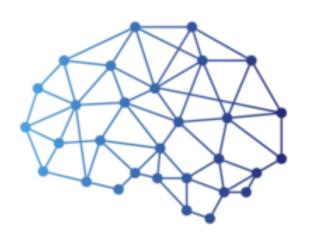


Каково место искусственного интеллекта в онкологическом скрининге?

Виктор Александрович Гомболевский

к.м.н., врач-рентгенолог, руководитель отдела развития качества радиологии ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», глава комитета по искусственному интеллекту МРО РОРР, доцент кафедры лучевой диагностики EMC Medical School.

Содержание:



- 1. Какие предпосылки?
- 2. Почему ИИ?
- 3. Какие задачи?
- 4. Что останавливает ИИ?
- 5. Тренды разработок
- 6. Наш опыт
- 7. Перспективы



Какие предпосылки для онкоскрининга?

Мировая статистика смертности



- 1. сердечная недостаточность
- 2. рак **22% (8,8 млн. смертей/год)**
- 3. заболевания легких
- 4. диабет

^{*}Countries start to act on noncommunicable diseases but need to speed up efforts to meet global commitments - WHO, 18.07.2016

Какие предпосылки для онкоскрининга?

Мировая статистика смертности



- 1. сердечная недостаточность
- 2. рак **22% (8,8 млн. смертей/год)**
- 3. заболевания легких
- 4. диабет

Результаты научных исследований



Доказано на 53,454 чел: The National Lung Screening Trial

Reduced Lung-Cancer Mortality with Low-Dose Computed Tomographic Screening. N Engl J Med 2011; 365:395-409

^{*}Countries start to act on noncommunicable diseases but need to speed up efforts to meet global commitments - WHO, 18.07.2016

Какие предпосылки для онкоскрининга?

Мировая статистика смертности



- 1. сердечная недостаточность
- 2. рак 22% (8,8 млн. смертей/год)
- 3. заболевания легких
- 4. диабет

*Countries start to act on noncommunicable diseases but need to speed up efforts to meet global commitments - WHO, 18.07.2016

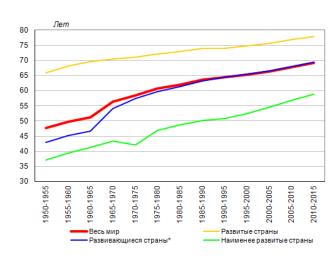
Результаты научных исследований



Доказано на 53,454 чел: The National Lung Screening Trial

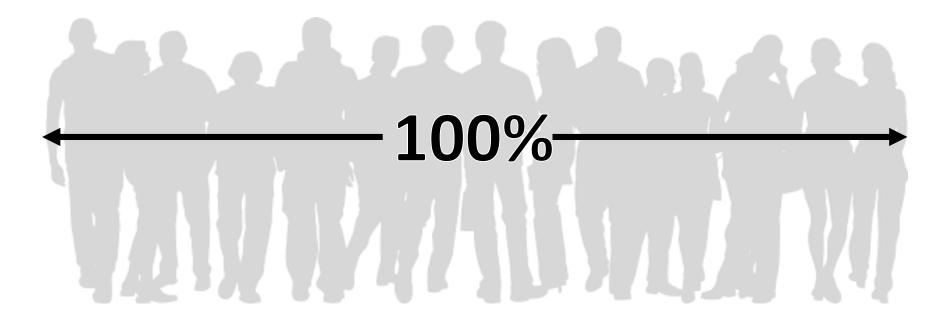
Reduced Lung-Cancer Mortality with Low-Dose Computed Tomographic Screening. N Engl J Med 2011; 365:395-409

Люди стали жить дольше



http://www.demoscope.ru/weekly/2011/0485/barom02.php

В РФ >50 тыс. новых раков легкого в год

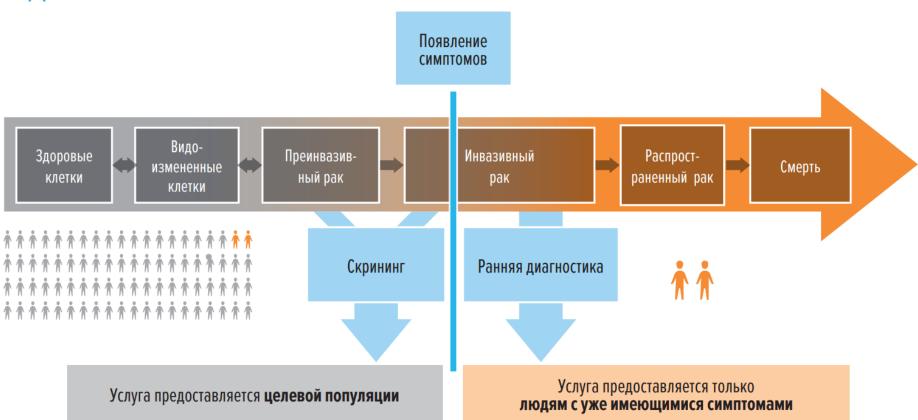


Летальность в течение года





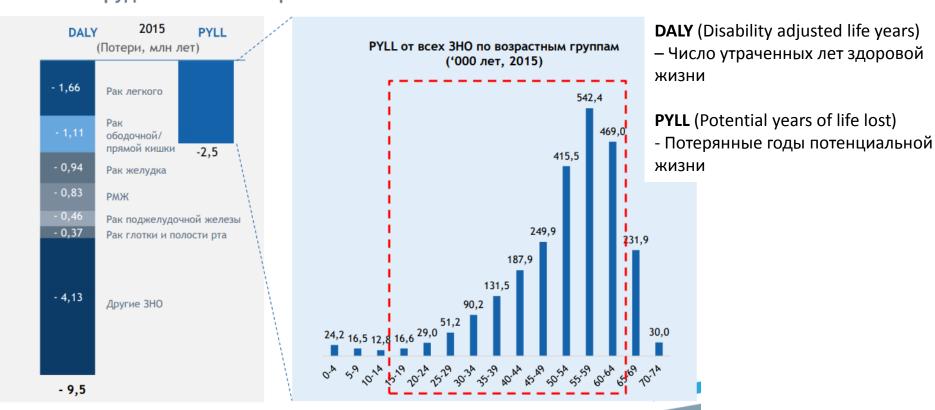
Отличие скрининга от ранней диагностики



^{*} Всемирная Организация Здравоохранения. Руководство по ранней диагностике рака. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272264/9789244511947-rus.pdf



DALY от 3HO в России насчитывает 9.5 млн лет, что составляет 6,6% от DALY из-за всех причин смертности и нетрудоспособности PYLL составляет 2.5 млн лет в год с преобладанием потерь в трудоспособном возрасте

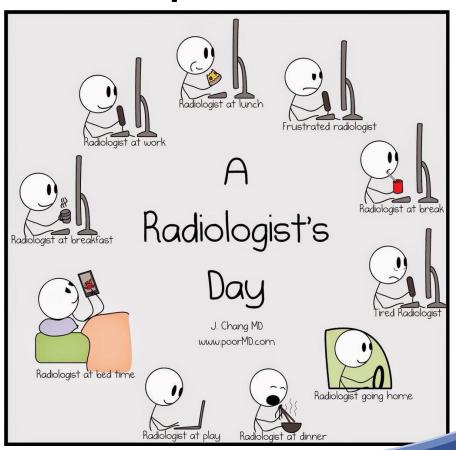


Примечание: в настоящее время данные BO3 по DALY доступны за 2015 год. Исходя из этого, все расчеты выполнены для 2015 года. DALY - disability adjusted life years годы потерянной жизни, скорректированные по нетрудоспособности; PYLL - potential years of life lost - потерянные годы потенциальной жизни Источник: BO3, анализ Центра исследований экономики и управления в здравоохранении СКОЛКОВО

Центр исследований экономики и управления в здравоохранении СКОЛКОВО

Какие предпосылки для ИИ в скрининге?

- 1. «Цунами цифровых данных»
- 2. Потребность в экономической эффективности
- 3. Тренд на экспансию превентивной медицины
- 4. Тренд на автоматизацию процессов
- 5. Неэффективное использование врачей в скрининге (большинство исследований являются нормой).
- 6. Диспропорциональное увеличение количества исследований по сравнению с врачами-рентгенологами
- 7. Нарастание требовательности пациентов к качеству с волной юридических процессов.
- 8. Потребность в ускорении получения результатов («горячие пирожки»)
- 9. САД развиваются с 1970 года
- 10. Наибольшие средства ИИ вложены именно в медицину





Почему ИИ нужен именно для онкоскрининга?

Особенности скрининга рака легкого	Потребности
Популяционный скрининг - это дорого!	Автоматизация – путь к экономической эффективности
Одинаковые исследования	Стандартизация исследований
Одинаковые задачи	Стандартизация интерпретации
Большинство являются нормой	Снижение вероятности пропуска патологии и ложноположительных результатов
Категоричные принятие решений	Создание «дерева алгоритмов»
Быстрые исследования	Быстрое принятие решений по всему исследованию
Наиболее полное количество вариантов патологических процессов всех стадий	Поиск новых превентивных инструментов из BIGDATA

Московский скрининг рака легкого 2017-2018гг

Человек в группе риска

Ультра-НДКТ

пэт/кт

Биопсия под контролем КТ

Верификация

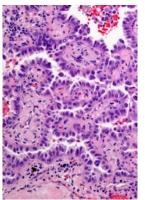
Лечение













Нет жалоб

>55 лет >30 п/л

Очаг LungRADS 4

HeT mts

Биоматериал

Аденокарцинома

Удаление



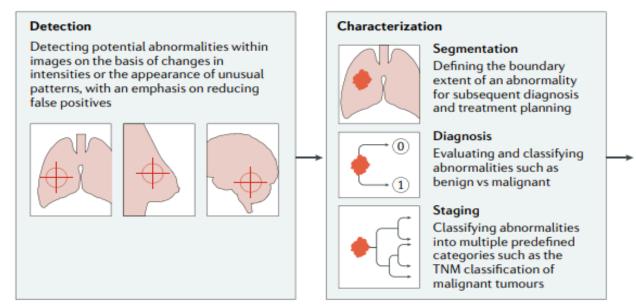


Detection Detecting potential abnormalities within images on the basis of changes in intensities or the appearance of unusual patterns, with an emphasis on reducing false positives

+ view detection, protocolling, anatomy detection, image reconstruction, abnormality detection

Hosny A, Parmar C, Quackenbush J, Schwartz LH, Aerts HJWL. Artificial intelligence in radiology. Nat Rev Cancer. 2018 May 17.

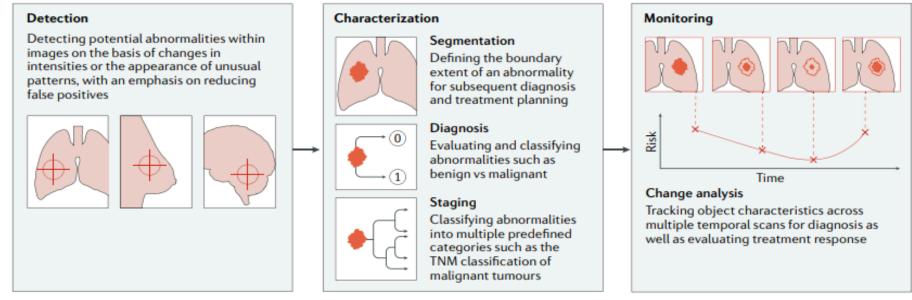




+ view detection, protocolling, anatomy detection, image reconstruction, abnormality detection

Hosny A, Parmar C, Quackenbush J, Schwartz LH, Aerts HJWL. Artificial intelligence in radiology. Nat Rev Cancer. 2018 May 17.





+ view detection, protocolling, anatomy detection, image reconstruction, abnormality detection

Hosny A, Parmar C, Quackenbush J, Schwartz LH, Aerts HJWL. Artificial intelligence in radiology. Nat Rev Cancer. 2018 May 17.



Давайте попробуем идти не от того что мы можем,



Давайте попробуем идти не от того что мы можем, а от того, что нужно...



Давайте попробуем идти не от того что мы можем, а от того, что нужно...

от проблем





- Пациент и родственники
- Направляющий врач
- Медсестра
- Рентгенолаборант
- Рентгенолог
- Радиолог
- Онколог
- Торакальный хирург
- Химиотерапевт
- Лучевой терапевт
- Патолог



- Пациент и родственники
- Направляющий врач
- Медсестра
- Рентгенолаборант
- Рентгенолог
- Радиолог
- Онколог
- Торакальный хирург
- Химиотерапевт
- Лучевой терапевт
- Патолог

- Коллцентр
- Администраторы скрининга
- Сотрудники маркетинга
- Аудиторы скрининга
- Аналитики
- Сотрудники страховых организаций и другие.





Для пациента:

• Индивидуальный подход



- Индивидуальный подход
- Экономия времени



- Индивидуальный подход
- Экономия времени
- Уверенность в качестве



- Индивидуальный подход
- Экономия времени
- Уверенность в качестве
- Безопасность



Для пациента:

- Индивидуальный подход
- Экономия времени
- Уверенность в качестве
- Безопасность



Для пациента:

- Индивидуальный подход
- Экономия времени
- Уверенность в качестве
- Безопасность

Для рентгенолога:

• Фокусировка внимания врача



Для пациента:

- Индивидуальный подход
- Экономия времени
- Уверенность в качестве
- Безопасность

- Фокусировка внимания врача
- Экономия времени врача



Для пациента:

- Индивидуальный подход
- Экономия времени
- Уверенность в качестве
- Безопасность

- Фокусировка внимания врача
- Экономия времени врача
- Повышение качества изображений



Для пациента:

- Индивидуальный подход
- Экономия времени
- Уверенность в качестве
- Безопасность

- Фокусировка внимания врача
- Экономия времени врача
- Повышение качества изображений
- Снижение количества ошибок



Второстепенные задачи для ИИ в скрининге рака



Второстепенные задачи для ИИ в скрининге рака

• Выявления граждан для скрининга рака легкого (первичного или повторного);



Второстепенные задачи для ИИ в скрининге рака

- Выявления граждан для скрининга рака легкого (первичного или повторного);
- приглашение граждан (онлайн общение);



- Выявления граждан для скрининга рака легкого (первичного или повторного);
- приглашение граждан (онлайн общение);
- автоматическое составление расписаний;



- Выявления граждан для скрининга рака легкого (первичного или повторного);
- приглашение граждан (онлайн общение);
- автоматическое составление расписаний;
- «второе мнение» и аудит;



- Выявления граждан для скрининга рака легкого (первичного или повторного);
- приглашение граждан (онлайн общение);
- автоматическое составление расписаний;
- «второе мнение» и аудит;
- дополнительные цели в скрининге рака;



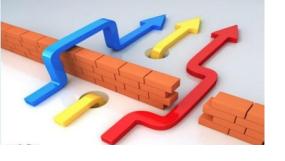
- Выявления граждан для скрининга рака легкого (первичного или повторного);
- приглашение граждан (онлайн общение);
- автоматическое составление расписаний;
- «второе мнение» и аудит;
- дополнительные цели в скрининге рака;
- система поощрений для участия в скрининге (Китай);



- Выявления граждан для скрининга рака легкого (первичного или повторного);
- приглашение граждан (онлайн общение);
- автоматическое составление расписаний;
- «второе мнение» и аудит;
- дополнительные цели в скрининге рака;
- система поощрений для участия в скрининге (Китай);
- поиск новых биомаркеров



- Выявления граждан для скрининга рака легкого (первичного или повторного);
- приглашение граждан (онлайн общение);
- автоматическое составление расписаний;
- «второе мнение» и аудит;
- дополнительные цели в скрининге рака;
- система поощрений для участия в скрининге (Китай);
- поиск новых биомаркеров и другие.



Что останавливает ИИ в скрининге рака?



Что останавливает ИИ в скрининге рака?

Страх, неопределенность и сомнения врачей

Отсутствие результатов работы ИИ в реальной практике (а не в научных исследованиях)

Этические проблемы

Регистрация ИИ как медицинских изделий

Отсутствие официальных кодов в здравоохранении для МКБ-10 / SNOMED СТ и др.

Сколько стоит ИИ и кто платит (МО; пациент)?

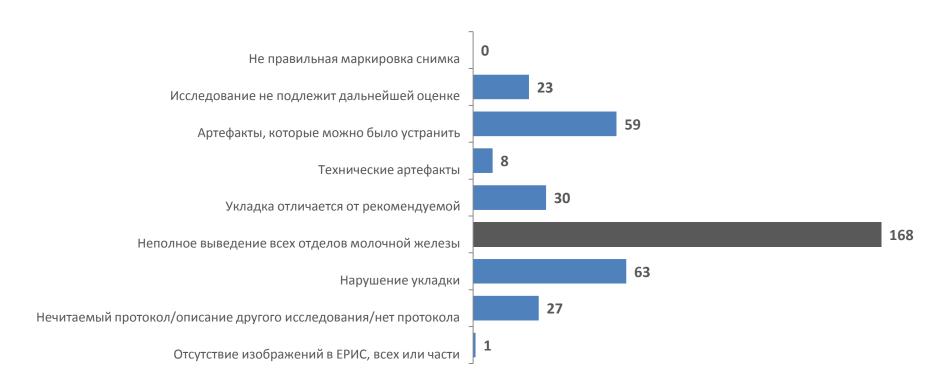
Анонимизация данных (облачная обработка данных)

нацелен на одну задачу, а задач много

Угроза повышения нагрузки на IT-систему (PACS)

Ошибки проведения маммографии (март-май 2017)

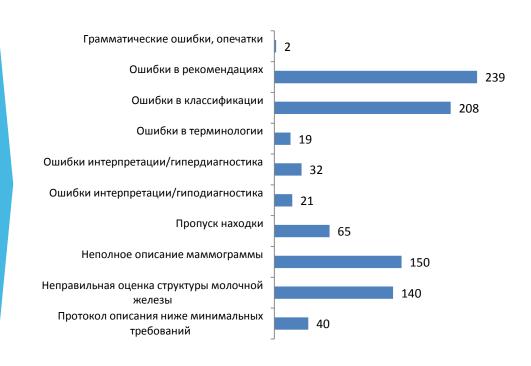
23 маммографа: из 584 исследований 50% с ошибками



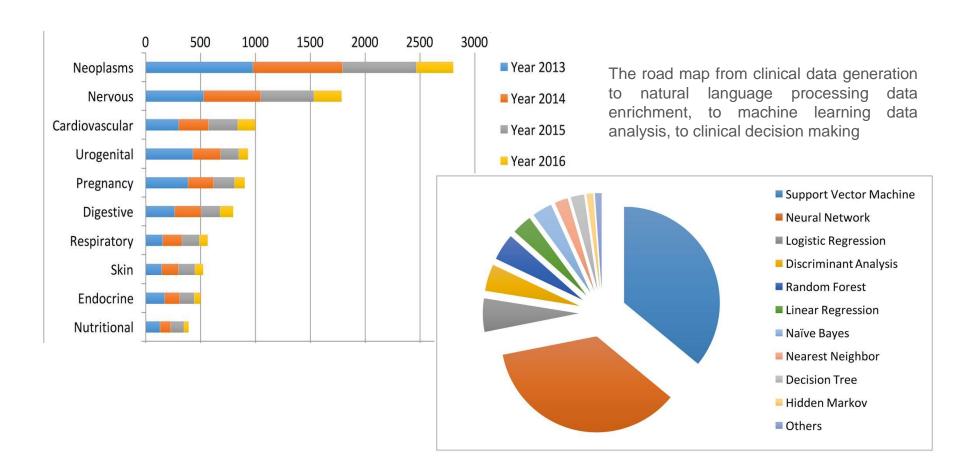
Ошибки в описании маммографии (март-май 2017)

Из 584 исследований 7% с клиническими значимыми расхождениями

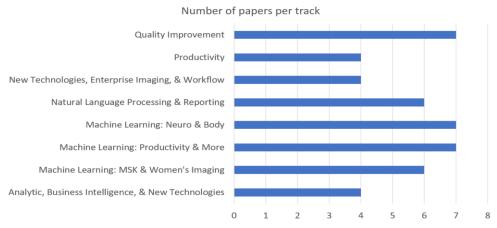


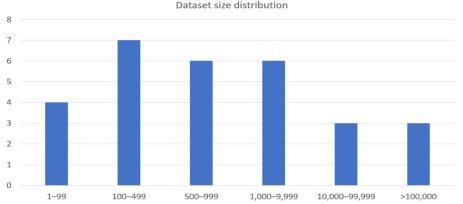


Daniel Forsberg



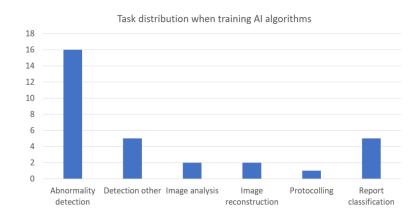
Какие должны быть выборки для обучения ИИ?





Daniel Forsberg





Изменение класса FDA для CAD систем со Class III на Class II





FDA Class III (February 13, 2018)

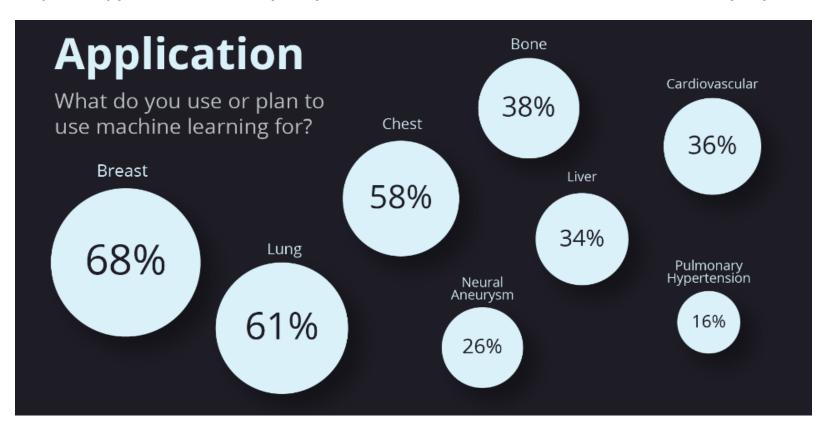


FDA: "Risk of false-positive results and false-negative results can be mitigated by demonstrating, through clinical performance assessment (e.g., reader studies), that reader performance improves when using the medical image analyzer."

Class	Risks to the patient's health when using the device	Examples	Description
Ш	High (Life-sustaining, life-supporting)	stents	Premarket approval – PMA Evidence of safety and effectivtness
П	Medium	CT scanner	Premarket notification – 510k. Evidence of substantial equivalence. +/- clinical data
I	Low (not life-sustaining, life-supporting)	medical gloves, bandages	Listing or premarket notification – 510k

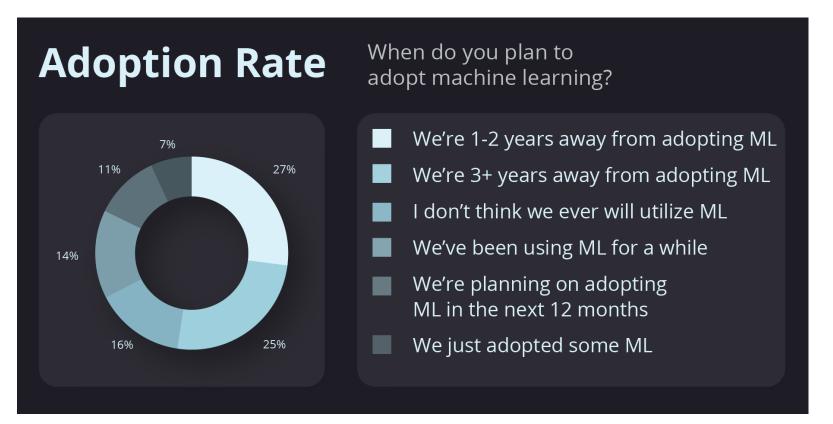
Какие планы у заведующих на счет ИИ в скрининге рака?

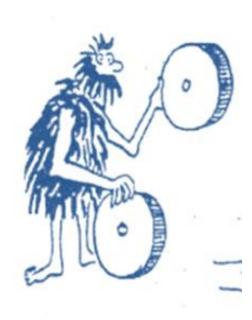
Опрос 133 руководителей центров лучевой диагностики об их отношении к машинному обучению.

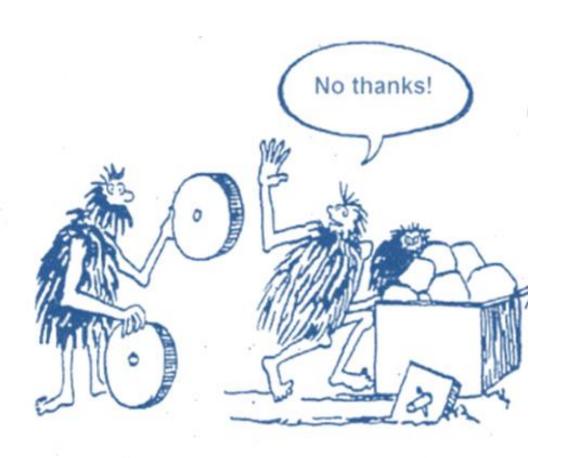


Какие планы у заведующих на счет ИИ в скрининге рака?

Опрос 133 руководителей центров лучевой диагностики об их отношении к машинному обучению.













Сегодня скрининг в Москве это -

Проекты скрининга рака



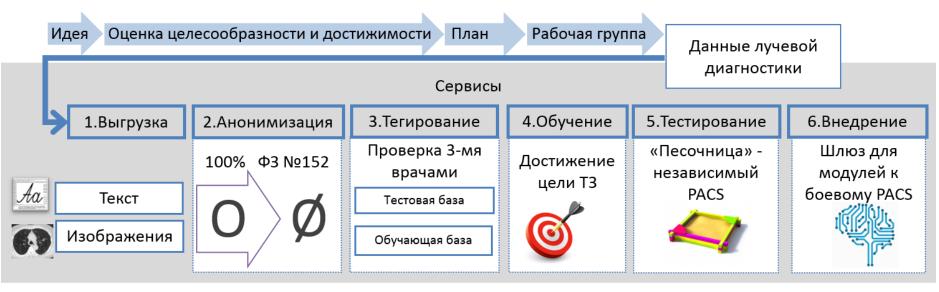
Связанные проекты



- ✓ Раннее выявление онкологических и других заболеваний
- ✓ Путь к сохранению и улучшению качества жизни онкопациентов
- ✓ Создание инфраструктуры здравоохранения будущего
- Уменьшение финансовой нагрузки на систему здравоохранения
- ✓ Снижение общей смертности

Искусственный интеллект в лучевой диагностике

Цель: Повышение скорости и качества работы лучевой диагностики



Очаги в НДКТ легких для скрининга рака легкого



Находки при маммографии для скрининга РМЖ



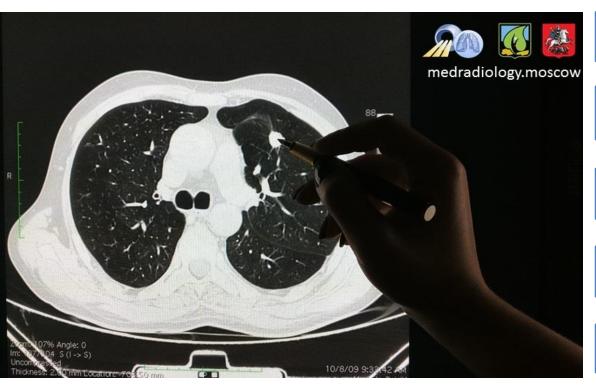
Анализ текста протоколов исследований



...и другие 26 задач

Разметка 5000 KT-исследований легких

для обучения искусственного интеллекта

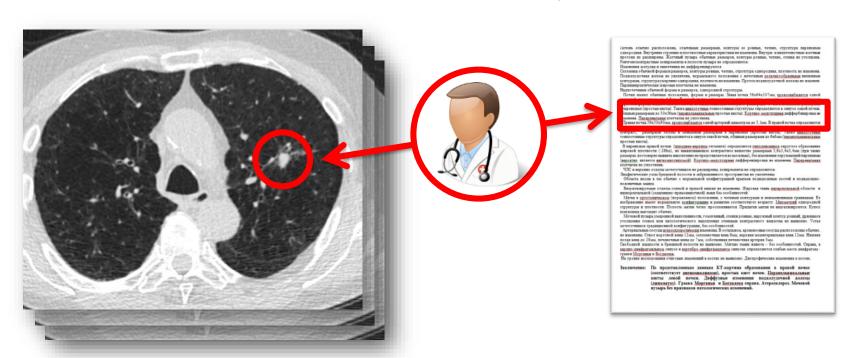




города Москвы

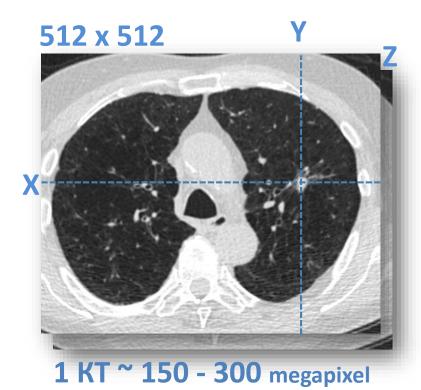
Для обучения нейронных сетей нужны качественные данные от экспертов.

Врач-рентгенолог как «переводчик»: ЧТО написано и ГДЕ это на изображении



Маркировка радиологических данных.

В протоколе описания «XYZ» нет. Необходим повторный анализ.



В стандартном протоколе рентгенолога есть:

- Топографо-анатомическая локализация
- Количество
- Размеры
- Структура
- Контуры
- Васкуляризация
- Окружение

одноредная. Вистрение строинее и плотностици нарактиристики не изделения. Вистре- и внепоченочные желуны протови не распирены. Желчный пущрь обычных размеров, кентуры розные, четкие, стенка не утолизна Режитемованитовствые комплементы в полости пункля не определяются иевення желудка и кишечника не дифференцируются.

етезовка обычной формы и размеров, контуры розмые, четкие, структура однородная, илетизоть не изменена оджатурочная жатым на уветичена, нерыдумого положения с начативым дольчагообранным винивной DAMESTINATURALES NUMBER STOTTSTEE IN BUSINESSE. Іадпочечники обычной формы и размеров, однородной структуры.

Почин мынкот обычные положения, формы и разверы. Левая почка 56х64х107мм, крануский кактем одной артерний дишьетрым до 4,5км. В давей почка опредалляется гакодопланици участия с четамии контурами в пареживне (простые кисты). Также анадолочные токосствине структуры определнося в сикусе лекой почин. паерами до 30х 36мм (парятельванияльные простые кисты). Кертико-медултирных диффербикировка ис еменням. Параренальная клетчатая не уплотивня. Правая почна 59x50x90мм, кревосняй катед одной артерияй диаметром до 5, імм. В правой почна определяют

иподенсивные участки с четкими контурами свруглой фермы, видисствой плотвости, не накаплявающие нимтрант, развервани билька и меньалими размерации в пареживые (простые кисты). Также авалогачкаю токкостенквае структуры определяются в скисусе певой почки, общащи размерами до билька (парапельных алькых

кировой плотности (-26bu), не накапливающое контрастное вещество размерами 3,6х3,4х3,4мм (при таких размерах достоверно выявить накопления не представляется во посилько). без изменения окружающей парежина.

UIC и верхине отделы мочеточников не расширены, конкременты не определяются інафатические улім брюшной полости и забрющинного пространства не увеличаны. Область вкола в таз обычно є перыкланей конфигурацияй крыпаев подвалешных костей и подвадешн

Вкоуктимруемые стделы слепой и првыой кипки не изычены. Хировая тялкь парарахтальной области ишноректальной (седалишно-примекишечной) вызк без особенностей.

изображения изоет перматыную канфитурацию и развитие соответствует вельсту. Мизметрий одисредней структуры и плотиости. Полость матки четко прослеживается. Придатки матки не визуализируются. Купол агалиша выглядит объевно.

Мочевой пунарь умеренией наполнянности, гомогонный, стоим розиме, наружный контур розими, дриннагов рчеточников традиционной конфигурации, без особенностей.

Артериальные сосуды атеросалиропичным иненены. В остапляны, провенненые сосуды распиложены обычи но изменены. Ствои поротной вены 12мм, селезеночная веня 8мм, верхиля мезентернальная вена 12мм. Няжики полая вена до 28мм, печеночные вены до 7мм, собственная печеночная артерия 3мм Свободней жилкости в брюшной пелести не выяклено. Мяткие ткини живота – без особенностей. Справа, в

марлио-диафрагмальном синусо и вертебро-диафргамальном синуска спределяются спабме места диафрагма.

На уровне меследования очаговых изменений в костях не выявлене. Дистрофические изменения в костях

ваключение: По представлениься данным КТ-картина образования в правой почке (соответствует ангиомиолипоме), простых кист почек. Парапельникальные кисты левой почки. Диффузные изменения поджелудочной железы (липонатоз). Граска Морганая и Богдалека справа, Атеросклероз, Мочевой

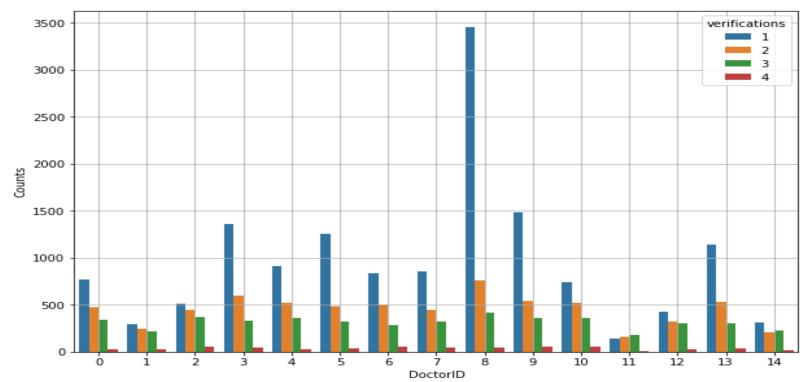
Результаты разметки

			10 10 10 10 10 10 10 10	The second secon	10 10 10d Val 4	20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 2			
Doctor ID = 005 Study ID AGFA000000006173	X(1)		Z(1) 299	Size(1) Type	e(1) Exp	ert(1	Врачей-рентгенологов	15 человек	
AGFA0000000006640	104		15				' '		
AGFA000000008477	329	242	47	7 п				_	
AGFA000000008906	0	0	0	0	0		Всего очагов (в 600 исследованиях) 187		
AGFA000000009790	0	0	0	0	0				
AGFA000000010708	170		50				Всего очагов (в 200 исследованиях)		
AGFA000000011426	180		82			_	всего очагов (в 200 исследованиях)	625	
AGFA000000011614	96		172			_			
AGFA000000013620	70		31			_	Среднее количество очагов, которое разметил один		
AGFA000000017720 AGFA000000018760	142 144		118 105				врач в 40 исследованиях	144	
AGFA000000018760 AGFA0000000020378	163		285			_	-		
AGFA000000025378	175		39						
AGFA000000027060	187	-	63				Среднее количество очагов в одном исследовании 3,		
AGFA000000030379	350		103					,	
AGFA000000030526	101		157					!	
AGFA000000031266	178	334	67	29 c					
AGFA000000031447	281	331	281	7 п					

Врачей-рентгенологов	15 человек	
Всего очагов (в 600 исследованиях)	1875	
Всего очагов (в 200 исследованиях)	625	
Среднее количество очагов, которое разметил один врач в 40 исследованиях	144	
Среднее количество очагов в одном исследовании	3,6	

Анализ согласованности врачей

На графике число находок, найденным каждым из 15 врачей, цветом отмечено сколько врачей нашли данную находку (синий – только этот врач нашел, желтый – очаг нашли только два врача).



В открытом доступе база данных для разработчиков



ДИАГНОСТИКА БУДУЩЕГО



РАДИОЛОГИЯ МОСКВЫ ВРАЧАМ И ЗАВЕДУЮЩИМ

。 РУКОВОДСТВУ ЛПУ

СВЕДЕНИЯ ОБ ОБРАЗОВАТЕЛЬНО

• РЕНТГЕНОЛАБОРАНТАМ • СЛУШАТЕЛЯМ • ПРЕСС-ЦЕНТР • КОНТАКТЫ



БАЗА ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ РАЗРАБОТЧИКОВ «ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА»

БАЗА ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ РАЗРАБОТЧИКОВ «ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА»

<u>« Назад</u>

БАЗА ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ РАЗРАБОТЧИКОВ «ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА» 12.07.2018 10:08

Радиология Москвы опубликовала бесплатную базу данных из 500 компьютерных томографий легких с разметкой патологических очагов для обучения медицинских рейросетей. Тегирование каждого изображения выполнено тремя квалифицированными врачами-

нейросетей. Тегирование каждого изображения выполнено тремя квалифицированными врачамирадиологами, независимо друг от друга, а затем утверждено врачом-экспертом. Результатом многомесячной работы команды Радиологии Москвы стала не только обработка огромного объема информации, но и официальное авторское свидетельство о государственной регистрации базы данных.

Скачать базу данных можно по ссылке: /iskusstvennyy-intellekt

500 компьютерных томографий с размеченными узелками в легких и валидированные экспертом

http://medradiology.moscow/novosti-1/news_post/baza-diagnosticheskikhdannykh-dlya-razrabotchikoviskusstvennogo-intellekta





Natural Language Processing (NLP) в аналие текстов 5000 протоколов описания НДКТ в скрининге рака легокго для аудита

```
НДКТ No170-00365 Исследование выполнено ... ь о легкого визуализируется очаговое образование, тесниежащее к медиастинальной плевре ... правого легкого, нице S3 и S4 отмечается единичный очаг уплотнения метром 4 мм. Трахея и ... солидного очага в нижней доле легкого - в соответствии с LungRADS рекомендованиче ... Очаговое уплотнение по малой междолем
```

Техническое задание

Техническое задание (1): Выявление несоответствий описания и заключения протокола

Варианты	Значение
В Описании и Заключении отсутствует триггер	Норма (не найдено нужных соотношений)
В Описании и Заключении присутствует триггер	Есть находки в Описании и Заключении
В Описании указан триггер, в Заключении – нет	Выявлено расхождение
В Заключении указан триггер, в Описании - нет	Выявлено расхождение

Техническое задание

Техническое задание (1): Выявление несоответствий описания и заключения протокола

Варианты	Значение
В Описании и Заключении отсутствует триггер	Норма (не найдено нужных соотношений)
В Описании и Заключении присутствует триггер	Есть находки в Описании и Заключении
В Описании указан триггер, в Заключении – нет	Выявлено расхождение
В Заключении указан триггер, в Описании - нет	Выявлено расхождение

Техническое задание (2):

Проверка рекомендаций LungRADS

LungRADS работает при оценке среднего размера очага, типа очага, роста очага и новых очагов.

Процесс

Задача №1

Первичное обучение ~400 (8%)

Валидация ~400 (8%)

Тестирование ~3000 (60%)

Валидация и дообучение ~3000 (60%)

Те же данные

Задача №2

Первичное обучение ~400 (8%)

Валидация ~400 (8%)

Тестирование ~2000 (40%)

Валидация и дообучение ~2000 (40%)

Тестирование

Тестирование задач №1+ №2 новые ~2000 (40%)

Оценка k = 0.95



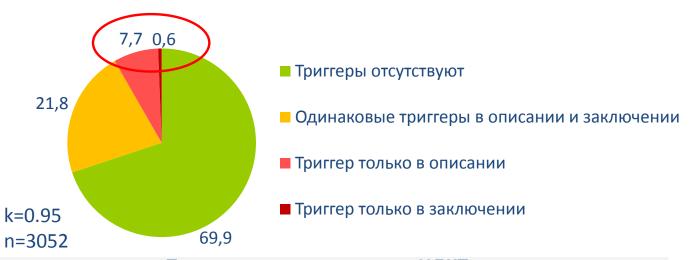






Задача 1:

Выявление несоответствий в протоколах описания НДКТ скрининга рака легкого



Триггер только в описании НДКТ

REPORT (-1).PDF Тест ОПИСАНИЕ Исследование в проекте НДКТ No00 Исследование выполнено по низкодозовому протоколу. Определяется очагразмерами до 20мм в S3 справа, в остальном легкие без очаговых и инфильтративных изменений. Признаки парасептальной эмфиземы. В базальных отделах левого лёгко наличие булл максимальными размерами 23.5x12.6мм. Трахея и крупные бронхи проходимы, уплотнены. Плеврального выпота не выявлено. Средостение не расширено. Фрагментарный кальциноз в коронарных артериях и аорте. ЗАКЛЮЧЕНИЕ КТ- картина без очаговых и инфильтративных изменений.

Задача 2:

проверка рекомендаций LungRADS



REPORT (79). PDF AGFA000000972691 65 Исследование в проекте НДКТ No170-00365 Исследование выполнено ... В S8 левого легкого визуализируется очаговое образование, тесно прилежащее к медиастинальной плевре ... правого легкого, на границе S3 и S4 отмечается единичный очаг уплотнения диаметром 4 мм. Трахея и ... солидного очага в нижней доле левого легкого - в соответствии с LungRADS рекомендовано проведение ... Очаговое уплотнение по малой междолевой плевре правого легкого.

REPORT (9).PDF \ грудной полости ІЯ ■ ОПИСАНИЕ Исследование в проекте НДКТ No005-249 Исследование ... Определяются единичные субплевральные очаги до 3мм справа, без инфильтративных изменений. Трахея и ... ЗАКЛЮЧЕНИЕ Единичные очажки в правом легком,вероятнее, фиброзного характера. Рекомендовано ...

Создание словарей **сущностей** из Т3 и нахождение их в протоколах

Анализ **контекста** вокруг этих сущностей и пополнение словарей на его основании

Сводные результаты

настройки когнитивной системы обработки естественного языка для НДКТ протоколов скрининга рака легкого

Тип сущности	Количество уникальных значений	Количество протоколов, в которых выявлены сущности
Потенциальные очаги	7	4799 (95,08 %)
Новый контекст	72	5027 (99,06 %)
Узелки в легких	7	1690 (33,48 %)
Свойства очагов	429	1690 (33,48 %)
Рекомендации	43	3936 (77,99 %)
Нерелевантные узелки	33	4144 (82,11 %)
LungRADS классы 3, 4A, 4B	3	350 (6,93 %)
Выявление несоответствий описания и заключения	4	4830 (95,70%)
Общее кол-во протоколов НДКТ	-	5047 (100%)

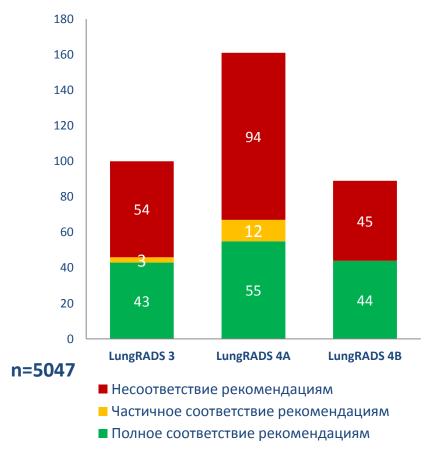
Взаимный анализ LungRADS и рекомендаций

Параметры	Неклассифицированные протоколы с узелками	LungRADS 3	LungRADS 4A	LungRADS 4B
Всего протоколов найденной категории. Из них:	1340 (26,55 %)	100 (1,98 %)	161 (3,19 %)	89 (1,76 %)
Всего протоколов с рекомендациями	1164 (23,06 %)	90 (1,78 %)	148 (2,93 %)	75 (1,49 %)
НДКТ через 12 месяцев*	521 (10,32 %)	15 (0,3 %)	8 (0,16 %)	2 (0,04 %)
НДКТ через интервал, включающий 12 месяцев*	18 (0,35 %)	1 (0,02%)	0	0
НДКТ через 6 месяцев*	275 (5,45 %)	45 (0,89 %)	48 (0,95 %)	6 (0,12 %)
НДКТ через интервал, включающий 6 месяцев*	42 (0,83 %)	4 (0,08 %)	12 (0,24 %)	1 (0,02%)
НДКТ через 3 месяца*	30 (0,59%)	3 (0,06 %)	19 (0,38 %)	3 (0,06 %)
НДКТ через интервал, включающий 3 месяца*	26 (0,51 %)	3 (0,06 %)	14 (0,28 %)	1 (0,02%)
НДКТ через другой срок*	19 (0,37 %)	2 (0,04 %)	6 (0,12 %)	2 (0,04 %)
ПЭТ-КТ*	53 (1,05 %)	6 (0,12 %)	12 (0,24 %)	18 (0,35 %)
Консультация онколога*	150 (2,97 %)	12 (0,24 %)	38 (0,75 %)	46 (0,91 %)
Протоколов с направлением к другим специалистам и прочими рекомендациями*	919 (18,2 %)	59 (1,17 %)	110 (2,18 %)	64 (1,27 %)
Полное соответствие рекомендациям	515 для LungRADS 0,1,2 (10,2 %)	43 (0,85 %)	55 (1,09 %)	44 (0,87 %)
Частичное соответствие рекомендациям	18 для LungRADS 0,1,2 (0,35 %)	3 (0,06 %)	12 (0,24 %)	0
Несоответствие рекомендациям заключение	807 для LungRADS 0,1,2 (15,98 %)	54 (1,07 %)	94	45 (0,89 %)

^{*} В одном протоколе может одновременно встречаться несколько типов рекомендаций – НДКТ, ПЭТ-КТ, специалист и пр.

Приверженность рентгенологов к LungRADS.

LungRADS нужен для определения дальнейших действий после НДКТ



Несоответствие рекомендациям

• / Пол: ОПИСАНИЕ Исследование в проекте НДКТ No000-00000. Индивидуальный номер: 450506 Исследование выполнено по низкодозовому протоколу. Эффективная эквивалентная доза: 0.8 мЗв. Легкие без грубых видимых очаговых и инфильтративных изменений. Субплевораьные единичные очаговые уплотнения до 3 см диаметром с фиброзными тяжами к костальной плевре. Паравертебрально справа в сегменте S6 справа- тонкостенное воздущ-ное образование(булла) диаметром до 20 мм Трахея и крупные бронхи не изменены. Плеврального выпота не выявлено. Средостение не расширено. Медиастинальные лимфоузлы до 11 мм в поперечнике. Кальциноз в коронарных артериях не выявлен. ЗАКЛЮЧЕНИЕ КТ - картина полусолидных субплеральных очагов в верхней доле правого легкого, паравертебрально справа в сегменте S6 справа- воздушное образование(булла), в соответствии с LungRADS рекомендовано проведение повторного исследования НДКТ через 6 месяцев

Несоответствие рекомендациям

REPORT (775). PDF в грудной полости

• / Пол: ОПИСАНИЕ Исследование в проекте НДКТ No000-00000, Индивидуальный номер: 450648 Исследование выполнено по низкодозовому протоколу. Эффективная эквивалентная доза: 0.8 мЗв. Легкие: справа в сегменте S3- субплевральное солидное образование размерами до 7мм- 4мм с неровными лучистчми караями на фоне резко- выраженной парасептальной и внутридольковой верхнедолевой эмфиземой с 2-х сторон с выраженными фиброзными апикальными фиброзными наслоениями(акцент справа) с деформацией легочного рисунка за сечт интерстициального и бронхососудистого компонентов. Слева- без видимых грубых очаговых и инфильтративных изменений. Трахея и крупные бронхи- с утолщенными стенками. Плеврального выпота не выявлено. Средостение не расширено. Медиастинальные лимфоузлы- не увеличены. Частичный фрагментарный атерокальциноз в коронарных артериях слева. ЗАКЛЮЧЕНИЕ КТ - картина солидного периферического очага в верхней доле правого легкого на фоне выраженных КТ- проявлений ХОБЛ- в соответствии с LungRADS рекомендовано консультация онколога.



Точность определения классов LungRADS 3, 4A, 4B

14 (ошибочно определено системой) = 95% 350 (всего определено системой)







Аудит ультра-НДКТ в скрининге рака легкого

Параметры	2017г (уд.вес)	2018 г (уд.вес)	Разница
Результаты диагностического аудита (работа врача-рентгенолога)			
Полное соответствие	52	75,6	+45 %
Замечания общего характера	29,7	15,3	-48 %
Клинически не значимое расхождение	12,7	5,7	-55 %
Клинически значимое расхождение	4,4	2,9	-34 %
Результаты технического аудита (работа рентгенолаборанта)			
Всего исследований без технических ошибок	71,6	92,6	+29 %
Всего исследований с техническими ошибками	28,4	7,4	-74 %

Проект «AI RUNNER 2»

http://ai-runner.com/

Сравнительное тестирование коммерчески доступных алгоритмов на одной базе данных 100 кейсов (ИП и ИО) среди участников выставки ECR.













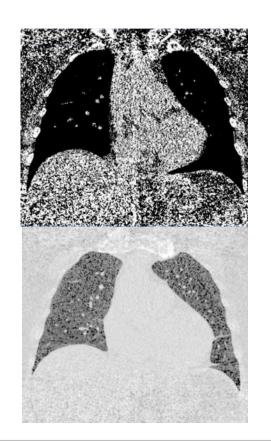


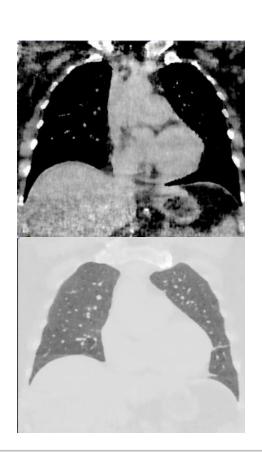
Не все причины артефактов возможно удалить до сканиравония



Наш опыт шумоподавления на НДКТ (RASP v0.9)

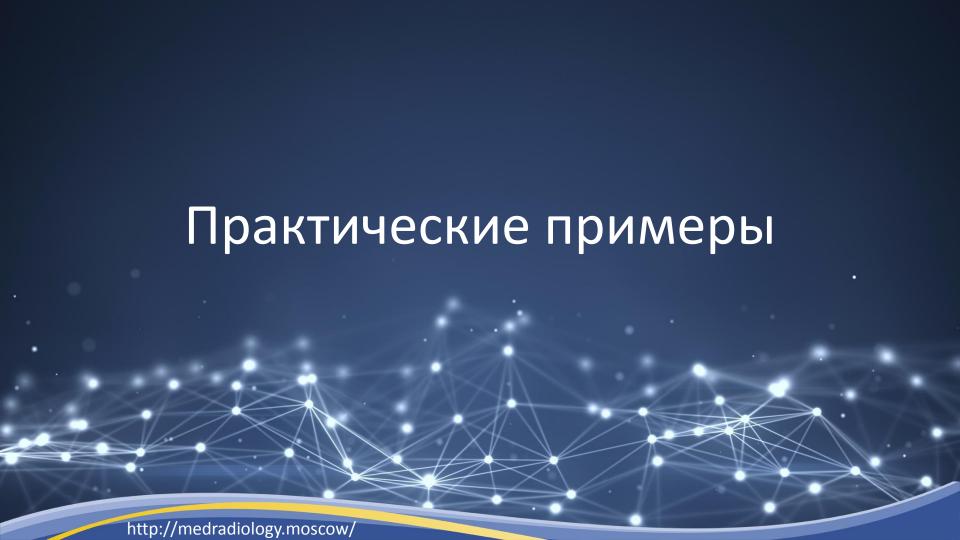






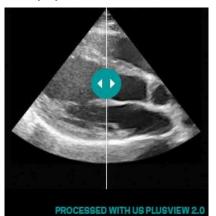
- Повышение уровня «сигнал/шум» (SNR) в 3-10 раз.
- Научная работа по оценке качества шумоподавления
- Внедрение в ЕРИС проект
 Скрининг рака легкого (НДКТ).

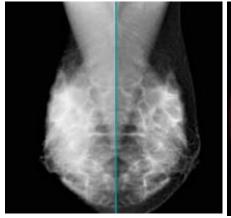
Н.Кульберг

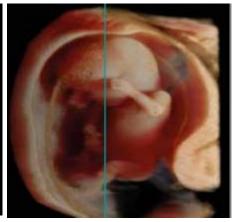


Шумоподавление для всех типов иссл.

ИИ улучшает качество изображения УЗИ, RG, MMГ, KT, MPT, Ангиографии









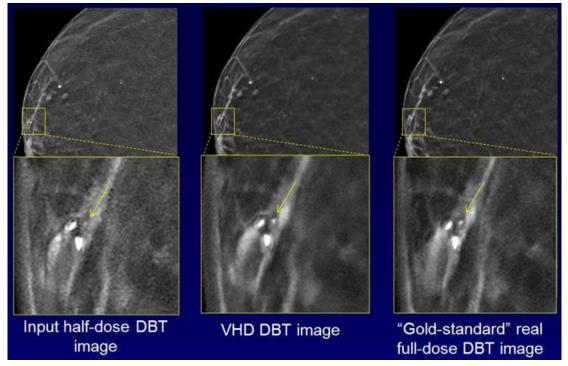




награжден американским патентом за метод автоматической оптимизации качества изображения с использованием искусственного интеллекта

Шумоподавление.

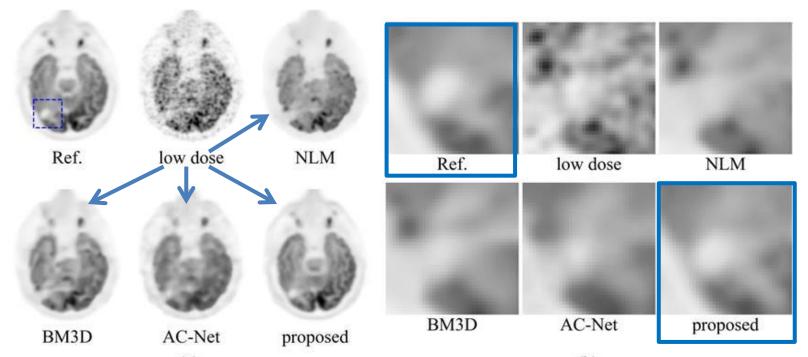
Снижение лучевой нагрузки при томосинтезе молочной железы (DBT) возможно на 80%



https://www.auntminnie.com/index.aspx?sec=sup&sub=wom&pag=dis&ItemID=120231

Шумоподавление ПЭТ

Уменьшение в 100-200 раз дозы на ПЭТ



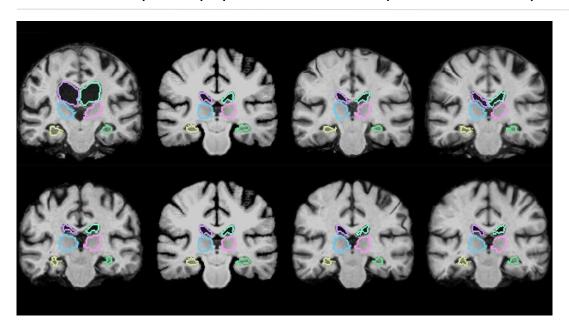
Алгоритм достиг такого же соотношения сигнал/шум (CNR) как и для эталона с полной дозой.

https://www.auntminnie.com/index.aspx?sec=sup&sub=aic&pag=dis&ItemID=119572

Ускорение исследований



ИИ способен регистрировать МРТ-сканирование в 1000 раз быстрее, чем стандартные методы.



Согласно публикации плаката на мероприятии Computer Vision и Pattern Recognition (CVPR) на этой неделе в Salt Lakye City.

https://www.auntminnie.com/index.aspx?sec=sup&sub=aic&pag=dis&ItemID=121081

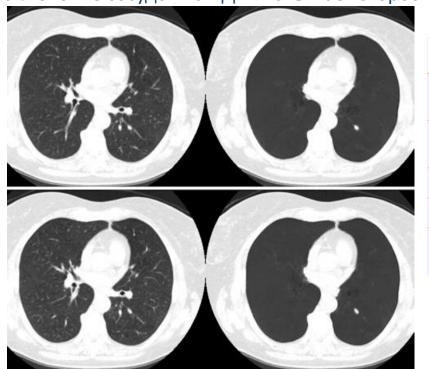
Цель: Собрать 250 срезов сканирований MPT с помощью VoxelMorph		
Обычный компьютер	Станция с топовой GPU	
1-2 минуты	менее 1 сек	



Massachusetts Institute of Technology

Подготовка изображения к просмотру

Исключение сосудов из НДКТ повышает скорость интерпретации на 26%



Detecting lung cancer on CT with and without CAD			
	Radiologist	Radiologist with CAD	p-value
Area under the curve	63.3%	77.3%	0.000073
Sensitivity	64.5%	80%	0.000025
Specificity	89.9%	84.4%	0.0025
Interpretation time	132.3 seconds	98 seconds	< 0.01

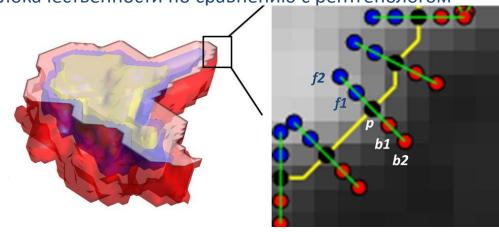
AJR, March 2018, Vol. 210:3, pp. 480-48

https://www.auntminnie.com/index.aspx?sec=sup&sub=wom&pag=dis&ItemID=120231

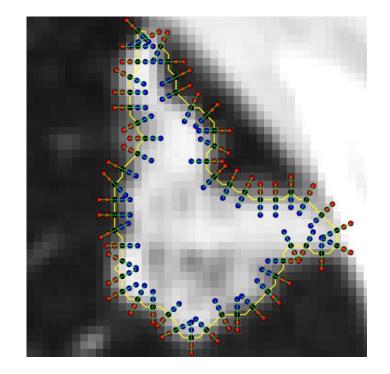
Классификация патологии

ИИ классификация типов очагов в НДКТ легких повышает точность в оценке вероятности

злокачественности по сравнению с рентгенологом



Performance of Al algorithm for lung nodule classification			
	Radiologist	Pulmonologist	Machine-learning classifier
AUC	0.69	0.73	0.83

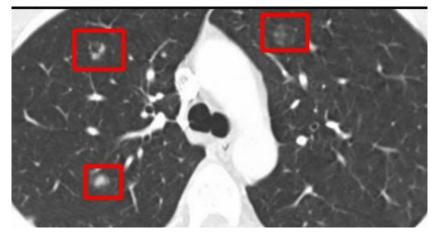


https://www.auntminnie.com/index.aspx?sec=sup&sub=cto&pag=dis&ItemID=119714

Прогнозирование характера находок

Модель ИИ (изображение + клинические + демографические данные) по определению доброкачественных очагов в НДКТ легких лучше модели Brock.

AUC AI алгоритма 0,983 превышает AUC модели Brock 0.797, при р <0,001.



Sensitivity: 96.9% Positive predictive value: 93.9% Specificity: 93.3% Negative predictive value: 96.6% Area under the curve (AUC): 0.983

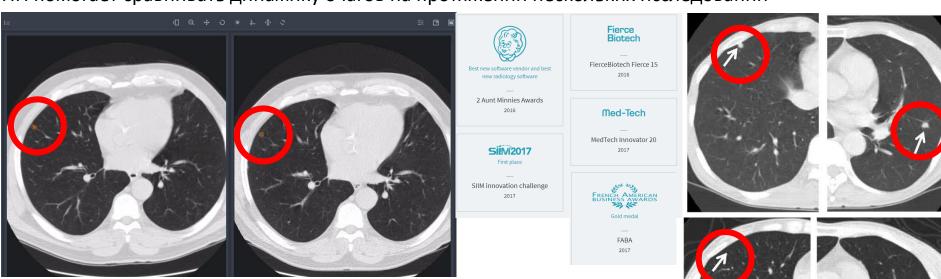
Brock Ag	e years ▼
Se	x Female (0.6011)
	Male (0)
Family history of lung cance	er 🔲 (0.2961)
Emphysem	a 🔲 (0.2953)
Nodule siz	e mm ▼
Nodule typ	e Nonsolid or ground-glass (-0.1276)
	Partially solid (0.377)
	Solid (0)
Nodule in upper lun	g (0.6581)
Nodule cour	nt # ▼
Spiculatio	n 🗆 (0.7729)

https://www.auntminnie.com/index.aspx?sec=rca&sub=ecr_2018&pag=dis&ItemID=120086

McWilliams A, Tammemagi MC, Mayo JR, et. al. Probability of cancer in pulmonary nodules detected on first screening CT. N Engl J Med. 2013 Sep 5;369(10):910-9. doi:10.1056/NEJMoa1214726

Сравнение с предыдущими раундами скрининга.

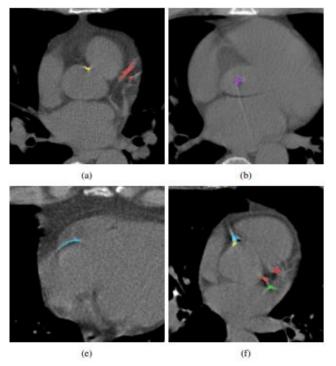
ИИ помогает сравнивать динамику очагов на протяжении нескольких исследований



https://arterys.com/lung

Дополнительные находки при скрининге.

ИИ помогает автоматически рассчитывать коронарный кальций на НДКТ



При тестировании алгоритм дал отличную корреляцию с эталонным счетом Агатстона:

Корреляция кофф. Pearson's: 0.97 Корреляция кофф. Spearman's rank: 0.96 Intraclass coefficient (ICC): 0.96

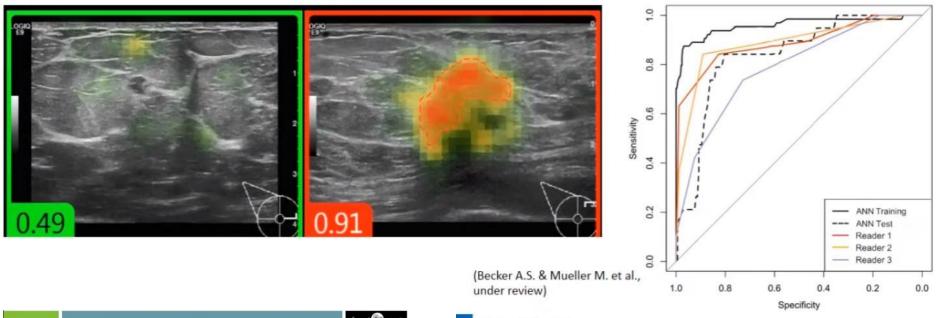
Когда оценка кальция использовались для стратификации риска, алгоритм имел точность 85% и линейно взвешенную каппу 90%.

https://www.auntminnie.com/index.aspx?sec=rca&sub=rsna_2017&pag=dis&ItemID=119260 https://arxiv.org/pdf/1711.00349.pdf

Real-time анализ изображения



ИИ делает вывод за 3 мсек, постоянно анализируя все изображения непосредственно с УЗИ аппарата



BIR Annual Congress 2017



UniversityHospital Zurich

Поиск находок при скрининге



ИИ помогает обнаруживать «явно злокачественные» находки на ММГ.

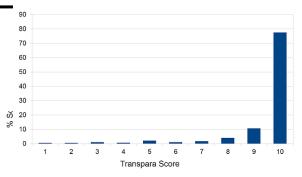


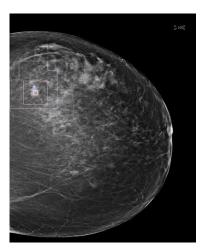




Computer-aided Detection of Masses at Mammography: Interactive Decision Support versus Prompts¹

R. Hupse, M. et al "Computer-aided Detection of Masses at Mammography: Interactive Decision Support versus Prompts", Radiology 2013;266:123-129.





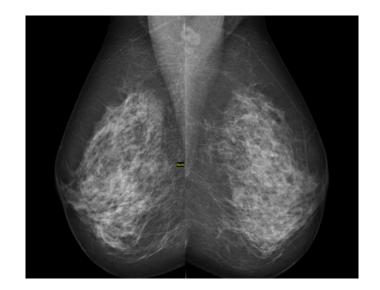
При тестировании алгоритм 91% чувствительность, 80% специфичность и (AUC) 0,922 для диагностики злокачественности.

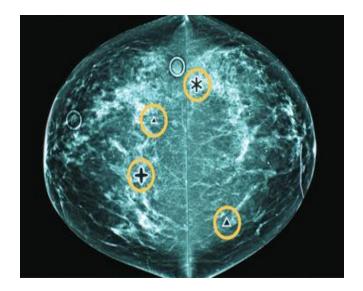
https://www.auntminnie.com/index.a spx?sec=sup&sub=wom&pag=dis&Ite mID=117752

АІ в маммографии (ММГ)



- 1998 год CAD (Computer aided detection) для ММГ одобрены FDA
- 2001 год CAD использовали только в 5% исследований.
- 2002 году повысили оплату по Medicare и Medicaid Services для ММГ с САD.
- **2008** г. 74% всех скрининговых ММГ интерпретированы с CAD.





Эффективность CAD в маммографии сегодня



По результатам 10 исследований 2009-2017 гг.:



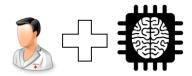




Одно чтение ММГ vs Одно чтение + CAD

Чувствительность специфичность





Двойное чтение ММГ vs Одно чтение + CAD

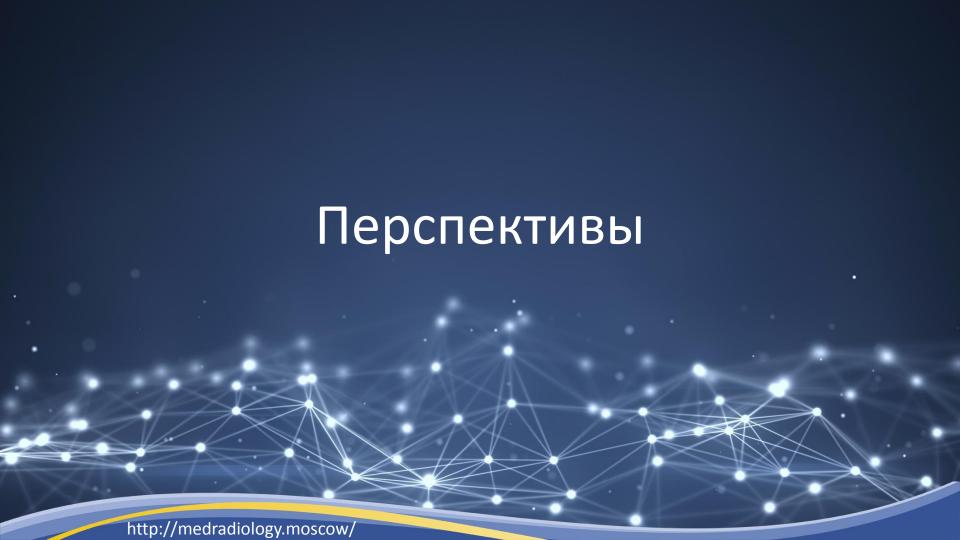
Без статистически значимых различий (5 исследований)

IT тестирование для масштабируемости.

ИИ помогает проанализировать цифровую сеть, например для скрининга

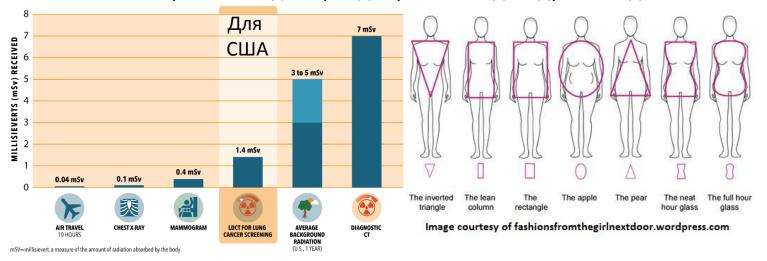
Призвана помочь поставщикам в оценке масштабируемости и надежности их программного обеспечения PACS.





Персональная оценка лучевой нагрузки.

ИИ помогает анализировать каждый срез для расчета индивидуальной дозы КТ.

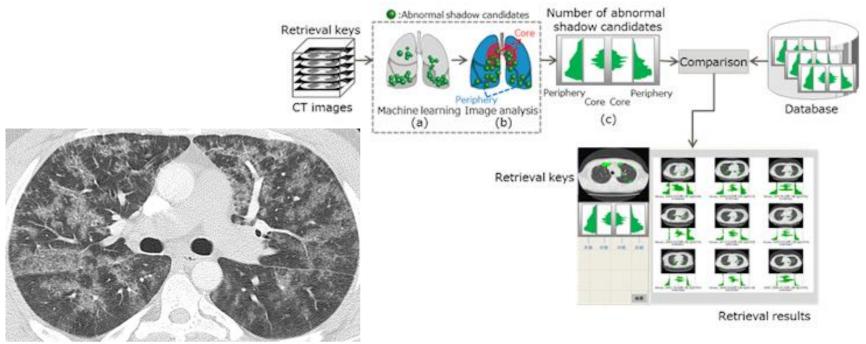


Алгоритм машинного обучения, который мог бы идентифицировать органы на КТ с точностью до 99% - первый шаг в создании индивидуальных оценок дозы облучения, а не основанных на фантомах.

https://www.auntminnie.com/index.aspx?sec=sup&sub=cto&pag=dis&ItemID=117679

Поиск похожих изображений в PACS

ИИ ищет среди всего PACS аналогичные исследования – до 1/6 экономии времени врача.

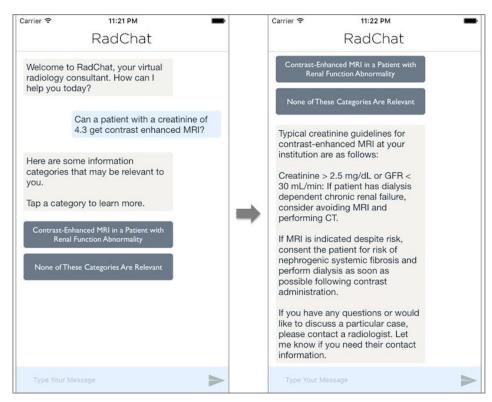


диффузное альвеолярное кровоизлияние http://www.swjpcc.com/imaging/2014/4/30/medical-image-of-the-week-fat-embolism-syndrome.html

https://www.auntminnie.com/index.aspx?sec=ser&sub=def&pag=dis&ItemID=117708

Консультирование пациентов и клиницистов

ИИ помогает экономить времени рентгенологов на консультации



Чат-бот — виртуальный консультант на основе NLP предоставляет ответы на часто задаваемые вопросы (более 3000).

Если появляется сложный вопрос или имеет вопрос имеет большую двусмысленность, то он будет обращен к человеку (рентгенологу).

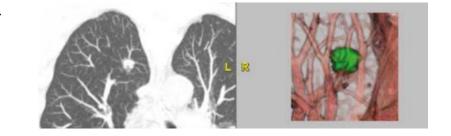
Скрининг для «большой тройки» с помощью НДКТ грудной клетки.

REVIEW ARTICLE

Screening for Early Lung Cancer, Chronic Obstructive Pulmonary Disease, and Cardiovascular Disease (the Big-3) Using Low-dose Chest Computed Tomography

Current Evidence and Technical Considerations

Marjolein A. Heuvelmans, MD, PhD,* Marleen Vonder, PhD,* Mieneke Rook, MD, PhD,* Harry J.M. Groen, MD, PhD,† Geertruida H. De Bock, MD, PhD, # Xueqian Xie, MD, PhD, § Maarten J. Ijzerman, PhD,*||¶ Rozemarijn Vliegenthart, MD, PhD,*# and Matthijs Oudkerk, MD, PhD*



Заболевания	Цели в НДКТ
Рак легкого	Очаги в легких

Heuvelmans MA, Vonder M, Rook M, Groen HJM, De Bock GH, Xie X, Ijzerman MJ, Vliegenthart R, Oudkerk M. Screening for Early Lung Cancer, Chronic Obstructive Pulmonary Disease, and Cardiovascular Disease (the Big-3) Using Low-dose Chest Computed Tomography: Current Evidence and Technical Considerations. J Thorac Imaging. 2018 Dec 13. doi: 10.1097/RTI.000000000000379.

Построение протокола 3-в-1







Скрининг для «большой тройки» с помощью НДКТ грудной клетки.

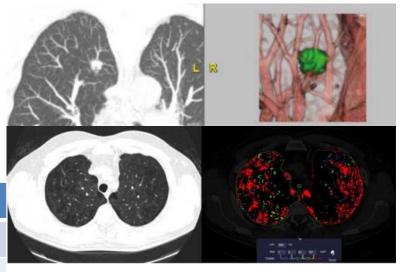
REVIEW ARTICLE

Screening for Early Lung Cancer, Chronic Obstructive Pulmonary Disease, and Cardiovascular Disease (the Big-3) Using Low-dose Chest Computed Tomography

Current Evidence and Technical Considerations

Marjolein A. Heuvelmans, MD, PhD,* Marleen Vonder, PhD,* Mieneke Rook, MD, PhD,* Harry J.M. Groen, MD, PhD,† Geertruida H. De Bock, MD, PhD, # Xueqian Xie, MD, PhD, § Maarten J. Ijzerman, PhD,*||¶ Rozemarijn Vliegenthart, MD, PhD,*# and Matthijs Oudkerk, MD, PhD*

Заболевания	Цели в НДКТ
Рак легкого	Очаги в легких
Хронические обструктивная болезнь легких	Эмфизема легких



Heuvelmans MA, Vonder M, Rook M, Groen HJM, De Bock GH, Xie X, Ijzerman MJ, Vliegenthart R, Oudkerk M. Screening for Early Lung Cancer, Chronic Obstructive Pulmonary Disease, and Cardiovascular Disease (the Big-3) Using Low-dose Chest Computed Tomography: Current Evidence and Technical Considerations. J Thorac Imaging. 2018 Dec 13. doi: 10.1097/RTI.000000000000379.

Построение протокола 3-в-1







Скрининг для «большой тройки» с помощью НДКТ грудной клетки.

REVIEW ARTICLE

Screening for Early Lung Cancer, Chronic Obstructive Pulmonary Disease, and Cardiovascular Disease (the Big-3) Using Low-dose Chest Computed Tomography

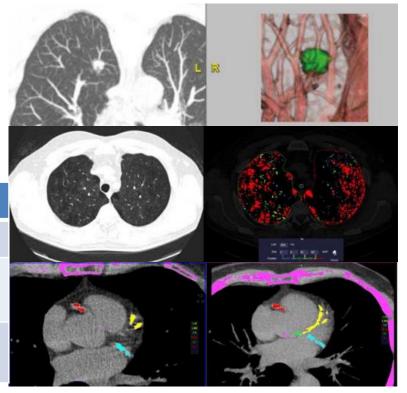
Current Evidence and Technical Considerations

Marjolein A. Heuvelmans, MD, PhD,* Marleen Vonder, PhD,*
Mieneke Rook, MD, PhD,* Harry J.M. Groen, MD, PhD,†
Geertruida H. De Bock, MD, PhD,‡ Xueqian Xie, MD, PhD,§
Maarten J. Ijzerman, PhD,*||¶ Rozemarijn Vliegenthart, MD, PhD,*#
and Matthiis Oudkerk, MD, PhD*

Заболевания	Цели в НДКТ
Рак легкого	Очаги в легких
Хронические обструктивная болезнь легких	Эмфизема легких
Кардиоваскулярные заболевания	Коронарный кальций

Heuvelmans MA, Vonder M, Rook M, Groen HJM, De Bock GH, Xie X, Ijzerman MJ, Vliegenthart R, Oudkerk M. Screening for Early Lung Cancer, Chronic Obstructive Pulmonary Disease, and Cardiovascular Disease (the Big-3) Using Low-dose Chest Computed Tomography: Current Evidence and Technical Considerations.

J Thorac Imaging. 2018 Dec 13. doi: 10.1097/RTI.000000000000379.



Построение протокола 3-в-1





ПРОБЛЕМЫ*



В процессе ретроспективного пересмотра результатов НДКТ-исследований скрининга рака легкого в 221 случаях (87,1% от 254) были выявлены случайные находки.

Органы, анатомические области и системы	Удельный вес случайных находок
сердечно-сосудистая система	75,4 %
легкие и бронхи	68,3%
органы верхнего этажа брюшинной полости	4,2%
органы эндокринной системы	2,9%
средостение	2,75 %
плевра	2,7%
молочные железы	0,8%

Наиболее частые патологические находки на НДКТ в скрининге рака легкого	% от общего числа лиц со случайными находками
Кальциноз коронарных артерий	49,3%
Утолщение стенок бронхов	34,9%
Бронхоэктазы	34,9%
Эмфизема	21,6%

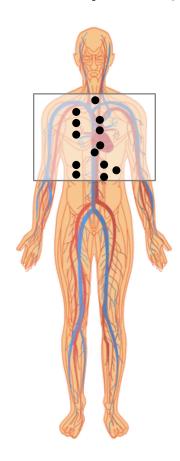
Суммарно 58,4% случайных находок не были описаны в первоначальных протоколах НДКТ-исследованиях.

Наиболее часто не указывали изменения:

- надпочечников (100,0%),
- расширение легочного ствола (100,0%),
- расширение восх. и нисх. аорты (82,3%),
- коронарный кальций (33,0%).

^{*}На основании статьи «Случайные находки при скрининге рака легкого методом низкодозовой компьютерной томографии» С.П. Морозов, В.А. Гомболевский, А.Е. Николаев, А.Ш. Лайпан, А.П. Гончар, Н.С. Кульберг, Шапиев А.Н., Владзимирский А.В. (подготовлена в НПЦМР 2018г)

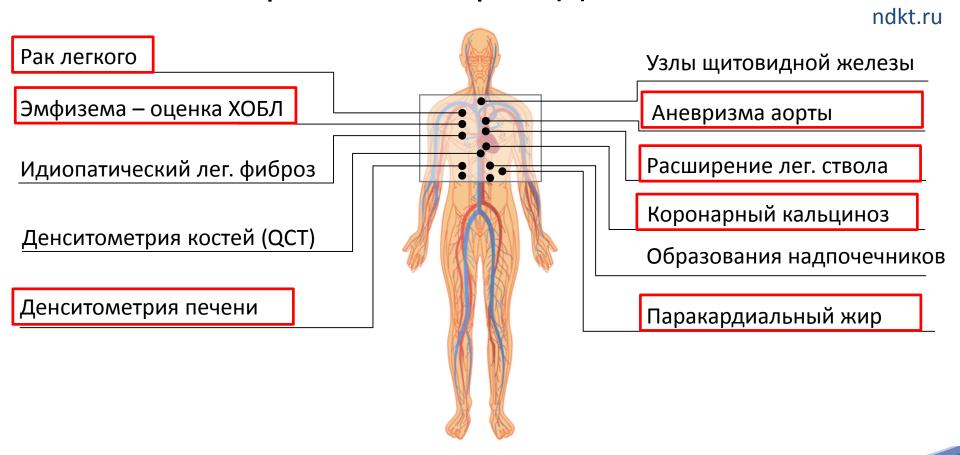
Проект «Ультра-НДКТ 2.0»



Проект «Ультра-НДКТ 2.0»

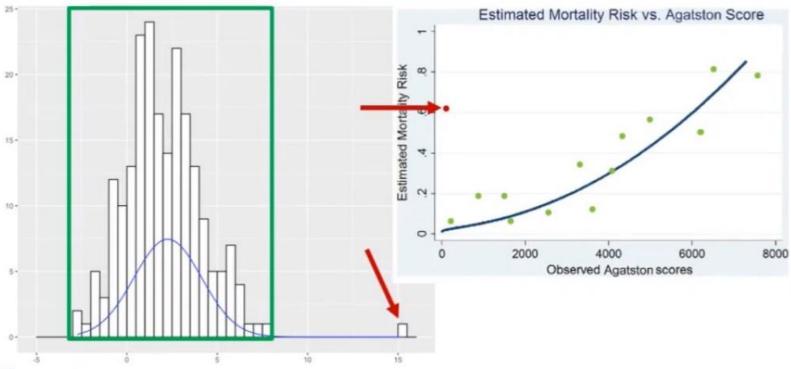
ndkt.ru Рак легкого Узлы щитовидной железы Эмфизема – оценка ХОБЛ Аневризма аорты Расширение лег. ствола Идиопатический лег. фиброз Коронарный кальциноз Денситометрия костей (QCT) Образования надпочечников Денситометрия печени Паракардиальный жир

Проект «Ультра-НДКТ 2.0»



Не все так просто

Limitations when Learning from Data: Outliers



UniversityHospital Zurich

Главные мысли ИИ = ХАЙП x НАДЕЖДА x СТРАХ.*

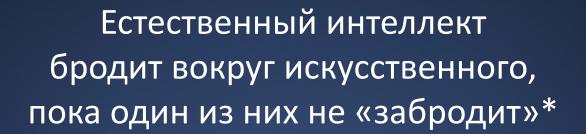


- ИИ это новая парадигма для скрининга.
- ИИ для скрининга в зачаточном состоянии.
- ИИ требует больших качественных данных, этической и нормативно-правовой настройки.
- Любой алгоритм ИИ должен быть утвержден как медицинский продукт с регистрацией FDA / CE класса II.
- Клиническая оценка ИИ является обязательной.

*ECR-2018

Благодарности

- проф. Морозов Сергей Павлович (НПКЦ ДиТ ДЗМ)
- д.м.н. Владзимирский Антон Вячеславович (НПКЦ ДиТ ДЗМ)
- к.ф.-м.н. Кульберг Николай Сергеевич (НПКЦ ДиТ ДЗМ)
- Николаев Александр Евгеньевич (НПКЦ ДиТ ДЗМ)
- Блохин Иван Андреевич (НПКЦ ДиТ ДЗМ)
- Чериниа Валерия Юрьевна (НПКЦ ДиТ ДЗМ)
- к.м.н. Гришков Сергей Михайлович (Philips)
- Панина Юлия (ІВМ)



*Виктор Александрович Гомболевский gombolevskiy@npcmr.ru