

УДК 616-073.75

DOI: 10.54503/0514-7484-2025-65.1-41

Ошибки в лучевой диагностике: современное состояние проблемы

**Г.А. Аветисян, М.С. Алоян, И.С. Минасян, К.А. Поркшеян,
А.А. Франгулян, А.Р. Эдилян, Г.Д. Варданян**

*Ереванский государственный медицинский университет им. М.Гераци
0025, Ереван, Корюна, 2*

Ключевые слова: лучевая диагностика, ошибки, определение, классификация, причины.

«Errare humanum est» — говорили многие древние философы, но только один Цицерон добавил: «nisi stultum est in errore perseverare» — «Однако лишь глупец упорствует в своих ошибках».

С конца прошлого столетия лучевая диагностика пережила настоящие революционные перемены. Классическая рентгенология дополнилась такими современными методами визуализации, как ультразвуковая диагностика, компьютерная томография (КТ), магнитно-резонансная томография (МРТ), фотоэмиссионная и позитронно-эмиссионная томография, интервенционная радиология. Возможности лучевой диагностики позволяют проводить научные исследования в различных областях медицины с использованием современных технологий. В отличие от ряда субъективных оценок состояния пациента результаты лучевой диагностики остаются доступными для последующего изучения и могут быть проанализированы ретроспективно. Несмотря на все достижения современной науки, деятельность врача-радиолога преимущественно предполагает принятие решений в условиях неопределенности и, следовательно, может содержать неточности в интерпретации [1, 31]. Интерпретация все более сложных изображений включает в себя множество сложных задач, требующих визуальной оценки, когнитивной обработки и принятия решений. На каждом этапе этого процесса существует возможность ошибки из-за человеческого фактора, включая условия восприятия и эргономики.

При анализе восприятия и познания в области медицинской визуализации установлено, что визуальная оценка проводится одновременно на двух уровнях: быстрое восприятие изображения как единого целого и медленный вдумчивый анализ его отдельных составляющих. Визуальное поведение переплетается с когнитивными процессами анализа и объединения информации, подкрепляется опытом и накопленными знаниями. Внимание легко фокусируется на очевидных закономерностях и любых привычных обособленных деталях. В то же время возможно волевым усилием сосредоточиться на нужных областях изображения в зависимости от клинической задачи, истории болезни пациента, очевидности находок. Предвзятость и методические ошибки, на-

пример слепота невнимания, снижают способности специалиста объективно оценивать изображение, из-за чего появляется риск не заметить ключевое или просто важное изменение [3].

По общему мнению многих исследователей, большинство дефектов возникают из-за неверного восприятия [6, 13, 18, 34, 36, 61, 71]. Важную роль в оценке диагностического изображения играет как центральное, так и периферическое зрение: опытные радиологи способны обнаружить большинство аномалий за очень короткий промежуток времени [20, 38, 40, 64]. Первая, самая быстрая, реакция получила название «гештальт», «холистического» или неизбирательного подхода [38, 64]. Он основывается на выявлении «глобальных», общих картин (паттернов) или шаблонов, накопленных памятью за время обучения или профессиональной деятельности. Затем специалист осознанно и тщательно изучает выбранные участки снимка в высоком разрешении при помощи центрального (так называемого фовеального) зрения. Эта неспешная, взвешенная деятельность, или избирательная техника, используется: 1) для подтверждения или анализа неявных, предварительных или однозначных данных [38, 64]; 2) определения скрытых патологических изменений, пропущенных в «гештальт»-фазу. В то же время «гештальт»-восприятие информации продолжает работать в фоновом режиме одновременно с избирательной техникой. Фиксация происходит, когда «мишень» улавливается фовеальным зрением для осознанного целенаправленного изучения. Быстрые движения глаз между фиксациями называются саккадами. Из-за своей высокой скорости саккады не позволяют вычленивать полезную информацию [39].

Анализ и синтез – это когнитивные навыки, благодаря которым возможно считывать с изображений жизненно важную информацию, связать ее с клиническим вопросом и расставить в нужном порядке. Желаемый результат – обоснованное дифференцированное диагностическое заключение и четкие рекомендации по лечению пациента [14, 34, 67, 69].

Исследование коренных причин ошибок интерпретации в радиологии впервые началось более века назад. Так, в 1899 г. было показано, что для достижения максимальной чувствительности сетчатки глаза в темной комнате к свету от флюороскопического экрана требуется порядка 20 минут [16]. В дальнейшем во многих научных работах было отмечено значительное количество диагностических ошибок при различных методах лучевой диагностики [3, 7, 10, 51, 70]. Так, по данным Waite S. et al. (2019) при интерпретации рентгенограмм легких частота пропуска патологических изменений (выборка исследований только с патологией) достигала 33% [70]. В статье Muhm J. R. et al. (1983) было отмечено, что в 90% случаев признаки периферического рака легкого ретроспективно определялись на рентгенограммах органов грудной клетки [51]. До 75% исследований в интерпретации маммограмм, первоначально интерпретированных как без патологических изменений, при ретроспективной оценке предположительно могли иметь признаки рака молочной железы [7].

Сложные задачи, сопровождающиеся неопределенностью, располагают к появлению ошибок и противоречивых мнений. Внутренние разногласия одного специалиста или расхождение мнений нескольких коллег отражают изна-

чальную сложность интерпретации медицинских изображений, особенно если невозможно получить подтверждение диагноза. Необходимо сформулировать определение ошибки в лучевой диагностике. Общепринятого определения термина диагностической ошибки не существует и, по мнению ряда авторов, применительно к радиологии использование данного понятия неуместно и предпочтительнее употреблять термин «расхождение» между протоколом описания и окончательным диагнозом [10]. Тем не менее диагностической ошибкой в лучевой диагностике можно назвать пропуск, неверную интерпретацию или обнаружение с запозданием патологических изменений при помощи методов лучевой диагностики, неспособность определить дальнейшие меры, назначить контрольные или дополнительные исследования, небрежно оформленный протокол, недопустимое промедление с передачей протокола лечащему врачу, сбой в коммуникациях с лечащим врачом, особенно в экстренных случаях независимо от того, приводит ли это к какому-либо вреду [3, 13, 36].

Использование термина «ошибка» подразумевает, что не может быть разногласий по поводу того, что является верной интерпретацией, и указывает на то, что радиолог должен быть в состоянии дать верное заключение. Любое несоответствие в интерпретации, которое существенно отклоняется от консенсуса коллег, является разумным и общепринятым для определения диагностической ошибки [13]. В некоторых случаях диагноз подтверждается патологическим исследованием хирургического или аутопсийного материала, и эти данные могут быть использованы для оценки предшествующих лучевых результатов, однако не всегда они являются общей основой для определения того, произошла ли ошибка [2, 10]. В любом случае, ошибку или расхождение в лучевой диагностике следует рассматривать как медицинскую, а не юридическую проблему [36].

В практической работе радиологу важно помнить о следующих моментах:

1) несомненно, иногда даже при достаточном уровне практики и подходящей рабочей обстановке врачи допускают ошибки [10, 12]; 2) мнения врачей необязательно расходятся из-за кем-то допущенной ошибки, поэтому в подобных спорных ситуациях лучше использовать термины «расхождения» или «мнения расходятся» вместо «ошибки» [10]; 3) ошибка не всегда указывает на халатность или некомпетентность [8, 10]. Профессор Калифорнийского университета Леонард Берлин (известный своими научными трудами о коммуникациях, ошибках и медико-юридических аспектах лучевой диагностики) утверждает, что «о халатности можно говорить, когда... частота ошибок превышает допустимые, общепринятые нормы и профессиональные стандарты в радиологии» [7].

В многочисленных исследованиях, проводимых в течение нескольких десятилетий, была зафиксирована неожиданно высокая частота ошибок и расхождений. Даже опытные радиологи с ученой степенью, работающие в зоне своей ответственности, не застрахованы от серьезных ошибок [10, 13, 17, 24, 34, 41–43, 53, 54, 56, 61, 71]. В одном исследовании проанализировали 469 результатов МРТ органов малого таза у женщин, двойной экспертный просмотр

которых должны были провести в крупном онкологическом центре [41]. Изначально эти обследования проводили и описывали в университетских специализированных медицинских центрах третьего уровня, городских (в том числе частных) больницах или амбулаторных центрах лучевой диагностики. В качестве «золотого стандарта» принималось гистологическое заключение или последующее верифицирующее лучевое исследование. Неожиданно выяснилось, что в 17% случаев экспертные заключения врачей с субспециализацией оказались неверными, и эти ошибки могли серьезно повлиять на ход лечения пациента. В другом слепом исследовании опытным врачам с субспециализацией по абдоминальной радиологии из Массачусетской больницы предоставили для повторного изучения результаты мультиспиральной КТ органов брюшной полости и малого таза. Причем врачам доставались и исследования, которые ранее были проведены и описаны ими же самими (впрочем, были и «незнакомые» снимки). Частота клинически значимых расхождений между первым и вторым описаниями составила 25% для отдельно взятого специалиста и 30% в целом для группы врачей [4].

Американский радиолог доктор Майкл Бруно (известный своими статьями о стандартизации описаний, ошибках, качестве и безопасности в лучевой диагностике) указывает, что подобные расхождения во мнениях «сами по себе не доказывают, что тот или иной врач неправильно интерпретировал результат; напротив, это в основном наглядно демонстрирует, как высокий уровень неопределенности и присущей человеку изменчивости влияет на интерпретацию лучевых исследований» [12]. Даже при анализе обзорных рентгенограмм, куда менее информативных по сравнению с КТ, можно столкнуться с существенными трудностями [22]. Группе врачей предоставили для оценки рентгеновские снимки грудной клетки, брюшной полости и костей скелета, попросив дать ответ в простой бинарной форме (да или нет): наблюдаете ли вы значимые нарушения? Степень разногласий среди специалистов варьировалась от 8 до 19% [60].

В другом исследовании для выявления взаимосвязи между диагностическими ошибками и смертностью госпитализированных пациентов опирались на результаты вскрытия [29]. Авторы изучили корреляцию результатов лучевых исследований со 112 случаями подтвержденных клинических или рентгенологических ошибок (без четкой их спецификации). Оказалось, что рентгенологи самостоятельно совершали диагностические ошибки или изначально опирались на ошибочные клинические диагнозы в 12 (11%) и 37 (33%) случаях соответственно. В 29 случаях (26%) мнение рентгенолога вообще не учитывалось лечащим врачом, хотя он, в отличие от клинициста, поставил верный диагноз. В 24 случаях (21%) специалист лучевой диагностики однозначно предполагал правильный диагноз, однако по результатам исследований не удалось подтвердить ожидания. Подобные случаи авторы статьи объяснили ограничениями конкретных видов (модальностей) лучевых исследований.

Более того, различные виды ошибок могут встречаться одновременно, а некоторые дефекты вообще способны повторяться снова и снова [36, 49]. Kim Y.W., Mansfield L.T. (2014) собрали результаты 656 лучевых исследований, в

которых в общей сложности содержалось 1269 ошибок [36]. В 196 случаях (30% наблюдений) ошибки повторялись в последующих контрольных исследованиях. В результате правильный диагноз удавалось поставить с задержкой от 0 до 12,6 года (в среднем — 251 день). Несмотря на обилие информации в литературе, сложно точно определить истинную частоту ошибок и расхождений в лучевой диагностике. В большинстве исследований по теме недостает информации о верификации диагноза или использованном «золотом стандарте»; обычно авторы располагают лишь частичными данными или пронизаны предвзятостью. Из-за этого реальные показатели либо занижаются, либо завышаются [36, 76]. Общая частота клинически значимых (то есть влияющих на процесс и исход лечения) ошибок, включая как достоверные, так и некачественные публикации, оценивается в 5% [26]. Однако, если исключить достоверные исследования, частота ошибок вырастет до 30% [13]. Уже упомянутый выше Майкл Бруно подсчитал, что каждый радиолог каждый день совершает от трех до четырех диагностических ошибок [12]. Вследствие пересмотра результатов 23 199 КТ-и МРТ-исследований, проведенных в городских поликлиниках Москвы, установлено, что уровень клинически значимых расхождений составляет 6%, клинически незначимых — 19%. Внедренная система контроля (телеаудита) и непрерывного улучшения качества позволила ежегодно достоверно снижать количество клинически значимых расхождений на 50% [50].

В мире ежегодно проводится примерно 1 млрд лучевых исследований [13, 63]. Если предположить, что при анализе такого количества исследований ошибки допускаются только лишь в 4% случаев, то минимальное количество этих ошибок, по самым скромным подсчетам, составит около 40 млн в год. Сегодня невозможно количественно оценить вклад радиологов в окончательное решение о тактике лечения пациентов, однако уверенно можно сказать, что он существенный. В литературе последних лет подчеркивается, насколько губительное влияние на исход лечения могут оказывать ошибки как врачей-радиологов, так и остальных специалистов [13, 45].

Существует несколько классификаций ошибок в лучевой диагностике [4, 13, 36, 55, 56, 58, 62]. На наш взгляд, заслуживает внимания описание видов ошибок в лучевой диагностике в последней монографии Хрисикопулоса Х. (2021) [3]: 1. Ошибки обнаружения (восприятия). 2. Ошибки интерпретации. 3. «Слепые пятна». 4. Ошибки упущения (пропуск патологии). 5. Ошибки описания (некачественный протокол, ошибки формулировок). 6. Ошибки коммуникаций с лечащим врачом.

Ошибки обнаружения (восприятия) встречаются чаще всего и касаются случаев, когда врач не может выявить патологическое изменение [6, 13, 18, 34]. В ряде случаев ошибка восприятия может объясняться малозаметностью, например, за счет низкой контрастности патологии и окружающих структур или другими факторами риска (усталость врача, отвлекающие факторы, большая нагрузка) [2, 36, 56]. Однако в большинстве случаев объективные объяснения пропуска явной патологии отсутствуют, и все сводится к «человеческому фактору» и «недостаткам человеческого восприятия» [59]. Таким образом, несмотря на большое количество работ, посвященных этой

проблеме, до сих пор точно неизвестно, почему пропускаются очевидные патологические находки на медицинских изображениях [2, 36].

Kabadi S.J. и Krishmaraj A. (2017) анализировали результаты 362 лучевых исследований трех модальностей (ультразвуковое исследование, КТ и МРТ), направленных в университетскую клинику для независимого заключения («второго мнения»). При интерпретации экспертами серьезные расхождения с первичным описанием обнаружены в 12,4% случаев, большинство из них (64,4%) относились к ошибкам обнаружения (восприятия) [34]. В условиях многопрофильной больницы по результатам КТ- и МРТ-исследований наиболее часто пропускаются увеличение лимфатических узлов, метастатические поражения позвоночника, карцинома почки [53].

По данным Хрисикопулоса Х. (2021), многие ошибки обнаружения (восприятия) можно объяснить следующими факторами: недостаточный разбор ошибок, предубеждений и диагностических алгоритмов; неполный визуальный охват изображения или спешка во время обследования; недостаточное использование вспомогательных методов, таких как мультипланарная реконструкция, проекции максимальной интенсивности [3]. У неопытного диагноста, который «не знает, что собирается искать» и пытается «осознать» весь снимок при помощи лишь нескольких саккад, крайне часто встречаются ошибки восприятия, а также другие виды ошибок [62].

Одна из наиболее подробных классификаций предложена Kim Y. W. и Mansfield L. T. в 2014 г. Авторы проанализировали 1269 ошибок при проведении лучевых исследований и выделили 12 типов, в зависимости от причины. Наиболее часто встречались следующие типы ошибок: пропуск патологии (42%), удовлетворение поиском (22%) и ошибочное рассуждение (9%), что также подтверждало превалирование ошибок восприятия [36].

Ошибки интерпретации возникают, когда удалось обнаружить патологическое изменение, но не получилось распознать его истинную суть [13, 56, 57]. Существует два типа ошибок интерпретации: 1. Норма или артефакт принимается за патологию, что дает ложноположительный результат обследования (разновидность гипердиагностики). Это грозит назначением лишних обследований или процедур, которые могут потенциально навредить пациенту. 2. Истинная патологическая находка ошибочно воспринимается: а) как вариант нормы или находка, не представляющая клинической значимости, что приводит к разновидности ложноотрицательного результата, б) как признак иной болезни или как имеющая иную степень клинической значимости, что приводит к постановке неверного диагноза или гипердиагностике [6, 15, 28, 30, 32, 47, 48, 52, 77].

«Слепые пятна» – анатомические области, которые часто упускаются из виду при интерпретации результатов лучевого исследования, если только они не упомянуты в направлении от лечащего врача или в предыдущих протоколах [15, 18, 66, 75]. Для любого визуализирующего обследования характерен свой набор «слепых пятен», которые могут быть очень малы или же, напротив, весьма обширны по площади. В «слепое пятно» может попасть зона изображения с высокой плотностью расположения нормальных структур. Например, на КТ органов грудной клетки очаг может затеряться среди легочных

сосудов [75]. Сложно дифференцировать лимфатические узлы от метастазов среди слабоконтрастных сосудов брюшины или неконтрастных петель кишечника [65, 75]. Внутричерепная патология, расположенная симметрично с двух сторон, может на первый взгляд показаться нормой [66]. На тромбоз кровеносных сосудов, опухоли дыхательных путей или объемные образования желудочнокишечного тракта могут не обратить внимания, если они оказались случайными находками [33, 75]. Очень важно помнить о том, что любое патологическое изменение может стать невидимым при неверном выборе уровня и ширины окна [66].

Ошибки упущения (пропуск патологии) обычно возникают при недостатке времени на анализ результатов исследования и/или изучение полной информации о пациенте; в сложных клинических случаях, когда радиолог не консультируется с экспертом и/или не сверяется с литературой [23, 25]. В результате интерпретация исследования и протокол оказываются неточными или даже ошибочными [22, 34, 35, 37, 46, 56, 68, 73]. Данный вид ошибки может отмечаться также при неполном изучении клинических данных и радиологического анамнеза пациента [5, 9, 19, 44].

Ошибки описания (некачественный протокол, ошибки формулировок) подразумевают различные дефекты формирования протокола, ошибки при описаниях своих находок, записи предположений, диагноза или дифференцированного диагноза, рекомендаций. Размытый протокол без четких конкретных рекомендаций не имеет никакой ценности. Поэтому у направляющего врача не будет иного выбора, кроме как назначить дополнительные исследования, для которых нет ни оснований, ни рекомендаций [3]. В одной ситуации может сочетаться несколько ошибок, а для выявления некоторых из них могут потребоваться годы. Потенциально ошибки способны привести к разрушительным последствиям как для пациента, так и для врача, который их допустил, поэтому для снижения риска появления и негативного влияния дефектов в практику были введены протоколы безопасности [3].

Врачи-клиницисты хотят получить в адекватные сроки точный, исчерпывающий и структурированный протокол, который предельно ясно ответит на все их вопросы [21, 27, 34, 72]. Интерпретация и трансформация визуализационных находок в письменный или устный текст – сложная задача, причем на каждом этапе ее решения могут встретиться множество подводных камней [10, 52, 56, 74]. Поэтому вполне объяснимо, почему разные радиологи могут по-разному истолковывать одно и то же изображение [10]. Как бы удивительно это ни звучало, но и умудренный опытом эксперт с громадным стажем за спиной может выдать ошибочное заключение [41].

Ошибки коммуникаций с лечащим врачом возникают при промедлении передачи протокола лечащему врачу, а также невозможность или игнорирование необходимости непосредственного информирования лечащего врача об экстренной или неотложной ситуации, обнаружении особо значимых находок [3].

Необходимо отметить, что некоторые ошибки неизбежны и находятся вне контроля и ответственности радиолога или организации. Примеры таких внешних причин включают резкие всплески или падения электрического на-

пряжения, внезапное падение сверхпроводимости магнитно-резонансного томографа, протечки водопровода и др. К ошибкам, связанным с пациентом, можно отнести несоблюдение им инструкций во время проведения исследования, недостоверное предоставление информации перед обследованием, языковой барьер и др. [11].

Диагностические ошибки в лучевой диагностике случаются и их возникновение неизбежно. Однако стоит знать об их особенностях, разновидностях, предрасполагающих факторах для возможной минимизации их возникновения. Многие ошибки не имеют значения и последствий для пациента, при этом некоторые серьезные ошибки остаются незамеченными. Обнаружение и анализ диагностических ошибок могут позволить улучшить качество интерпретаций лучевых исследований, свести к минимуму частоту или влияние последующих ошибок и предотвратить более серьезные ошибки.

Поступила 27.11.24

Միսալներ ճառագայթային ախտորոշման ժամանակ. խնդրի ներկայիս իրավիճակը

**Գ.Ա.Ավետիսյան, Մ.Ս. Ալոյան, Ի.Ս. Մինասյան, Ք.Ա. Պորկշեյան,
Ա.Հ. Ֆրանգուլյան, Հ.Ռ. Էդիլյան, Գ.Զ. Վարդանյան**

Ախտորոշում կատարելիս բժիշկները շատ դեպքերում հիմնվում են ճառագայթային պատկերների վրա, որոնց մեկնաբանությունը կարող է շատ փոփոխական լինել և պարունակել անճշտություններ, որոնք կարող են հանգեցնել հիվանդի բուժման ոչ ճիշտ մարտավարության: Այս գրականության ակնարկը ներկայացնում է ճառագայթային ախտորոշման մեջ սխալների դասակարգման տարբեր մոտեցումներ, որոնք կարող են օգտակար լինել դրանց առաջացման պատճառները հասկանալու, ինչպես նաև դրանց հայտնաբերման, վերլուծության և կանխարգելման համակարգերի մշակման համար, որոնք հետագայում նվազագույնի կհասցնեն զարգացման հաճախականությունը՝ նվազեցնելով պատճառված վնասի աստիճանը: Ռադիոլոգիական հետազոտության սահմանափակումների և հնարավորությունների իմացությունը, ռադիոլոգի դերի կարևորումը վերջնական ախտորոշման ձևավորման և հիվանդի ապագա ճակատագրի հարցում կարող են հանգեցնել ռադիոլոգիական պատկերների և կլինիկական տեղեկատվության ավելի խոհուն վերլուծության, որի ընթացքում հնարավոր է բարելավել ախտորոշիչ որոշումների կայացման գործընթացի որակը:

Errors in Diagnostic Radiology: Current State of the Problem

**G. A. Avetisyan, M. S. Aloyan, I. S. Minasyan, K. A. Porksheyan,
A. H. Frangulyan, H. R. Edilyan, G. J. Vardanyan**

In many cases, physicians make a diagnosis using the results of radiology. At the same time, the interpretation of medical images can be very variable in some cases, contain inaccuracies, which can lead to incorrect patient treatment tactics. This literature review presents various approaches to the classification of errors in radiation diagnostics, which can be useful for understanding the causes of their occurrence, as well as for the development of systems for their identification, analysis and prevention, which will subsequently lead to minimizing the frequency of their development and reducing the degree of damage caused. Understanding the limitations and possibilities of radiological examination, as well as the important role of the radiologist in the formation of the final diagnosis and the future fate of the patient, can lead to a more thoughtful analysis of radiological images and clinical information and improve the quality of the diagnostic decision-making process.

Литература

1. *Нечаев В.А., Васильев А.Ю.* Подходы к классификации диагностических ошибок в лучевой диагностике: обзор. *Лучевая диагностика и терапия*, 2024, т. 15, 2, с. 19–24. doi:10.22328/2079-5343-2024-15-2-19-24.
2. *Учеваткин А.А., Юдин А.Л., Афанасьева Н.И., Юматова Е.А.* Оттенки серого: как и почему мы ошибаемся. *Медицинская визуализация*, 2020, т. 24, 3, с. 123–145. doi: 10.24835/1607-0763-2020-3-123-145.
3. *Хрисикопулос Х.* Ошибки в лучевой диагностике. Перевод с англ. Под ред. С.П. Морозова. 2021, 248 с.
4. *Abujudeh H.H., Boland G.W., Kaewlai R. et al.* Abdominal and pelvic computed tomography (CT) interpretation: discrepancy rates among experienced radiologists. *Eur Radiol.*, 2010, 20: 1952-1957. doi: 10.1007/s00330-010-1763-1.
5. *Berbaum K.S., Franken E.A.* Commentary: does clinical history affect perception? *Acad Radiol.*, 2006, 13: 402-403. DOI:10.1016/j.acra.2005.11.031.
6. *Berlin L.* Medicolegal-malpractice and ethical issues in radiology. Role of the expert witness. *AJR*, 2014, 204: W371. doi: 10.2214/AJR.19.22687. PMID: 32568582.
7. *Berlin L.* Radiologic errors and malpractice: a blurry distinction. *AJR*, 2007, 189: 517-522. doi: 10.2214/AJR.07.2209. PMID: 17715094.
8. *Berlin L.* Radiologic errors, past, present and future. *Diagnosis*, 2014, Vol. 1, No. 1, pp. 79–84. doi: 10.1515/dx-2013-0012.
9. *Bosmans J.M., Peremans L., De Schepper A.M., Duyck P.O., Parizel P.M.* How do referring clinicians want the radiologists to report? Suggestions from the COVER survey. *Insights Imaging*, 2011, 2: 577-584. doi: 10.1007/s13244-011-0118-z.
10. *Brady A.P.* Error and discrepancy in radiology: inevitable or avoidable? *Insights Imaging*, 2017, 8: 171-182. doi: 10.1007/s13244-016-0534-1.
11. *Brook O.R., O'Connell A.M., Thornton E. et al.* Quality initiatives: anatomy and pathophysiology of errors occurring in clinical radiology practice. *Radio Graphics*, 2010, Vol. 30, No. 5, pp. 1401–1410. doi: 10.1148/rg.305105013.
12. *Bruno M.A.* 256 shades of gray: uncertainty and diagnostic error in radiology. *Diagnosis*, 2017, 4: 149-157. doi.org/10.1515/dx-2017-0006.

13. Bruno M.A., Walker E.A., Abujudeh H.H. Understanding and confronting our mistakes: the epidemiology of error in radiology and strategies for error reduction. *Radiographics*, 2015, 35: 1668-1676. doi: 10.1148/rg.2015150023.
14. Chrysikopoulos H. Basics of MR examinations and interpretation. In: *Clinical MR imaging and physics: a tutorial*. Heidelberg: Springer, 2009, pp. 109—164. DOI:10.1007/978-3-540-78023-6.
15. de Groot J.A.H., Naaktgeboren C.A., Reitsma J.B., Moons K.G.M. Methodological approaches to evaluating new highly sensitive diagnostic tests: avoiding overdiagnosis. *CMAJ*, 2017, 189: E64-8. <https://doi.org/10.1503/cmaj.150999>.
16. Degnan A.J., Ghobadi E.H., Hardy P., Krupinski E., Scali E.P., Stratchko L., Ulano A., Walker E., Wasnik A.P., Auffermann W.F. Perceptual and Interpretive Error in Diagnostic Radiology—Causes and Potential Solutions. *Acad Radiol.*, 2019 Jun, 26(6):833-845. doi: 10.1016/j.acra.2018.11.006. Epub 2018 Dec 14. PMID: 30559033.
17. Del Ciello A., Franchi P., Contegiacomo A., Cicchetti G., Bonomo L., Larici A.R. Missed lung cancer: when, where and why? *Diagn Interv Radiol.*, 2017, 23: 118—126. doi: 10.5152/dir.2016.16187. PMID: 28206951; PMCID: PMC5338577.
18. Donald J.J., Barnard S.A. Common patterns in 558 diagnostic radiology errors. *J Med Imaging Radiat Oncol.*, 2012, 56: 173-178. doi: 10.1111/j.1754-9485.2012.02348.x. PMID: 22498190.
19. Doshi A.M., Kiritsy M., Rosenkrantz A.B. Strategies for avoiding recommendations for additional imaging through a comprehensive comparison with prior studies. *J Am Coll Radiol.*, 2015, 12: 657-663. doi: 10.1016/j.jacr.2014.11.021.
20. Drew T., Evans K., Vo M.L., Jacobson F.L., Wolfe J.M. Informatics in radiology: what can you see in a single glance and how this might guide visual search in medical images? *Radiographics*, 2013, 33: 263-274. doi.org/10.1148/rg.331125023.
21. Eberhardt S.C., Heilbrun M.E. Radiology report value equation. *Radiographics*, 2018, 38: 1888-1896. doi: 10.1148/rg.2018180133. PMID: 30303791.
22. Eisenberg R.L. Should “mature” radiologists be put out to pasture? *Radiographics*, 2016, 36: 937-938. doi.org/10.1148/rg.2016160024.
23. European Society of Radiology. ESR communication guidelines for radiologists. *Insights Imaging*, 2013; 4: 143-146. doi: 10.1007/s13244-013-0218-z.
24. Fitzgerald R. Radiological error: analysis, standard setting, targeted instruction and teamworking. *Eur Radiol.*, 2005, 15: 1760—1767. doi: 10.1007/s00330-005-2662-8.
25. Graber M.L. Taking steps toward a safer future: measures to promote timely and accurate medical diagnosis. *Am J Med.*, 2008, 121 (suppl 5): S43—46. doi: 10.1016/j.amjmed.2008.02.006. PMID: 18440355.
26. Graber M.L. The incidence of diagnostic error in medicine. *BMJ Qual Saf.*, 2013, 22: ii21—27. doi.org/10.1136/bmjqs-2012-001615.
27. Gunderman R.B. The true purpose of a radiology report. *J Am Coll Radiol.*, 2018, 15: 1450. doi: 10.1016/j.jacr.2018.05.035.
28. Hendrick R.E. Obligate overdiagnosis due to mammographic screening: a direct estimate for US women. *Radiology*, 2018, 287: 391—397. doi: 10.1148/radiol.2017171622.
29. Heriot G.S., McKelvie P., Pitman A.G. Diagnostic errors in patients dying in hospital: radiology’s contribution. *J Med Imaging Radiat Oncol.*, 2009, 53: 188—193. doi.org/10.1111/j.1754-9485.2009.02065.x
30. Javitt M.C. Breast cancer screening — what now, and what next? *AJR*, 2018, 210: 239—240. doi: 10.2214/AJR.17.18800. PMID: 29355402.
31. Itri J.N., Tappouni R.R., McEachern R.O. et al. Fundamentals of diagnostic error in imaging. *Radio Graphics*, 2018, Vol. 38, No.6, pp. 1845–1865. doi: 10.1148/rg.2018180021.
32. Jenniskens K., de Groot J.A.H., Reitsma J.B., Moons K.G.M., Hooft L., Naaktgeboren C.A. Overdiagnosis across medical disciplines: a scoping review. *BMJ Open*, 2017, 7(12): e018448. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-018448>.
33. Horton K.M., Johnson P.T., Fishman E.K. MDCT of the abdomen: common misdiagnoses at a busy academic center. *AJR*, 2010, 194: 660–667. doi: 10.2214/AJR.09.3280. PMID: 20173142.

34. *Kabadi S.J., Krishmaraj A.* Strategies for improving the value of the radiology report: a retrospective analysis of errors in formally over-read studies. *J Am Coll Radiol.*, 2017, 14: 459-466. doi: 10.1111/j.1754-9485.2012.02348.x. PMID: 22498190.
35. *Khan R., Nael K., Erly W.* Acute stroke imaging: what clinicians need to know. *Am J Med.*, 2013, 126: 379-386. doi: 10.1016/j.amjmed.2012.11.014.
36. *Kim Y.W., Mansfield L.T.* Fool me twice: delayed diagnoses in radiology with emphasis on perpetuated errors. *AJR*, 2014, 202: 465–470. doi: 10.2214/AJR.13.11493.
37. *Kumbhar S.S., O'Malley R.B., Robinson T.J. et al.* Why thyroid surgeons are frustrated with radiologists: lessons learned from pre- and postoperative US. *Radiographics*, 2016, 36: 2141—2153. doi: 10.1148/rg.2016150250.
38. *Kundel H.L.* Visual search and lung nodule detection on CT scans. *Radiology*, 2015, 274: 14-16. DOI:10.1148/radiol.14142247.
39. *Kundel H.L., Nodine C.F.* Interpreting chest radiographs without visual search. *Radiology*, 1975, 116: 527-532. doi: 10.1148/116.3.527.
40. *Kundel H.L., Nodine C.F., Krupinski E.A., Mello-Thoms C.* Using gaze-tracking data and mixture distribution analysis to support a holistic model for the detection of cancers on mammograms. *Acad Radiol.*, 2008, 15: 881–886. doi: 10.1016/j.acra.2008.01.023. PMID: 18572124.
41. *Lakhman Y., D'Anastasi M., Micco M. et al.* Second-opinion interpretations of gynecologic oncologic MRI examinations by sub-specialized radiologists influence patient care. *Eur Radiol.*, 2016, 26: 2089-2098. doi: 10.1007/s00330-015-4040-5.
42. *Lauritzen P.M., Andersen J.G., Stokke M.V. et al.* Radiologist-initiated double reading of abdominal CT: retrospective analysis of the clinical importance of changes to radiology reports. *BMJ Qual Saf.*, 2016, 25: 595-603. doi: 10.1136/bmjqs-2015-004536.
43. *Lauritzen P.M., Stavern K., Andersen J.G. et al.* Double reading of current chest CT examinations: clinical importance of changes to radiology reports. *Eur J Radiol.*, 2016, 85: 199—204. doi: 10.1016/j.ejrad.2015.11.012.
44. *Leslie A., Jones A. J., Goddard P.R.* The influence of clinical information on the reporting of CT by radiologists. *BrJ Radiol.*, 2000, 73: 1052—1055. doi: 10.1259/bjr.73.874.11271897. PMID: 11271897.
45. *Makary M.A., Daniel M.* Medical error—the third leading cause of death in the US. *BMJ*, 2016, 353:12139. doi.org/10.1136/bmj.i2139.
46. *Marshall R.A., Weaver M.L., Sodickson A., Khurana B.* Periprosthetic fractures in the emergency department: what the orthopedic surgeon wants to know. *Radiographics*, 2017, 37: 1202-1217. doi: 10.1148/rg.2017160127.
47. *Merritt B.A., Henry T.S., Cha S. et al.* Tailoring radiology resident education using aggregated missed-cases data. *J Am Coll Radiol.*, 2018, 15: 1013—1035. doi: 10.1016/j.jacr.2018.03.044.
48. *Monticciolo D.L., Helvie M.A., Hendrick R.E.* Current issues in the overdiagnosis and overtreatment of breast cancer. *AJR*, 2018, 210: 285—291. doi: 10.2214/AJR.17.18629.
49. *Morgan B., Stephenson J.A., Griffin Y.* *Clin Radiol.*, 2016, 71: 1083—1094. doi.org/10.1016/j.crad.2016.07.001.
50. *Morozov S., Guseva E., Ledikhova N., Vladzimirsky A., Safronov D.* Telemedicine-based system for quality management and peer review in radiology. *Insights Imaging*, 2018 Jun, 9 (3): 337—341. doi: 10.1007/s 13244-018- 0629-y.
51. *Muhm J.R., Miller W.E., Fontana R.S. et al.* Lung cancer detected during a screening program using four-month chest radiographs. *Radiology*, 1983, Vol. 148, pp. 609–615. doi: 10.1148/radiology.148.3.6308709.
52. *Newman-Toker D.* A unified conceptual model for diagnostic errors: underdiagnosis, overdiagnosis, and misdiagnosis. *Diagnosis*, 2014, 1:43—48. doi: 10.1515/dx-2013-0027.
53. *Owens E.J., Taylor N.R., Howlett D.C.* Perceptual type error in everyday practice. *Clin Radiol.*, 2016, 71:593-601. doi.org/10.1016/j.crad.2015.11.024.
54. *Palazzetti V., Guidi E., Ottaviani L., Valeri G., Baldassarre S., Giusepette GM.* Analysis of mammographic diagnostic errors in breast clinics. *Radiol Med.*, 2016, 121: 828—833. doi.org/10.1007/s11547-016-0655-0.

55. *Patra A., Premkumar M., Keshava S. N. et al.* Radiology reporting errors: learning from report addenda. *Indian J. Radiol. Imaging*, 2021, Vol. 31, No. 2, pp. 333–344. doi: 10.1055/s-0041-1734351.
56. *Pinto A., Brunese L.* Spectrum of diagnostic errors in radiology. *World J Radiol.*, 2010, 2: 377-383. doi.org/10.4329/wjr.v2.i10.377.
57. *Pinto A., Scuderi M.G., Daniele S.* Errors in radiology: definition and classification. In: Romano L., Pinto A., editors. *Errors in radiology*. Heidelberg: Springer, 2012, pp. 1–7. DOI:10.1007/978-88-470-2339-0_1.
58. *Provenzale J.M., Kranz P.G.* Understanding errors in diagnostic radiology: proposal of a classification scheme and application to emergency radiology. *Emerg Radiol.*, 2011, 18: 403–438. doi: 10.1007/s10140-011-0974-3.
59. *Renfrew D.L., Franken E.A., Berbaum K.S. et al.* Error in radiology: classification and lessons in 182 cases presented at a problem case conference. *Radiology*, 1992, Vol. 183, pp. 145–150. doi: 10.1148/radiology.183.1.1549661.
60. *Robinson P.J., Wilson D., Coral A., Murphy A., Verow P.* Variation between experienced observers in the interpretation of accident and emergency radiographs. *Br J Radiol.*, 1999, 72: 323-330. doi.org/10.1259/bjr.70.839.9536897.
61. *Rosenkrantz A.B., Bansal N.K.* Diagnostic errors in abdominopelvic CT interpretation: characterization based on report addenda. *Abdom Radiol.*, 2016, 41: 1793–1799. doi: 10.1007/s00261-016-0741-8. PMID: 27108129.
62. *Sabih D.E., Sabih A., Sabih Q., Khan A.N.* Image perception and interpretation of abnormalities; can we believe our eyes? Can we do something about it? *Insights Imaging*, 2011, 2: 47-55. doi.org/10.1007/s13244-010-0048-1.
63. *Samei E., Krupinski E.* *The handbook of medical image perception and techniques*. Cambridge, England: Cambridge University Press, 2018, p. 522 <https://doi.org/10.1017/9781108163781>.
64. *Sheridan H., Reingold E.M.* The holistic processing account of visual expertise in medical image perception: a review. *Front Psychol.*, 2017, 8: 1620. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01620>.
65. *Stewart B., Sosna J., McNamara A., Raptopoulos V., Kruskal J.B.* Missed lesions at abdominal oncologic CT: lessons learned from quality assurance. *Radiographics*, 2008, 28: 623-638. doi: 10.1148/rg.283075188. PMID: 18480475.
66. *Tchoyoson C.C., Nadarajah M.* System-based imaging pitfalls: brain. In: Peh W.C.G., editor. *Pitfalls in diagnostic radiology*. Heidelberg: Springer, 2015, pp. 217–245.
67. *Van Meeuwen L.W., Jarodzka H., Brand-Gruwel S., Kirschner P.A., de Bock J.J.P.R., van Merriënboer J.J.G.* Identification of effective visual problem solving strategies in a complex visual domain. *Learn Instr.*, 2014, 32: 10–21. doi.org/10.1016/j.learninstruc.2014.01.004?
68. *Vancauwenberghe T., Snoeckx A., Vanbeckevoort D., Dymarkowski S., Vanhoenacker F.M.* Imaging of the spleen: what the clinician needs to know. *Singap Med J.*, 2015, 56: 133-144. doi: 10.11622/smedj.2015040. PMID: 25820845; PMCID: PMC4371192.
69. *vanderGijp A., Ravesloot C. J., Jarodzka H., et al.* How visual search relates to visual diagnostic performance: a narrative systematic review of eye-tracking research in radiology. *Adv Health Sci Educ Theory Pract.*, 2017, 22: 765–787. doi: 10.1007/s10459-016-9698-1.
70. *Waite S., Grigorian A., Alexander R.G et al.* Analysis of perceptual expertise in radiology — current knowledge and a new perspective. *Front. Hum. Neurosci.*, 2019, Vol. 13, p. 213, doi: 10.3389/fnhum.2019.00213.
71. *Waite S., Scott J., Gale B., Fuchs T., Kolla S., Reede D.* Interpretive error in radiology. *AJR*, 2017, 208: 739-749. doi: 10.2214/AJR.16.16963.
72. *Ware J.B., Saurabh J., Hoang J.K., Baker S., Wruble J.* Effective radiology reporting. *J Am Coll Radiol.*, 2017, 14: 838-839. doi: 10.1016/j.jacr.2017.01.045.
73. *Wieschhoff G.G., Sheehan S.E., Wortman J.R. et al.* Traumatic finger injuries: what the orthopedic surgeon wants to know. *Radiographics*, 2016, 36: 1106-1128. doi: 10.1148/rg.2016150216. PMID: 27399238.
74. *Wolfe J.M., Evans K.K., Drew T., Aizenman A., Josephs E.* How do radiologists use the human search engine? *Radiat Prot Dosim.*, 2016, 169: 24–31. doi: 10.1093/rpd/ncv501.

75. Wu C.C., Korashadi L., Abbott G.F., Gilman M.D. Common blind spots on chest CT: where are they all hiding? Part 1 — airways, lungs and pleura. *AJR*, 2013, 201: W533-588. doi: 10.2214/AJR.12.9354. PMID: 24059389.
76. Wu M.Z., McInnes M.D., Macdonald D.B., Kielar A.Z., Duigenan S. CT in adults: systematic review and meta-analysis of interpretation discrepancy rates. *Radiology*, 2014, 270: 717—735. doi.org/10.1148/radiol.13131114.
77. Zwaan L., Singh H. The challenges in defining and measuring diagnostic error. *Diagnosis*, 2015, 2:97-103. doi: 10.1515/dx-2014-0069.