity loss in modern vigilance tasks. *Psychol Rev*. 2016;123(1):70–83. doi: 10.1037/rev0000021
- Mackworth N. Researches on the measurement of human performance. London, UK: The British Institute of Radiology; 1950.
- See JE, Howe SR, Warm JS, et al. Meta-analysis of the sensitivity decrement in vigilance. *Psychological Bulletin*. 1995;117(2):230–249. doi: 10.1037/0033-2909.117.2.230
- Gur D, Rockette HE, Armfield DR, et al. Prevalence effect in a laboratory environment. *Radiology*. 2003;228(1):10–14. doi: 10.1148/radiol.2281020709
- Evans KK, Birdwell RL, Wolfe JM. If you don't find it often, you often don't find it: why some cancers are missed in breast cancer screening. *PLoS One*. 2013;8(5):e64366. doi: 10.1371/journal.pone.0064366
- Kompaniez-Dunigan E, Abbey CK, Boone JM, Webster MA. Visual adaptation and the amplitude spectra of radiological images. *Cogn Res Princ Implic*. 2018;3(1):3. doi: 10.1186/s41235-018-0089-4
- Blatter K, Cajochen C. Circadian rhythms in cognitive performance: methodological constraints, protocols, theoretical underpinnings. *Physiol Behav*. 2007;90(2-3):196–208. doi: 10.1016/j.physbeh.2006.09.009
- Monk TH. The post-lunch dip in performance. *Clin Sports Med*. 2005;24(2):e15–23xi-xii. doi: 10.1016/j.csm.2004.12.002
- Krupinski EA, Berbaum KS, Caldwell RT, et al. Long radiology workdays reduce detection and accommodation accuracy. *J Am Coll Radiol*. 2010;7(9):698–704. doi: 10.1016/j.jacr.2010.03.004
- Krupinski EA, Berbaum KS, Caldwell RT, et al. Do long radiology workdays affect nodule detection in dynamic CT interpretation? *J Am Coll Radiol*. 2012;9(3):191–198. doi: 10.1016/j.jacr.2011.11.013
- Al-s'adi M, McEntee M, Ryan E. Time of day does not affect radiologists' accuracy in breast lesion detection. *Proc SPIE Med Imag*. 2011;7966:1–7. doi: 10.1117/12.877972
- Cowley HC, Gale AG. Time of day effects on mammographic film reading performance. 1997. doi: 10.1117/12.271295
- Stec N, Arje D, Moody AR, et al. A systematic review of fatigue in radiology: is it a problem? *AJR Am J Roentgenol*. 2018;210(4):799–806. doi: 10.2214/AJR.17.18613

- 34.** Krupinski EA, Scharzt KM, Van Tassell MS, et al. Effect of fatigue on reading computed tomography examination of the multiply injured patient. *J Med Imaging*. 2017;4(3):1. doi: 10.1117/1.JMI.4.3.035504
- 35.** Hanna TN, Zygmunt ME, Peterson R, et al. The effects of fatigue from overnight shifts on radiology search patterns and diagnostic performance. *J Am Coll Radiol*. 2018;15(12):1709–1716. doi: 10.1016/j.jacr.2017.12.019
- 36.** Gur D, Bandos AI, Cohen CS, et al. The “laboratory” effect: comparing radiologists’ performance and variability during prospective clinical and laboratory mammography interpretations. *Radiology*. 2008;249(1):47–53. doi: 10.1148/radiol.2491072025
- 37.** Miglioretti DL, Ichikawa L, Smith RA, et al. Correlation between screening mammography interpretive performance on a test set and performance in clinical practice. *Acad Radiol*. 2017;24(10):1256–1264. doi: 10.1016/j.acra.2017.03.016
- 38.** Taylor-Phillips S, Wallis MG, Jenkinson D, et al. Effect of using the same vs different order for second readings of screening mammograms on rates of breast cancer detection: a randomized clinical trial. *JAMA*. 2016;315(18):1956–1965. doi: 10.1001/jama.2016.5257
- 39.** Stinton C, Jenkinson D, Adekanmbi V, et al. Does time of day influence cancer detection and recall rates in mammography? *SPIE Medical Imaging*. 2017. Vol. 10136. doi: 10.1117/12.2254280.
- 40.** Wolfe JM, Van Wert MJ. Varying target prevalence reveals two dissociable decision criteria in visual search. *Curr Biol*. 2010;20(2):121–124. doi: 10.1016/j.cub.2009.11.066
- 41.** Burnside ES, Park JM, Fine JP, Sisney GA. The use of batch reading to improve the performance of screening mammography. *AJR Am J Roentgenol*. 2005;185(3):790–796. doi: 10.2214/ajr.185.3.01850790
- 42.** Fenton JJ, Abraham L, Taplin SH, et al. Effectiveness of computer-aided detection in community mammography practice. *J Natl Cancer Inst*. 2011; 103(15):1152–1161. doi: 10.1093/jnci/djr206
- 43.** Fenton JJ, Taplin SH, Carney PA, et al. Influence of computer-aided detection on performance of screening mammography. *N Engl J Med*. 2007;356(14):1399–1409. doi: 10.1056/NEJMoa066099
- 44.** ISRCTN Register and Evaluating the age extension of the NHS breast screening Programme – trial registration. 2010.
- 45.** Freemantle N, Ray D, McNulty D, et al. Increased mortality associated with weekend hospital admission: a case for expanded seven day services? *BMJ*. 2015;351:h4596. doi: 10.1136/bmj.h4596
- 46.** Rimmer A. The BMJ paper and seven day services. *BMJ*. 2016;352:i1193. doi: 10.1136/bmj.i1193

05 ABTOPAX

* **Sian Taylor-Phillips**, Ph.D.;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1841-4346>;

e-mail: s.taylor-phillips@warwick.ac.uk

Chris Stinton;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9054-1940>;

e-mail: c.stinton@bham.ac.uk

AUTHORS' INFO

* **Sian Taylor-Phillips**, Ph.D.;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1841-4346>;

e-mail: s.taylor-phillips@warwick.ac.uk

Chris Stinton;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9054-1940>;

e-mail: c.stinton@bham.ac.uk

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author