Сеченовский Университет
наук о жизни

Цифровая кардиология сегодня

Копылов Филипп Юрьевич
директор Института персонализированной кардиологии
Сеченовский Университет
01 ноября 2023

Нет конфликта интересов

План лекции создан чат-ботом с ИИ

- Введение
- **Кардиоимпульсометрия**: алгоритмы на основе ИИ могут помочь улучшить точность и эффективность интерпретации кардиоимпульсометрии, такой как анализ электрокардиограммы (ЭКГ), эхокардиография и компьютерная томография (КТ) ангиография.
- **Стратификация риска:** ИИ может использоваться для разработки калькуляторов риска
- **Планирование лечения:** ИИ может использоваться для разработки персонализированных планов лечения
- **Телемедицина:** ИИ может использоваться для поддержки услуг телемедицины, таких как удаленное наблюдение ЭКГ и управление сердечной недостаточностью.
- Обсуждение проблем и возможностей, связанных с внедрением ИИ в кардиологию, таких как доступность данных, регуляторные барьеры и этические опасения.
- Заключение
- Резюме основных моментов презентации и обсуждение будущего ИИ в кардиологии.
- Вопросы?

Успеваем ли мы за компьютерами?

The NEW ENGLAND JOURNAL of MEDICINE

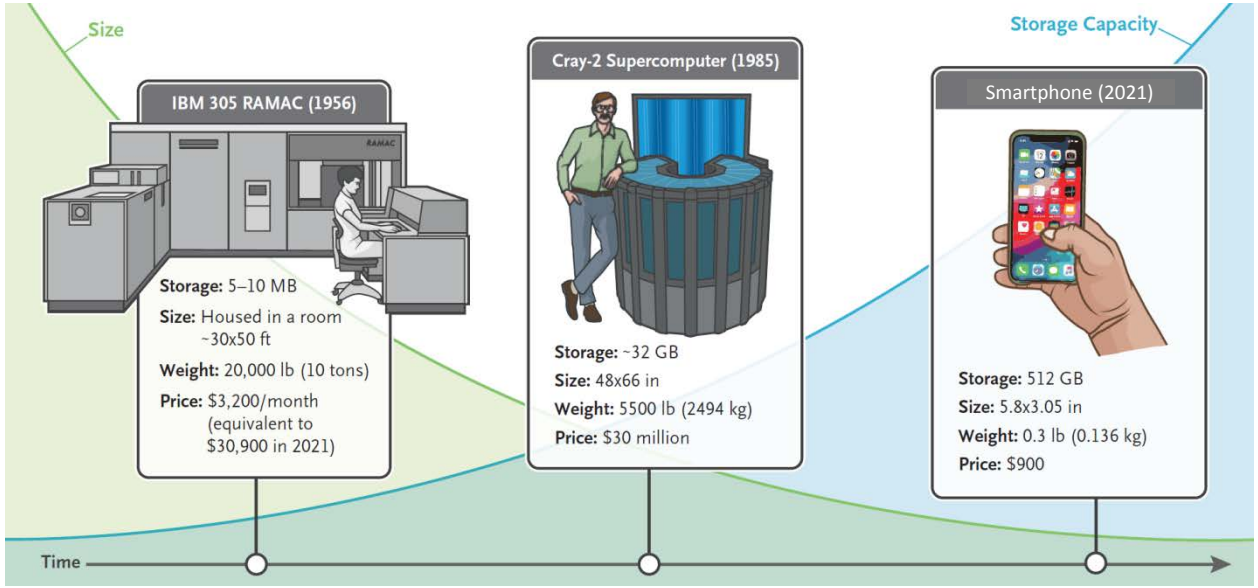
REVIEW ARTICLE

Jeffrey M. Drazen, M.D., *Editor;*
Isaac S. Kohane, M.D., Ph.D., and Tze-Yun Leong, Ph.D., *Guest Editors*

AI IN MEDICINE

Artificial Intelligence and Machine Learning in Clinical Medicine, 2023

Charlotte J. Haug, M.D., Ph.D., and Jeffrey M. Drazen, M.D.

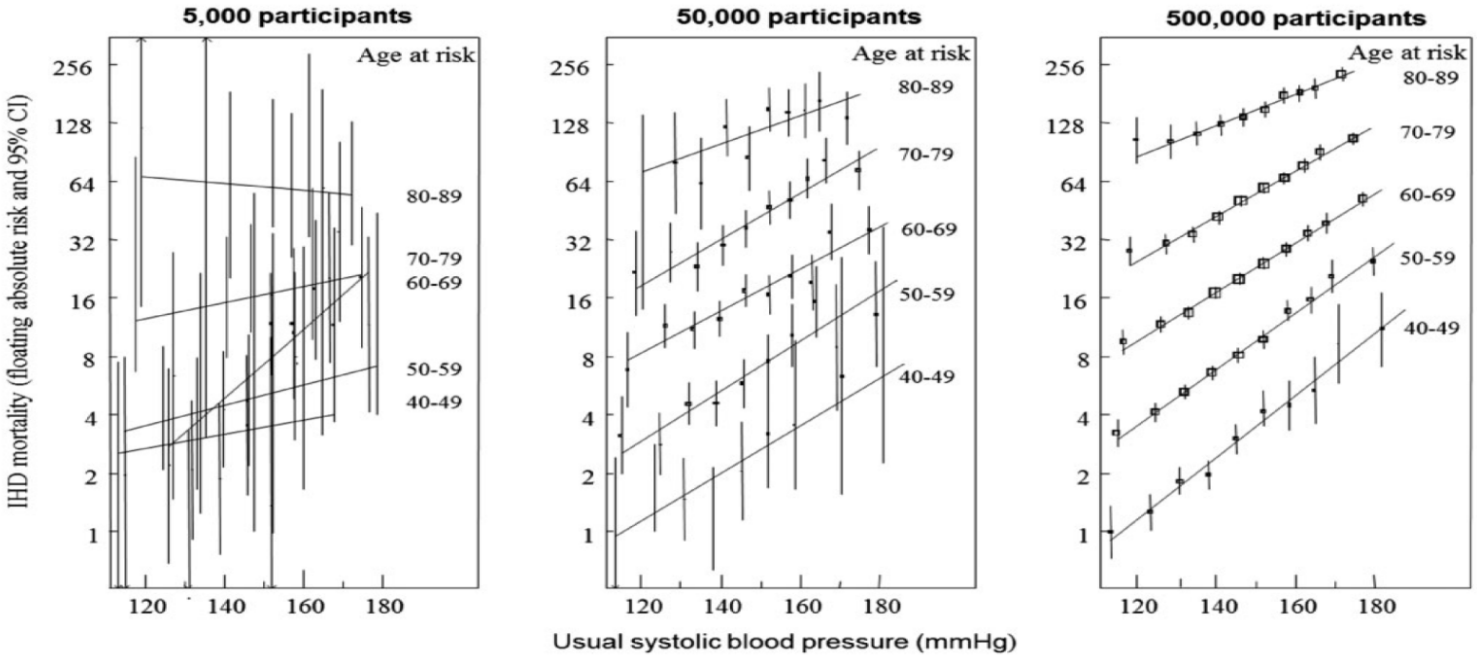


European Heart Journal (2017) 0, 1–10
doi:10.1093/eurheartj/ehx254

CURRENT OPINION

UK Biobank: opportunities for cardiovascular research

Thomas J. Littlejohns[1]*, Cathie Sudlow[2], Naomi E. Allen[1], and Rory Collins[1]



https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx254

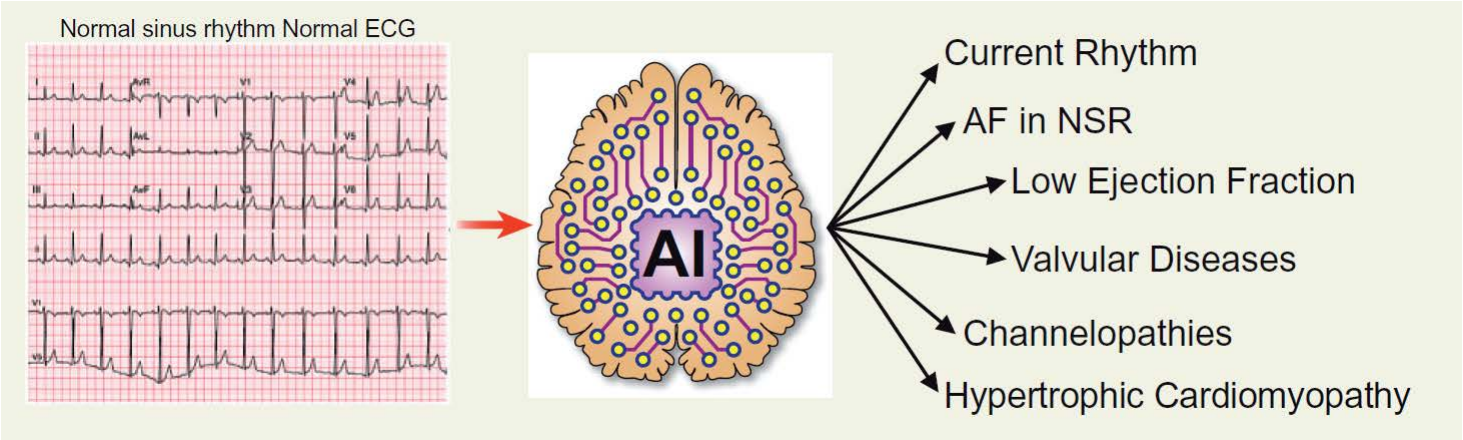
ЭКГ/пульсовая волна

ESC
European Society of Cardiology
European Heart Journal (2021) **00**, 1–15
doi:10.1093/eurheartj/ehab649

STATE OF THE ART REVIEW
Digital health and innovation

Application of artificial intelligence to the electrocardiogram

Zachi I. Attia [1], David M. Harmon [2], Elijah R. Behr [3,4], and Paul A. Friedman[1]*



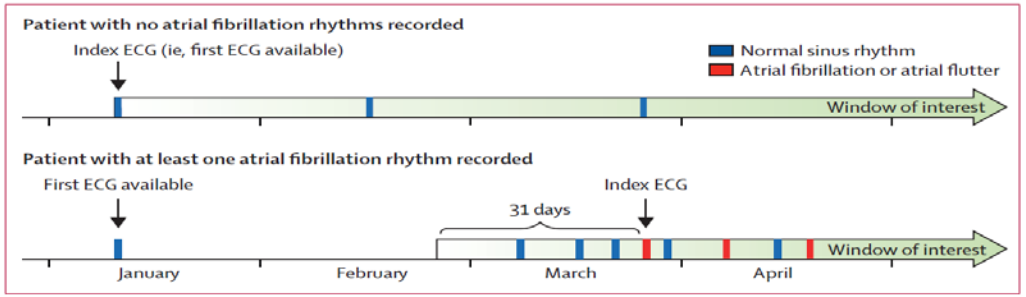
Newsroom – Published on: August 02, 2019

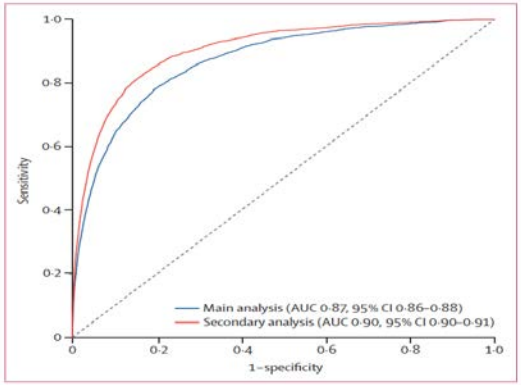
AI Can Help ECG Detect Atrial Fibrillation, Mayo Clinic Study Says

Sara Karlovitch

Mayo Clinic researchers trained artificial intelligence to pick up subtle differences in electrocardiograph readings to diagnose atrial fibrillation with 90% accuracy.

180 922 пациента с 649 931 ЭКГ с синусовым ритмом





	AUC	Sensitivity	Specificity
Одна ЭКГ	0·87 (0·86–0·88)	79·0% (77·5–80·4)	79·5% (79·0–79·9)
Все ЭКГ за 31 день	0·90 (0·90–0·91)	82·3% (80·9–83·6)	83·4% (83·0–83·8)

The Lancet. doi: 10.1016/S0140-6736(19)31721-0.

LETTERS | FOCUS
https://doi.org/10.1038/s41591-018-0240-2
nature medicine

Screening for cardiac contractile dysfunction using an artificial intelligence–enabled electrocardiogram

Zachi I. Attia[1], Suraj Kapa[1], Francisco Lopez-Jimenez[1], Paul M. McKie[1], Dorothy J. Ladewig[2], Gaurav Satam[2], Patricia A. Pellikka[1], Maurice Enriquez-Sarano[1], Peter A. Noseworthy[1], Thomas M. Munger[1], Samuel J. Asirvatham[1], Christopher G. Scott[3], Rickey E. Carter[4] and Paul A. Friedman[1]*

Прогноз пациентов без дисфункции ЛЖ с положительными ЭКГ признаками ИИ-алгоритма

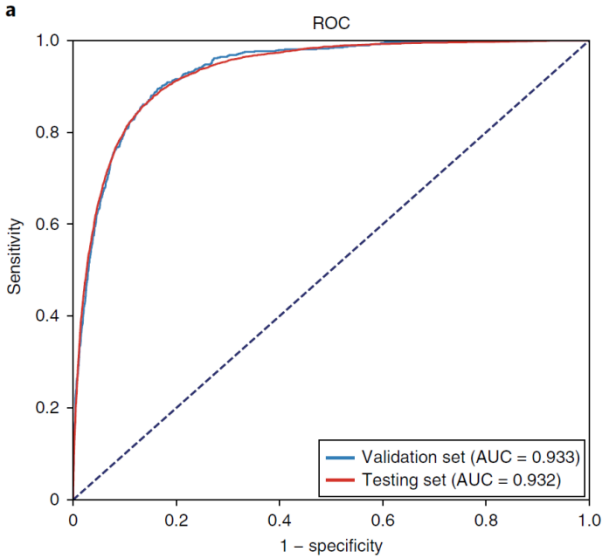
52,870 patients

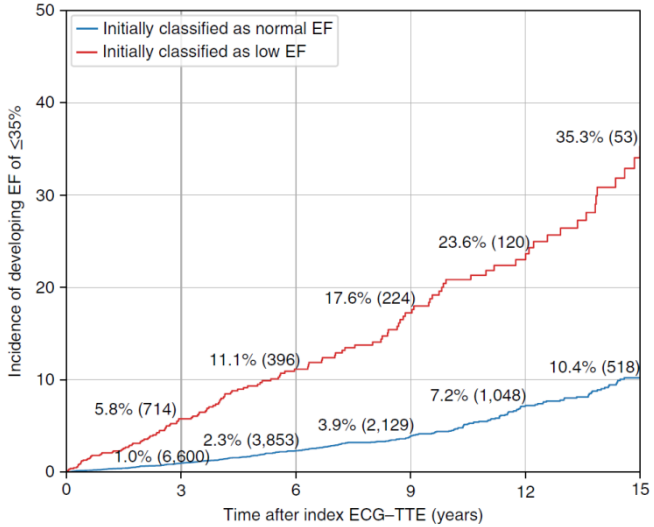
ОШ 4.1; 95% ДИ (3.3-5.0)

ROC – анализ выявления ФВ ≤ 35% с помощью ЭКГ-12

44,959 пациентов

AUC 0.93
Чувствительность 86.3%
Специфичность 85.7%
Диагностическая точность 85.7%





Удаленный анализ систолической и диастолической функции ЛЖ по 1-канальной ЭКГ и пульсовой волне

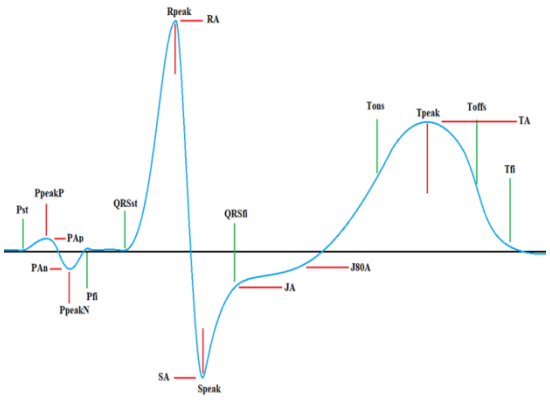
Сеченовский Университет
наук о жизни

Комплексный анализ ЭКГ и ПВ
более 1000 параметров

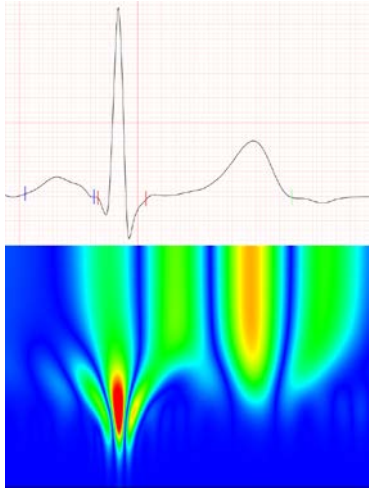
Полоса пропускания 0,5–25 Гц
Цикл ЭКГ - усредненный за 3 минуты усредненного RR

Частотой дискретизации 200 Гц
Интервалы от виртуальной точки - 2/3 от

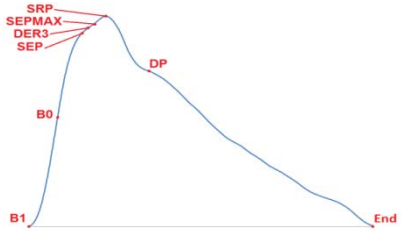
Временной, амплитудный и морфологический анализ одного канала ЭКГ

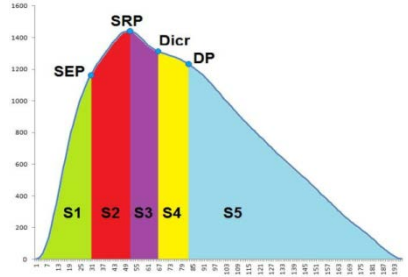


Частотное Wavelet преобразование Фурье



Временной, амплитудный и морфологический анализ пульсовой волны





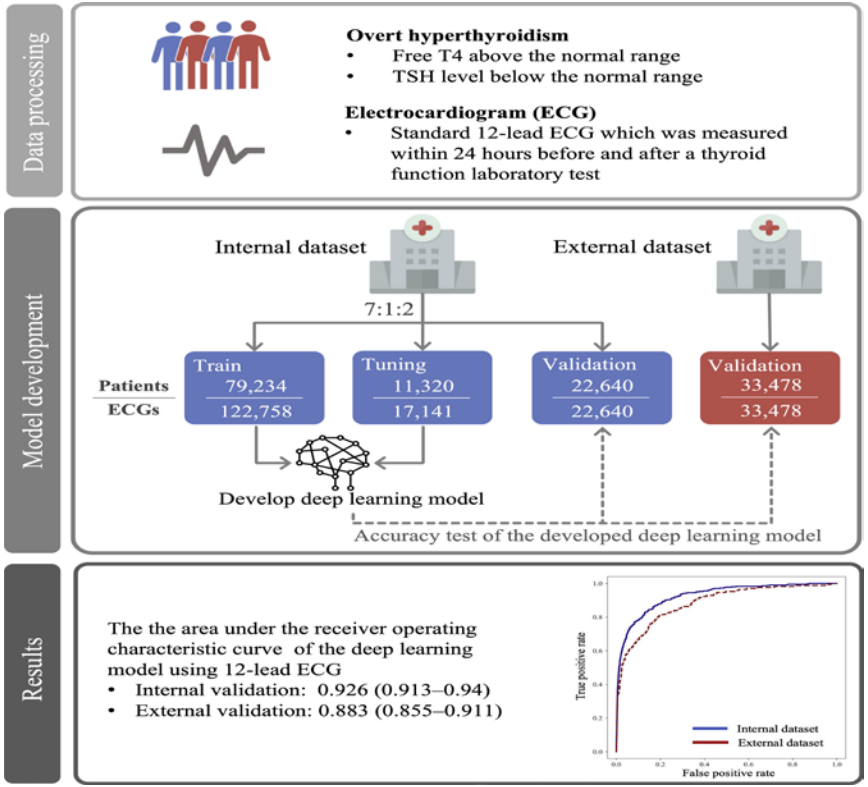
Диагностическая точность удаленной оценки функции миокарда

Всего пациентов включено в исследование:	**1556**	**Набор пациентов**	**2019-2022 г.г.**
Обучающая выборка:	**956**	**Разработка алгоритма**	**2022 г.**
Тестовая выборка	**300**	**Апробация алгоритма**	**2022-23 г.г.**
Выборка для клинической апробации	**300**		

Показатель	Диастолическая дисфункция	Систолическая дисфункция
Чувствительность (Recall)	80,0 %	79,5 %
Precision	76,2 %	77,5 %
F1 score	78,05%	78,5 %
Специфичность	96,15 %	96,5 %
Диагностическая точность	93,9 %	94,3 %

Кузнецова Н.О., Сагирова Ж.Н., Чомахидзе П.Ш. [и др.] Новый алгоритм оценки диастолической дисфункции левого желудочка по данным одноканальной электрокардиограммы с использованием машинного обучения. Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. 2022; Т.15, №5, С.496-500, doi:10.17116/kardio202215051496.

ЭКГ и гипертиреоидизм



12-канальная ЭКГ

внутренняя валидация

AUC 0.889

внешняя валидация

AUC 0.847

1-канальная ЭКГ

внутренняя валидация

AUC 0.906

внешняя валидация

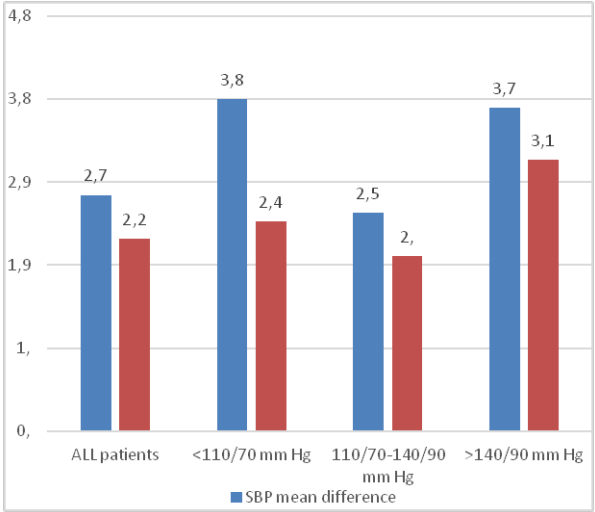
AUC 0.882

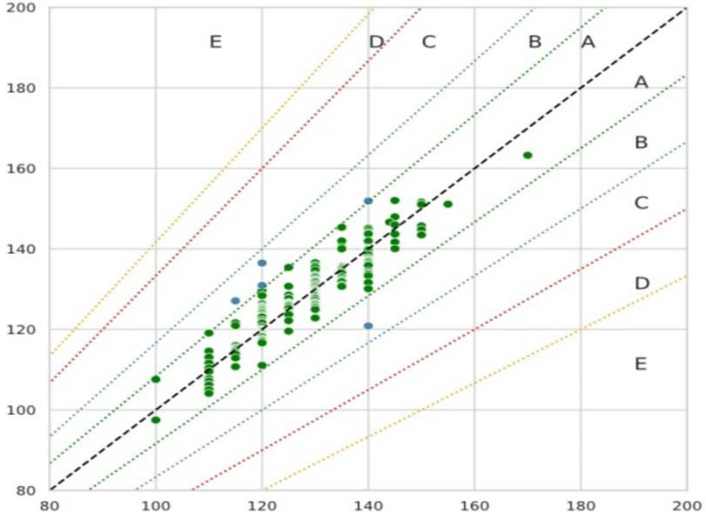
Eur Heart J Digit Health, ztac013, https://doi.org/10.1093/ehjdh/ztac013

OXFORD UNIVERSITY PRESS

Безманжетное определение уровня артериального давления

Всего пациентов включено в исследование:	**1080**	**Набор пациентов**	**2018-21 г.г.**
Обучающая выборка:	**680**	**Разработка алгоритма**	**2021 г.**
Тестовая выборка	**200**	**Апробация алгоритма**	**2022 г.**
Выборка для клинической апробации	**200**		





Корреляция

0.87 для САД

0.88 для ДАД

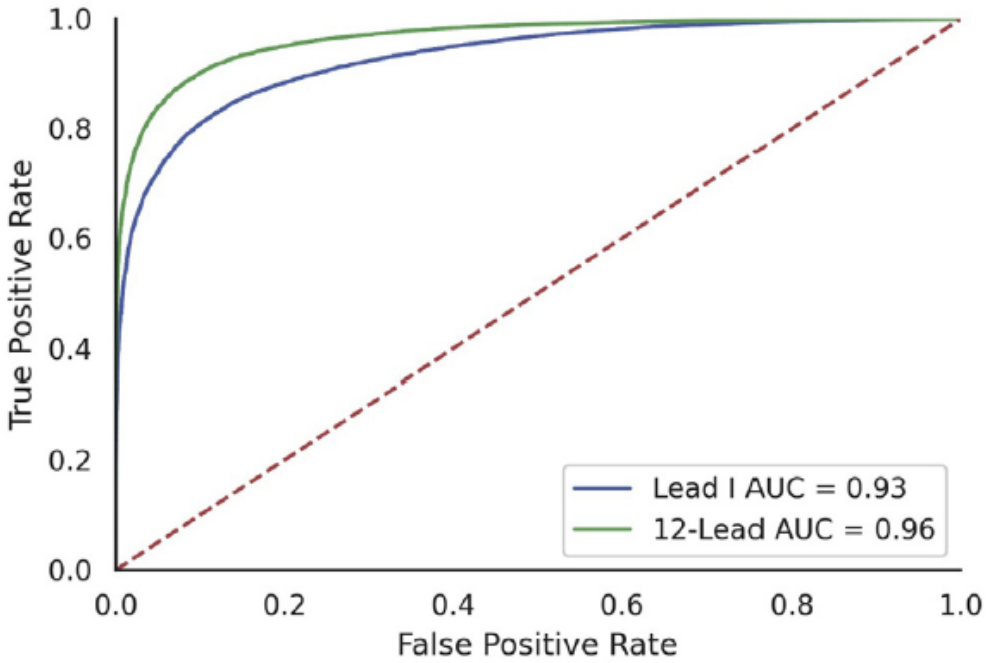
Средние различия

2.32±6.63 для САД

3.35±11.95 для ДАД

Гогиберидзе Н.А., Сагирова Ж.Н., Кузнецова Н.О., Чомахидзе П.Ш., [и др.]. Сравнение безманжетного измерения артериального давления с помощью монитора электрокардиограммы с функцией фотоплетизмографии с измерением по методу Короткова: пилотное исследование. Сеченовский вестник. 2021; 12(1): 39–49. https://doi.org/10.47093/2218-7332.2021.12.1.39-49

ЭКГ-биометрия – так ли уж невозможно??



?

=

15 024 ЭКГ для 983 различных пациентов

https://doi.org/10.1016/j.cvdhj.2022.07.037

Эхокардиография

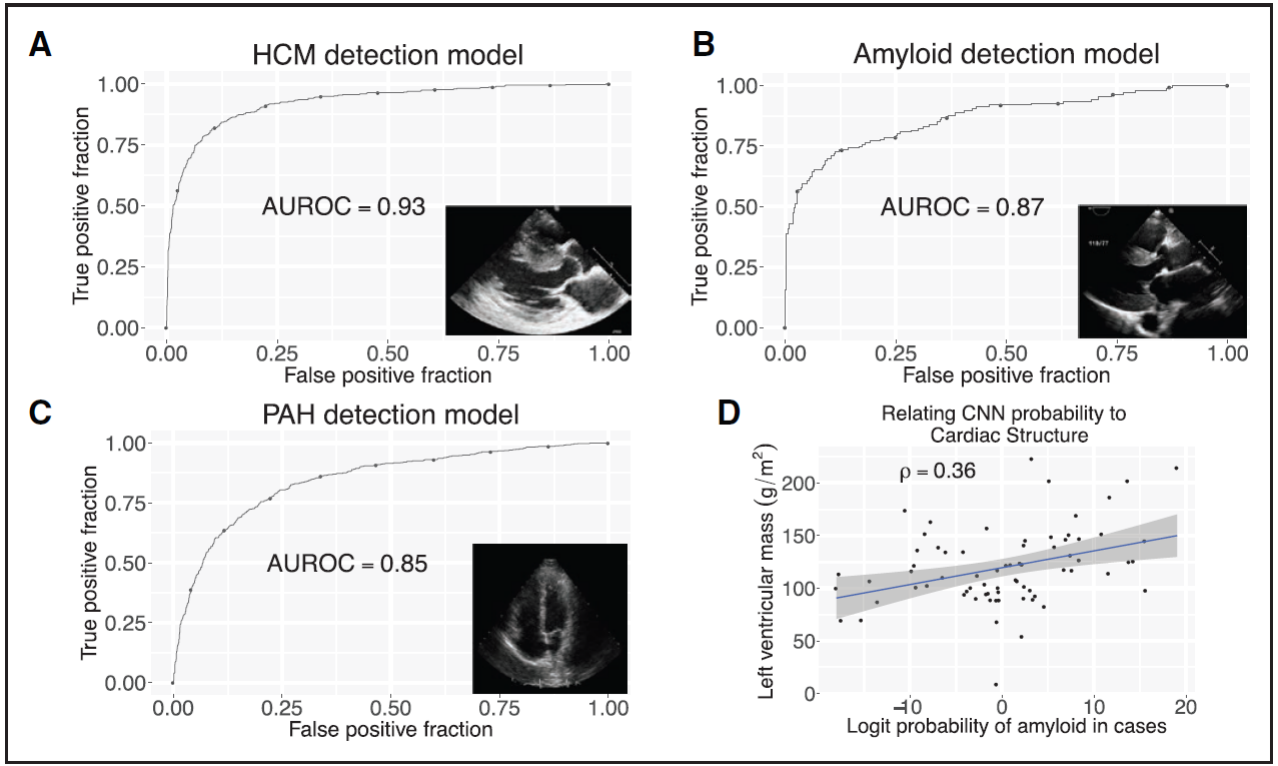
Автоматическая эхокардиография

Circulation

ORIGINAL RESEARCH ARTICLE

Fully Automated Echocardiogram Interpretation in Clinical Practice

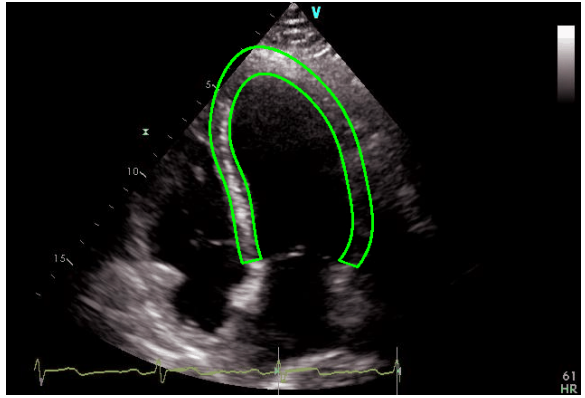
Feasibility and Diagnostic Accuracy



Circulation. 2018;138:1623–1635.

ЭХОКГ с использованием искусственного интеллекта

НМИЦ им. В. А. Алмазова



Сравнительная оценка качества вариабельности ЭХОКГ исследований

Метод	Характеристика	Врач	Применение МИ с ИИ
ЭХОКГ	Внутриисследовательская вариабельность	13 %	1-2%
	Межисследовательская вариабельность	21 %	2-3%

Повышение качества >10 раз

Сравнительная оценка времени выполнения ЭХОКГ исследований

Метод	Характеристика	Врач	Применение МИ с ИИ
ЭХОКГ	Время сканирования (мин.)	24	19
	Время измерений (мин.)	23	12
	Время формирования заключения (мин.)	13	9
	Общее время исследования (мин.)	60	40

Сокращение времени на 1 исследование >30%

Медсестра-специалист по ЭхоКГ?

Nurse-led home-based diagnosis of heart failure by cardiac ultrasound: Results of the CUMIN study

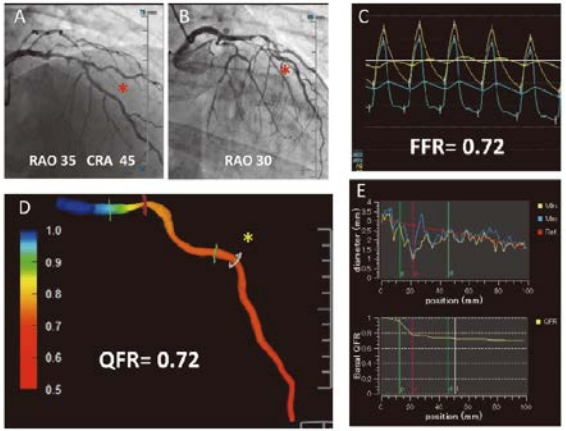
Jasper Tromp (1), Faouzi Addad MD (2), Yoran Hummel PhD (3), Carolyn SP Lam MBBS PhD (4), Alexandre Mebazaa MD (5) on behalf of the CUMIN investigators

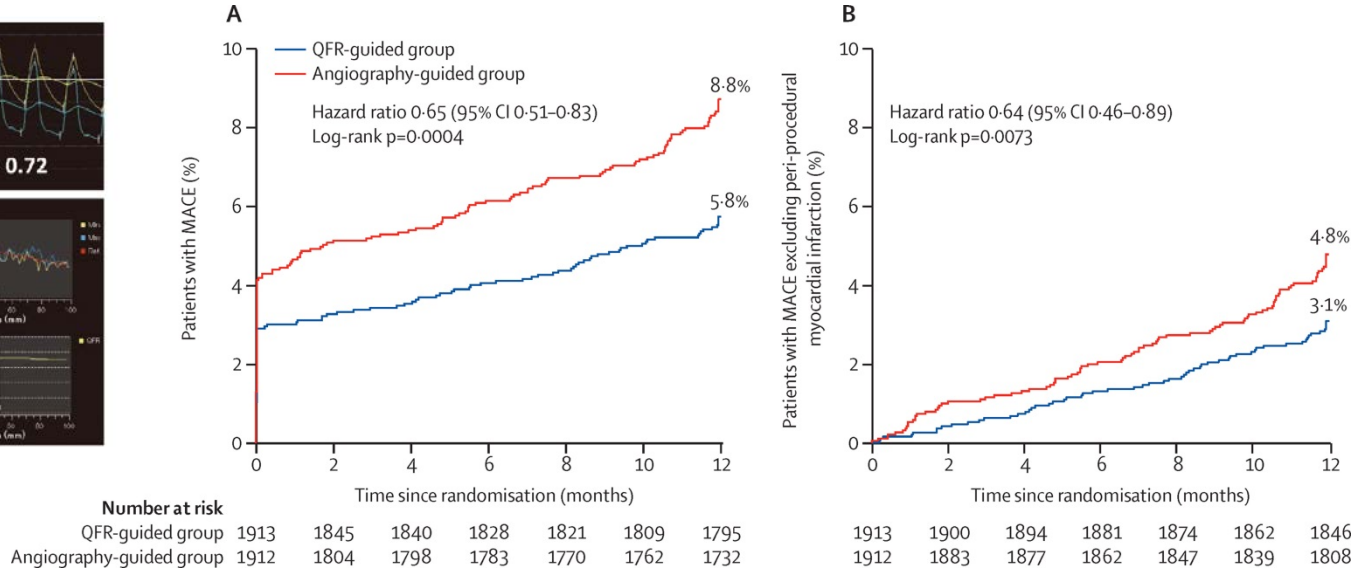
- 5 медсестер
- 94 пациента
- **1 день обучения**
- 5 портативных эхокардио-графов
- 1 ИИ-алгоритм

	N*	AUC (95%)	Sens (95%)	Spec (95%)	PPV (95%CI)	NPV (95%CI)
AI-POCUS						
Primary outcome	65	0.86 (0.77-0.96)	92 (62-99)	81 (68-91)	52 (30-74)	98 (88-99)
LVEF	75	0.85 (0.71-0.98)	80 (44-98)	89 (79-96)	53 (27-79)	97 (89-99)
LAVi	64	0.82 (0.62-1.00)	80 (28-99)	85 (75-93)	31 (10-61)	98 (89-100)
NTproBNP >125 pg/mL						
Primary outcome	76	0.64 (0.53-0.75)	87 (60-98)	41 (29-54)	27 (15-41)	93 (76-99)
LVEF	76	0.66 (0.55-0.76)	91 (59-99)	40 (28-53)	20 (10-34)	96 (81-99)
LAVi	76	0.60 (0.43-0.78)	83 (36-99)	37 (26-50)	10 (3-22)	96 (81-99)

Коронарный кровоток

Angiographic quantitative flow ratio-guided coronary intervention (FAVOR III China): a multicentre, randomised, sham-controlled trial

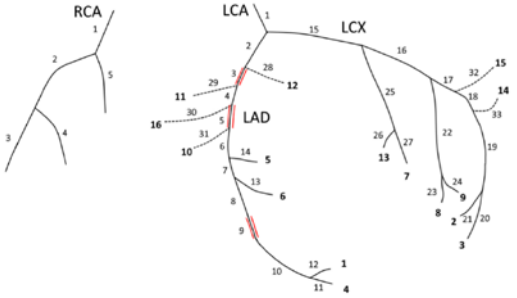


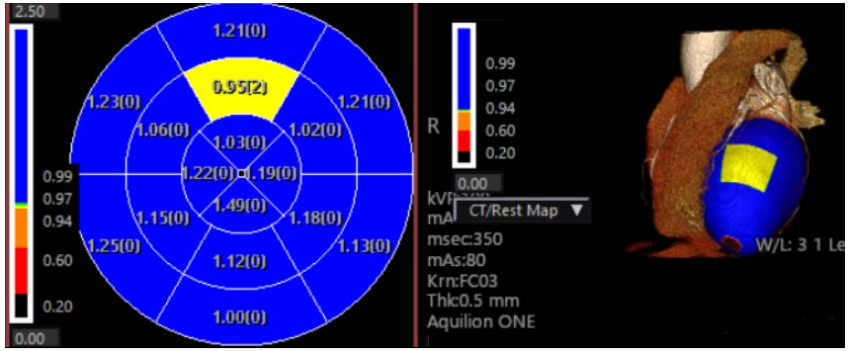


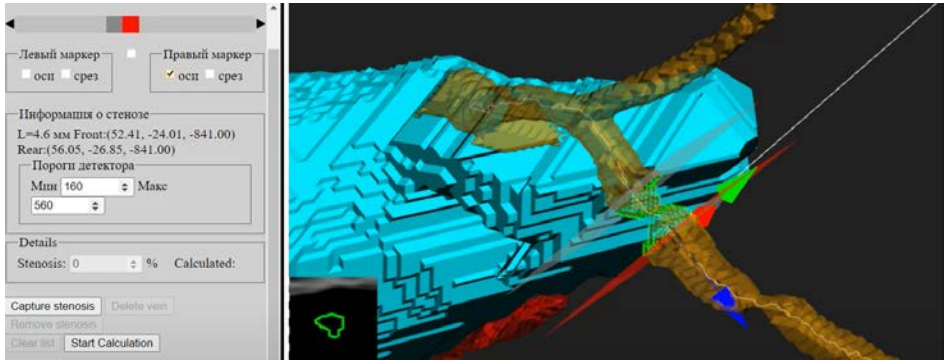
LANCET VOLUME 398, ISSUE 10317, P2149-2159, DECEMBER 11, 2021
DOI:https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02248-0

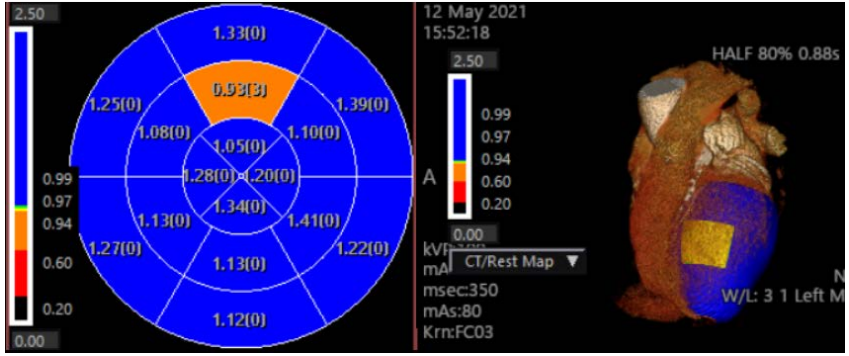
Персонализированная модель коронарного кровотока с учётом данных КТ – перфузии

Алгоритмы и программное обеспечение для сегментации медицинских изображений и создание геометрических моделей, для автоматического расчета степени стеноза коронарных артерий

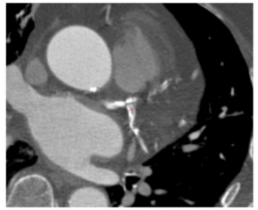




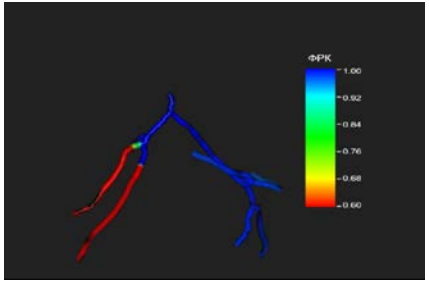




Неинвазивная оценка ФРК

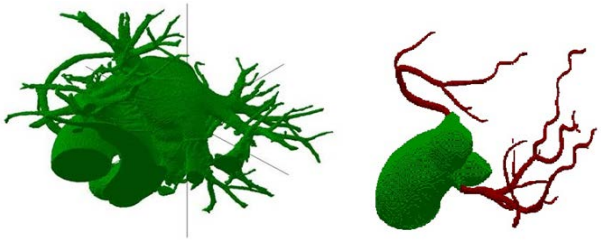


КТ снимки



Значения ФРК

Сервер*

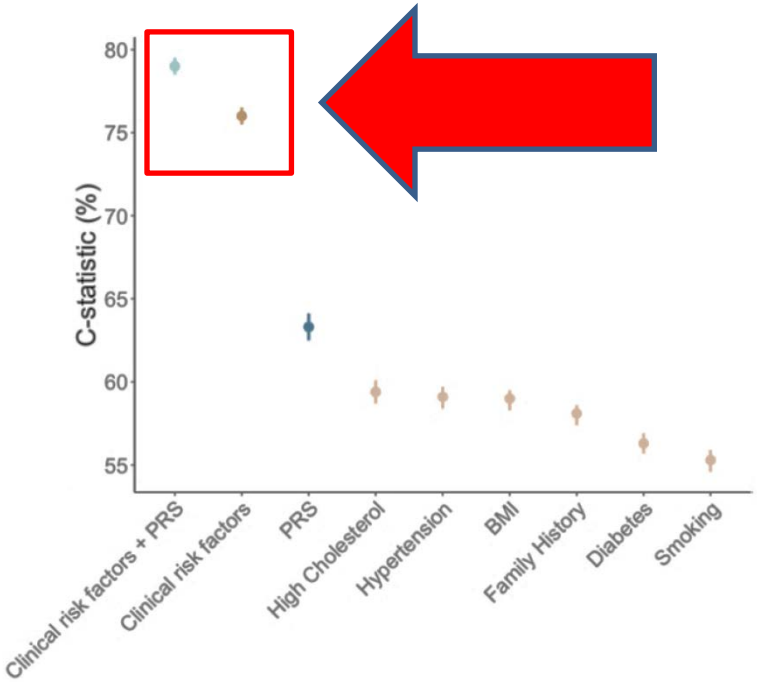


- Извлечение информации об артериях
- Гидродинамические расчёты

* — может быть размещён локально (в клинике)

Оценка риска ССЗ

Роль полигенных шкал в оценке СС-риска



Circulation

AHA SCIENTIFIC STATEMENT

Polygenic Risk Scores for Cardiovascular Disease: A Scientific Statement From the American Heart Association

Среди взрослых людей среднего возраста **полигенная шкала риска ИБС** работает так же, как и обычные факторы риска, и предоставляет дополнительную прогностическую информацию об ИБС, однако клиническое значение этого улучшения **является спорным**.

Circulation. 2022;146:e93–e118.

Оценка рисков в платформе Webiomed

Webiomed принимает на вход обезличенные ЭМК от медицинских информационных систем

Производится извлечение и очистка клинически-значимой информации из медицинских документов

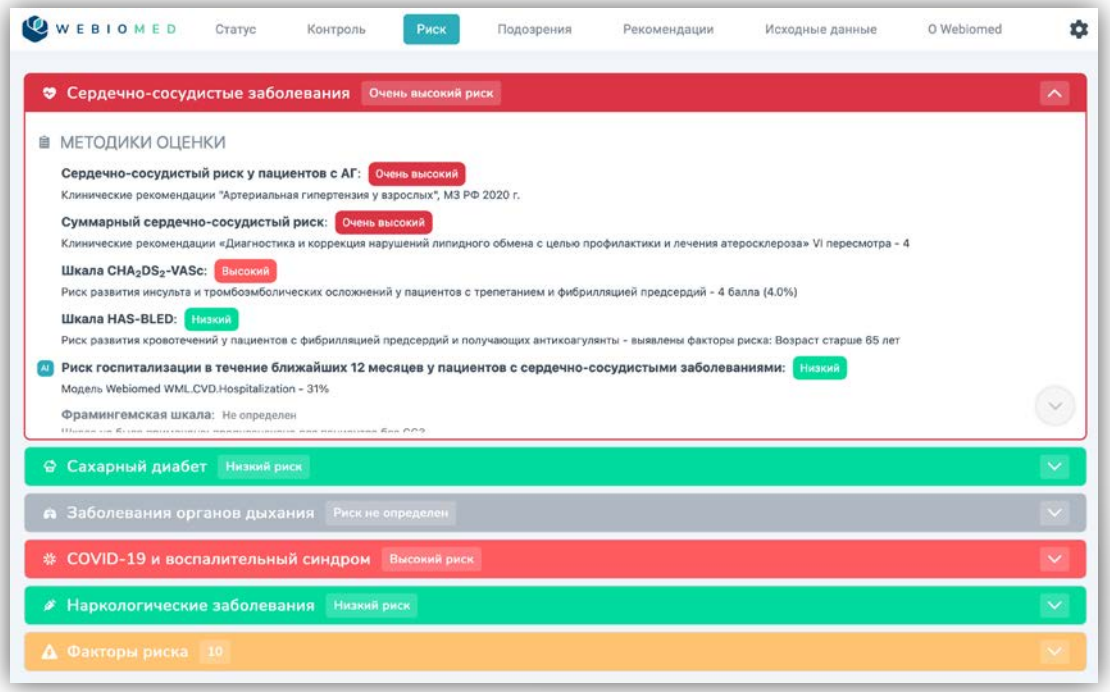
Отрабатывают модели машинного обучения для выявления подозрений и оценки рисков пациентов

Формируется цифровой профиль пациента с комплексной оценкой риска и персональными рекомендациями

В 52 % случаев система дает более точную оценку СС-риска

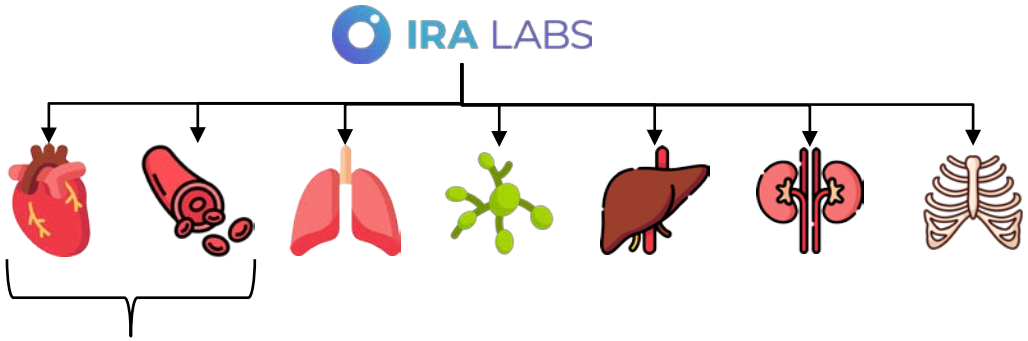
Врачи

Рекомендации СППВР, включая выявленные факторы риска, оценки рисков и персональные прогнозы возможного ухудшения заболеваний, выявленные подозрения на заболевания и рекомендации

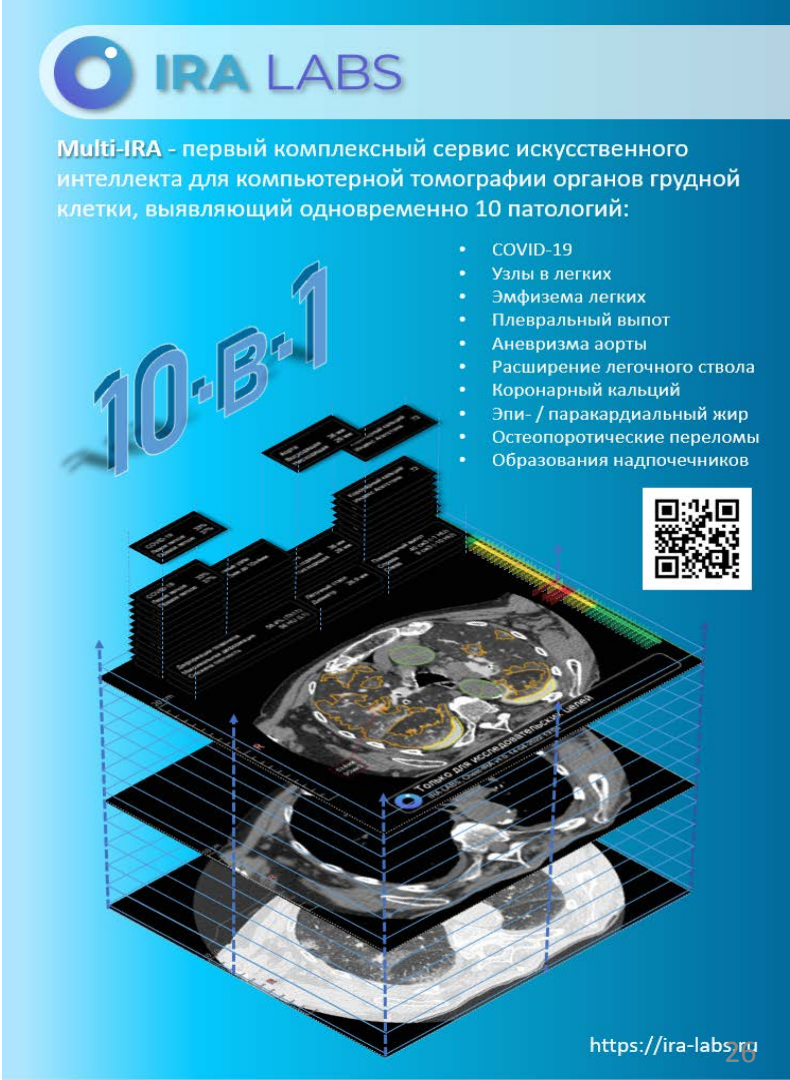


ИИ-алгоритмы от IRA LABS для оценки сердечно-сосудистых рисков

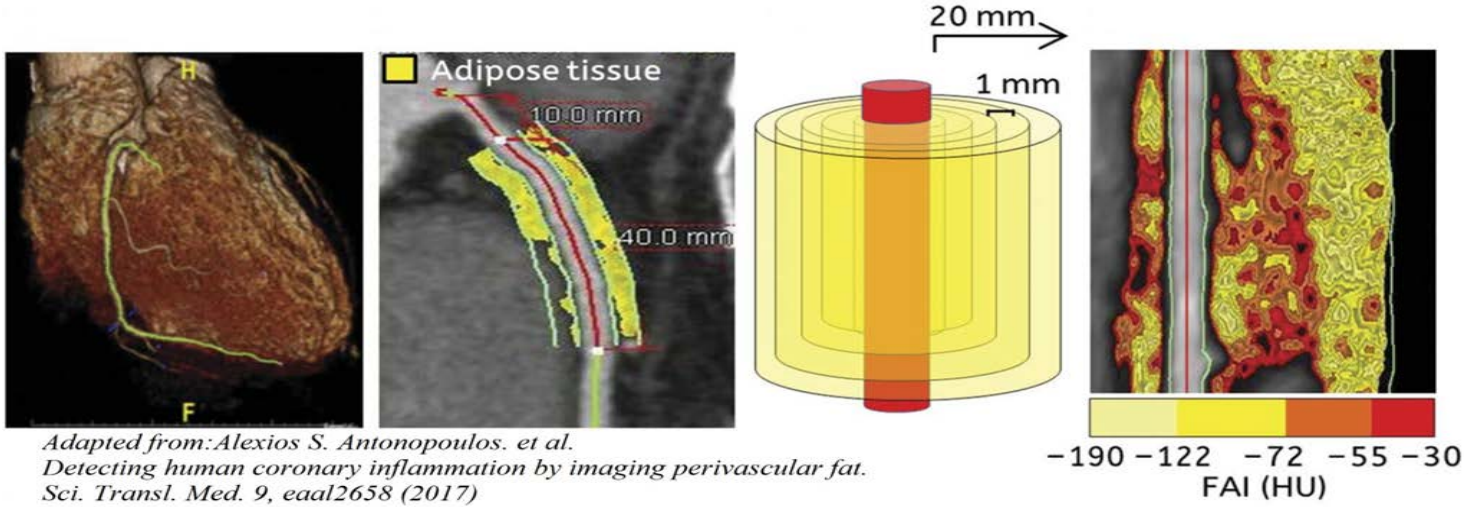
Автоматическая оценка лучевых биомаркеров **для** каждого КТ-исследования грудной и брюшной полости:



1) Коронарный кальций – индекс Агатстона (I20-I25)
2) Эпикардиальный жир - волюметрия и плотность (I20-I25)
3) Паракардиальный жир - волюметрия и плотность (I20-I25)
4) Грудная аорта – дилатация и аневризма (I70, I71)
5) Брюшная аорта – дилатация и аневризма (I70, I71)
6) Расширение легочного ствола - легочная гипертензия (I27)
7) Аортолегочный индекс - (I27)



Периваскулярный жир



Adapted from: Alexios S. Antonopoulos. et al. Detecting human coronary inflammation by imaging perivascular fat. Sci. Transl. Med. 9, eaal2658 (2017)

Неинвазивная оценка нестабильности атеросклеротических поражений и выявление атеросклероза на ранних стадиях формирования бляшек на основании данных обычной КТ ангиографии по анализу структуры и плотности периваскулярной жировой ткани

Возможность использования глубокого обучения для обнаружения ИБС на основе фотографии лица

Пациенты, перенесшие КАГ или КТ-ангиографию

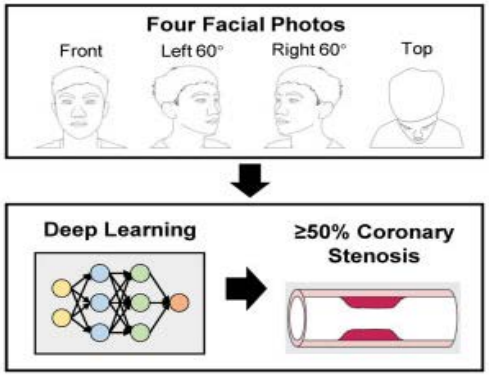
Разработка алгоритма
8 центров, n= 5796

Тест алгоритма
9 центров, n=1013

Обучающая группа (5216)
(Random 90%)

Проверочная группа (580)
(Random 10%)

Тест-группа



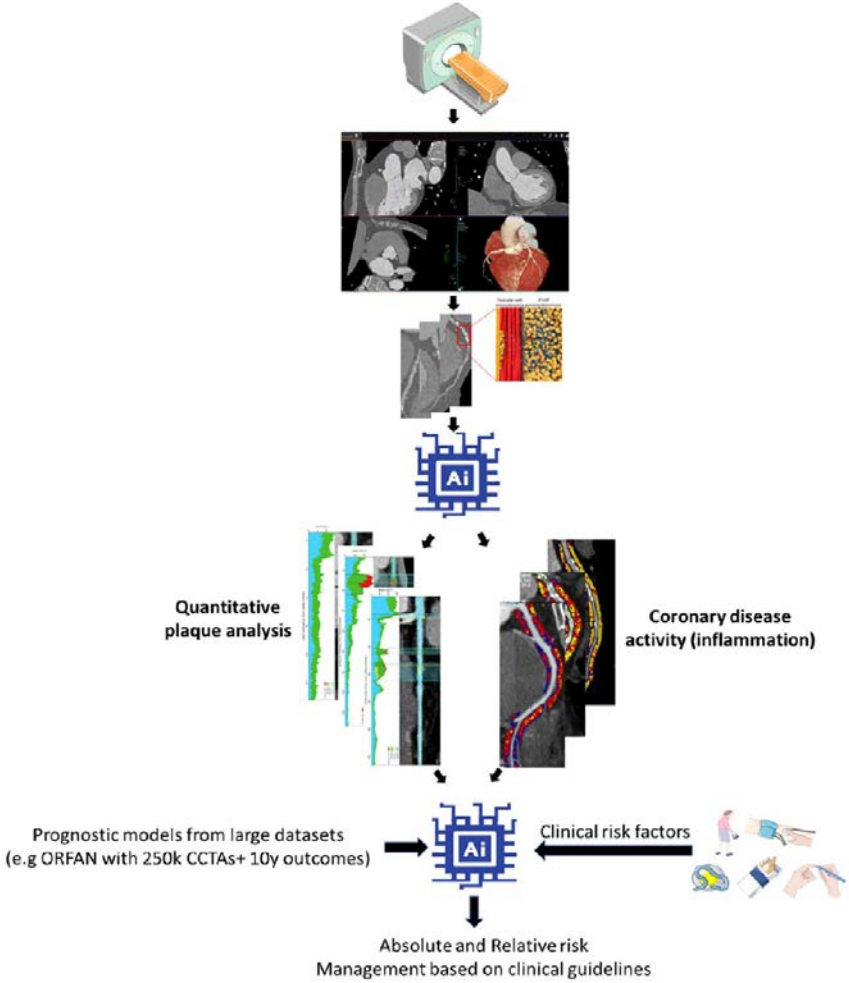
AI vs. Tradition	AUC	P value
Algorithm	0.757	Ref
Diamond-Forrester	0.631	<0.001
CAD Consortium Clinical Score	0.694	0.03

AI vs. Tradition	AUC	P value
Algorithm	0.730	Ref
Diamond-Forrester	0.623	<0.001
CAD Consortium Clinical Score	0.652	<0.001

Shen Lin, Zhigang Li et.al. European Heart Journal (2020)

Новый подход к оценке риска субклинического коронарного атеросклероза

- Анализ структуры атеросклеротической бляшки
- Оценка FAI – Fat Attenuation Index



European Heart Journal (2023) **44**, 437–439

Важные области лица

A Occluding Facial Region

Schematic Diagram	Facial Areas	△AUC
	Cheek	0.0365
	Forehead	0.0185
	Nose	0.0178
	Eyes	0.0160
	Mouth	0.0154
	Ears	0.0148
	Chin	0.0062

B Occluding 11×11 Pixels Region

В тестах, закрывающих области лица, AUC определяла снижение производительности алгоритма после перекрытия определенной области лица.

Зеленые области были выделены алгоритмом как важные для обнаружения

«Ночной кошмар» для врачей?

REVIEW ARTICLE | FOCUS
https://doi.org/10.1038/s41591-018-0300-7
nature medicine

High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence

Eric J. Topol

Nature Medicine, VOL **44** 25,2019 ,44–56

Спасибо за внимание!

Cardiologist Philipp Kopylov using AI-algorithm for ECG
Created by Lexica