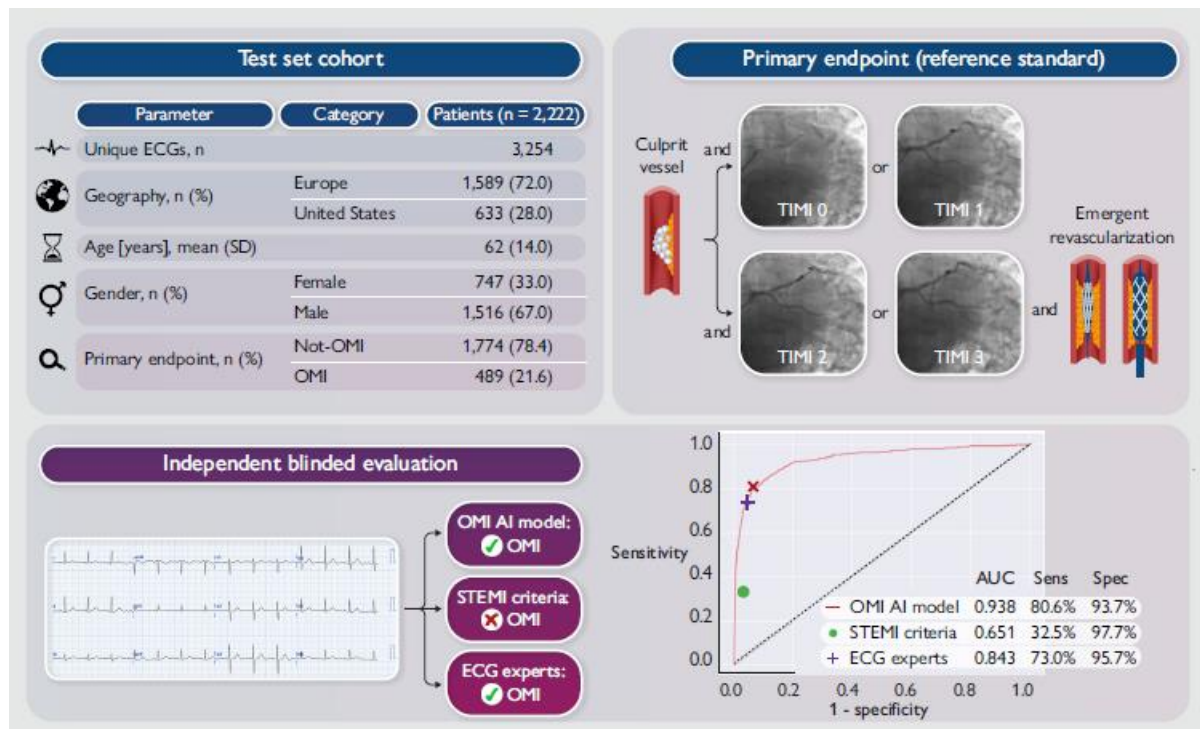


Opracowanie artykułu:

Herman R, Meyers HP, Smith SW, Bertolone DT, Leone A, Bermpeis K, Viscusi MM, Belmonte M, Demolder A, Boza V, Vavrik B, Kresnakova V, Iring A, Martonak M, Bahyl J, Kisova T, Schelfaut D, Vanderheyden M, Perl L, Aslanger EK, Hatala R, Wojakowski W, Bartunek J, Barbato E. **International evaluation of an artificial intelligence-powered electrocardiogram model detecting acute coronary occlusion myocardial infarction.** Eur Heart J Digit Health. 2024; 5(2): 123–133.doi: 10.1093/ehjdh/ztd074



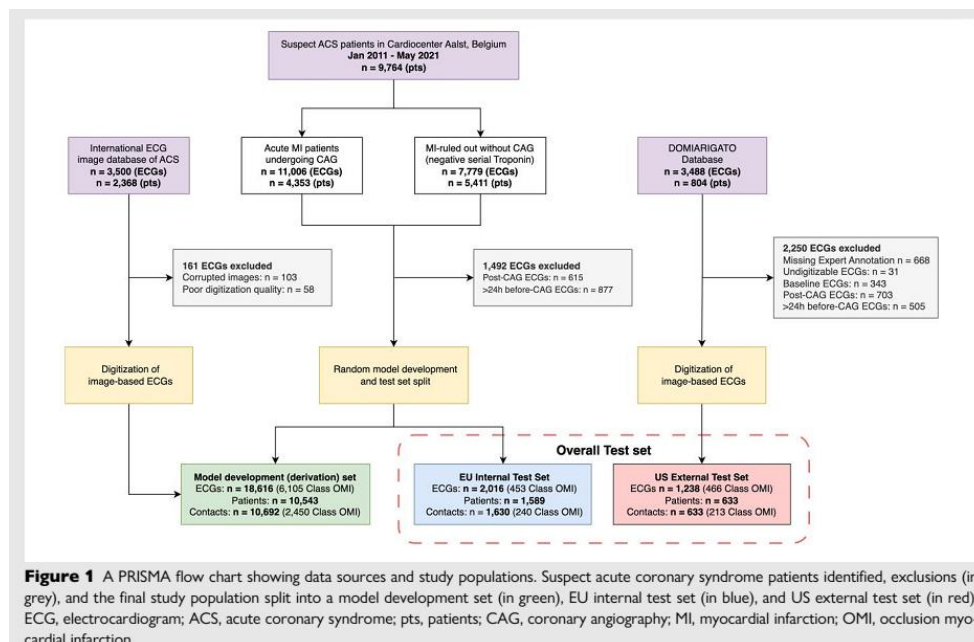
Prezentowany artykuł dotyczy istotnego klinicznie problemu identyfikacji pacjentów z ostrym zespołem wieńcowym (acute coronary syndrome - ACS) i okluzją tętnicy wieńcowej wymagającą pilnej interwencji (acutely occluded or obstructive culprit coronary artery - OMI). Autorzy przedstawiają wyniki zastosowania sztucznej inteligencji (AI) w interpretacji elektrokardiogramów chorych podejrzanych o ACS na takim podłożu i porównują skuteczność diagnostyczną takiego narzędzia w porównaniu do kryteriów rozpoznania STEMI oraz interpretacji „ekspertów EKG”.

Już we wstępie autorzy zwracają uwagę na niedoskonałość obowiązującego obecnie dychotomicznego podziału pacjentów z ACS na podstawie EKG na STEMI i NSTEMI oraz idące za tym zróżnicowanie strategii terapeutycznych (w szczególności w zakresie czasu do rewaskularyzacji). Z pewnością przyznacie Państwo, że niejednokrotnie zastanawialiście się, czy u danego pacjenta z jednym tylko EKG z uniesieniem odcinka ST rozpoznać STEMI czy też jednak NSTEMI, skoro w badaniu wykonanym za kilka minut zmian tych już nie było. Równocześnie nie raz cieszyliśmy się, że takie EKG „przyczyniło się” do natychmiastowej koronarografii, widząc świeżo zamknięte naczynie wieńcowe czy też „wiszące na włosku” zwężenie takiej tętnicy. U około 25-30% pacjentów z NSTEMI stwierdza się zmiany

wymagające zdecydowanie pilnej interwencji, a jej odroczenie wiąże się z dwukrotnie większą śmiertelnością krótko- i długoterminową.

A przypomnijmy, że w NSTEMI to szereg innych czynników niż EKG decyduje o pilności oceny stanu naczyń wieńcowych. I właśnie w prezentowanej pracy autorzy postawili hipotezę, że analiza jednego spoczynkowego 12-odprowadzeniowego EKG za pomocą AI będzie trafniejsza w identyfikacji OMI niż kryteria standardowe rozpoznania STEMI, oraz podobna w skuteczności do opinii ‘ekspertów EKG’.

Badanie miało charakter retrospektywny. Model został wyuczony na podstawie danych 10 543 pacjentów (18 616 EKG), w średnim wieku 66 lat, w większości mężczyzn (66%), zaklasyfikowanych po analizie obrazu angiograficznych jako OMI w 2450 przypadkach (23%). Dane to pochodziły ze zbiorów cyfrowych EKG belgijskiego Cardiovascular Centre Aalst z lat 2011-2021. Wyuczony model AI przetestowano na dwóch zbiorach – tzw. „EU internal testing data set” (1 589 pacjentów) oraz „US external testing data set” (633 pacjentów). W porównaniach odniesiono się do kryteriów rozpoznania STEMI opisanych w zasadach rozpoznawania zawału serca (J Am Coll Cardiol 2018;72:2231–2264)



Wyniki okazały się bardzo obiecujące. Model OMI AI na etapie uczenia osiągnął AUC 0,938 i identyfikacji pacjentów z OMI. Podobne wyniki odnotowano w obu grupach walidacyjnych – 0,946 i 0,903. Równocześnie OMI AI wykazał zdecydowanie większą czułość niż kryteria STEMI (80,6% vs 32,5%), nieco też wyższą od diagnozy ekspertów (vs 73.0%). Specyficzność OMI AI wyniosła 95,7%, podczas gdy kryteriów STEMI 97,7% a ekspertów EKG 93,7%. Oceniając te wyniki z perspektywy klinicznej należy podkreślić, że to na wysokiej czułości najbardziej nam zależy, bo tak czy inaczej koronarografię u chorego z ACS najpewniej wykonamy a chcemy wiedzieć u kogo zrobić to najpilniej.

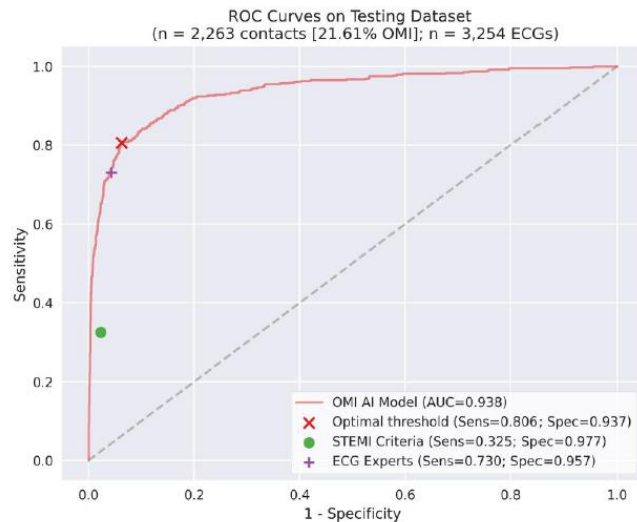


Figure 2 Artificial intelligence model performance on the overall testing data set. The receiver operating characteristic curve of the occlusion myocardial infarction artificial intelligence model (red) and the sensitivity and specificity of the occlusion myocardial infarction artificial intelligence model optimal threshold (red X), STEMI criteria (green dot), and electrocardiogram experts (purple cross) on combined EU and US testing cohorts. The AUC is 0.938 [n = 2263 contacts (21.61% occlusion myocardial infarction)]. OMI, occlusion myocardial infarction; AI, artificial intelligence; STEMI, ST-elevation myocardial infarction.

Model AI wykazał wysoką wartość predykcyjną dla obu płci i różnych przedziałów wiekowych. Czulość była nieco wyższa u kobiet niż u mężczyzn (78,4% vs 73,5%), pacjentów ze STEMI niż NSTEMI (93,3% vs 67,6%), przy tachykardii > 100/min (87,3% vs 72,3% przy HR <100/min). W odniesieniu do lokalizacji największą czulość odnotowano dla gałęzi przedniej zstępującej (78,3%) a najmniejszą dla gałęzi okalającej (68,9%). Relatywnie niska czulość dotyczyła chorych z poszerzonym zespołem QRS.

Subgroup	No. ECGs (%)	No. of OMI (%)	Sensitivity plot	Sensitivity (95% CI)	p-value	Specificity plot	Specificity (95% CI)	p-value
No. ECGs (%)	3254 (100.0%)	979 (30.1%)		74.6% (71.8 to 77.4)	—		93.4% (92.3 to 94.4)	—
Gender								
Male	2219 (68.2%)	771 (34.7%)		73.5% (70.6 to 76.5)	0.522		93.2% (91.9 to 94.5)	0.803
Female	1035 (31.8%)	208 (20.1%)		76.4% (72.9 to 84.1)	0.17		93.7% (92 to 95.3)	0.766
Age								
≤45	328 (10.1%)	66 (20.1%)		72.7% (61.8 to 83.9)	0.761		96.2% (93.6 to 98.2)	0.032
45-65	1417 (43.5%)	447 (31.5%)		77.6% (73.5 to 81.4)	0.157		91.8% (89.7 to 93.4)	0.045
≥65	1509 (46.4%)	466 (30.9%)		71.9% (67.8 to 75.7)	0.179		94.2% (92.7 to 95.6)	0.253
STEMI at presentation								
STEMI	334 (10.3%)	267 (79.9%)		93.3% (90 to 96.2)	<0.001		68.7% (57.6 to 80)	<0.001
not-STEMI	2920 (89.7%)	712 (24.4%)		67.6% (64.1 to 70.7)	<0.001		94.2% (93.2 to 95.1)	0.136
QRS duration								
<120	2806 (86.2%)	872 (31.1%)		76.6% (73.8 to 79.3)	0.154		93.2% (92 to 94.3)	0.669
≥120	448 (13.8%)	107 (23.9%)		57.9% (48.6 to 67.7)	0.002		94.7% (92.2 to 97)	0.286
BPM								
<100	2875 (88.4%)	829 (28.8%)		72.3% (69.2 to 75.3)	0.153		93.1% (91.9 to 94.2)	0.568
≥100	379 (11.6%)	150 (39.6%)		87.3% (81.9 to 92.2)	<0.001		96.5% (94 to 98.7)	0.024
Rhythm								
Sinus	2897 (89.0%)	893 (30.8%)		74.9% (72.1 to 77.8)	0.77		93.3% (92.2 to 94.3)	0.811
Pacem	133 (4.1%)	21 (15.8%)		52.4% (30.8 to 75)	0.051		91.1% (85.5 to 96.1)	0.405
AF	189 (5.8%)	45 (23.8%)		75.6% (62.5 to 87.5)	0.907		99.3% (97.9 to 100)	<0.001
VH	898 (27.6%)	245 (27.3%)		71% (65.1 to 76.5)	0.224		92.8% (90.8 to 94.7)	0.566
LBBB	246 (7.6%)	64 (26.0%)		60.9% (49.1 to 72.1)	0.014		93.4% (89.8 to 96.9)	0.957
RBBB	548 (16.8%)	133 (24.3%)		70.7% (63 to 78.3)	0.323		96.6% (94.8 to 98.3)	<0.001
Culprit artery								
LAD	456 (14.0%)	346 (75.9%)		78.3% (73.9 to 82.5)	0.098		83.6% (76.6 to 90.2)	0.003
RCA	421 (12.9%)	359 (85.3%)		76% (71.5 to 80.2)	0.493		80.6% (70 to 89.2)	0.006
LCx	286 (8.8%)	235 (82.2%)		68.9% (62.9 to 74.6)	0.051		84.3% (73.9 to 94.3)	0.077
Other	65 (2.0%)	39 (60.0%)		61.5% (46.2 to 76.9)	0.087		80.8% (64.3 to 95.2)	0.08
None	2026 (62.3%)	0 (0.0%)					94.7% (93.7 to 95.7)	0.013

Figure 3 A subgroup analysis of the sensitivity and specificity of the occlusion myocardial infarction artificial intelligence model. The vertical dashed red line represents the overall artificial intelligence model sensitivity and specificity across all electrocardiograms in the testing data set. ECG, electrocardiogram; STEMI, ST-elevation myocardial infarction; AF, atrial fibrillation; VH, ventricular hypertrophy; LBBB, left bundle branch block; RBBB, right bundle branch block; LAD, left anterior descending artery; RCA, right coronary artery; LCx, left circumflex artery.

Stosując model AI odnotowano najwięcej przypadków fałszywie dodatnich. Zdarzyło się to u 111 pacjentów, podczas gdy dla kryteriów STEMI liczność takiej grupy wyniosła 41 a w ocenie ekspertów EKG – 77. Autorzy zwrócili uwagę, że wśród 330 pacjentów z OMI nie klasyfikowanych jako STEMI według klasycznych kryteriów u 218 interwencja była odroczone > 2h. Gdyby kierowano się wskazaniem modelu AI 133 z tych pacjentów byłoby sklasyfikowanych jako OMI z zaleceniem pilnej interwencji. Model AI sklasyfikował również prawidłowo jako OMI 56 (42%) rozpoznanych fałszywie negatywnych stawianych przez ekspertów EKG.

W dyskusji autorzy podkreślają trudności diagnostyczne w rozpoznawaniu OMI i konieczność postrzegania tych pacjentów jako wysokiego ryzyka, o potencjalnie niekorzystnym rokowaniu przy odroczeniu interwencji. Nawet do 35% pacjentów z NSTEMI ma OMI. Wśród wszystkich chorych z zawałem i OMI rozpoznanie STEMI w oparciu o pierwszy EKG można postawić u jedynie 20%, a u 30% na podstawie serii zapisów. Pacjenci z OMI zdecydowanie gorzej rokują od chorych bez OMI, nawet jeżeli są młodszy i mniej obciążeni schorzeniami współistniejącymi.

W podsumowaniu autorzy wskazują, że model OMI AI, opracowany i przetestowany na podstawie danych z kohorty wieloośrodkowej i międzynarodowej, okazał się skuteczniejszy w przewidywaniu OMI niż kryteria STEMI. Wyniki te zachęcają do badań prospektywnych, które określiłyby wartość dodaną takiego algorytmu w triage'u chorych z ACS i wyłonieniu tych ze wskazaniami do pilnej strategii inwazyjnej.

Ten artykuł trafnie wskazuje potencjalne pole zastosowania AI jako narzędzia wspierającego analizę danych medycznych i decyzje kliniczne. Mamy tu do czynienia z analizą badania wykonywanego standardowo (12-odprowadzeniowe EKG), które na szczęście rejestrowane jest już w wielu ośrodkach w formie cyfrowej (a zatem „strawnej” dla automatycznych analiz). Nie dokładamy zatem dodatkowej pracy. Scenariusz kliniczny to stan nagły – pacjent z ACS, czyli sytuacja w której należy decyzje podejmować sprawnie a niejednokrotnie okoliczności utrudniają dostęp do oceny eksperckiej. W takiej sytuacji wsparcie AI może być szczególnie pomocne. Gramy o dużą stawkę! Jak wskazują obiektywne dane pacjenci z OMI mogą odnieść z pilnej diagnostyki inwazyjnej wymierne korzyści rokownicze. Podkreślę to jeszcze raz – ten model AI wykrywał najwięcej przypadków OMI (czułość > 80%). A jak jest druga strona medalu? Czy w sytuacji gdy pacjenta NSTEMI, nie spełniającego klasycznych kryteriów „pilna strategia inwazyjna” a podejrzanego o OMI na podstawie AI skierujemy do pilnej koronarografii to narażamy go na istotne ryzyko niekorzystnych zdarzeń? Moim zdaniem (zazwyczaj) tak nie będzie. Dylemat będziemy mieli w sytuacji obawy o istotne powikłania (ryzyko ostrego uszkodzenia nerek, współistniejące lub podejrzanego krwawienie, ...). Ale takie dylematy mamy zawsze, też u chorych ze STEMI. Nie ma wątpliwości, że nadal decyzję musi podjąć lekarz oceniając chorego holistycznie... ale z takim narzędziem AI pewnie byłoby mu łatwiej 😊