

Znaczenie kliniczne i metody oceny stopnia normalizacji uniesienia odcinka ST u chorych leczonych pierwotną angioplastyką wieńcową z powodu ostrego zawału serca z przetrwałym uniesieniem odcinka ST

Clinical value and methods of ST-segment elevation resolution analysis in patients treated with primary PCI for acute ST-segment elevation myocardial infarction

Edyta Kaczmarska¹, Łukasz Kalińczuk², Jakub Przyłuski²

¹ Studenckie Koło Naukowe przy I Klinice Choroby Wieńcowej i Samodzielnej Pracowni Hemodynamiki, Instytut Kardiologii, Warszawa

² I Klinika Choroby Wieńcowej i Samodzielna Pracownia Hemodynamiki, Instytut Kardiologii, Warszawa

Postępy w Kardiologii Interwencyjnej 2007; 3, 2 (8): 105-112

Słowa kluczowe: normalizacja uniesionego odcinka ST, pierwotna angioplastyka wieńcowa

Key words: resolution of ST-segment elevation, primary coronary angioplasty

Wstęp

Ocena stopnia normalizacji uniesienia odcinka ST (ang. *resolution of ST-segment elevation* – STR), czyli analiza zmian w jego wychyleniu zachodzących w pierwszych godzinach od wdrożenia leczenia, jest nieinwazyjnym, szybkim, powtarzalnym i tanim narzędziem oceniającym stan reperfuzji miokardium na jego poziomie tkankowym u chorych z ostrym zawałem serca z przetrwałym uniesieniem odcinka ST (ang. *ST-elevation myocardial infarction* – STEMI). Analiza STR ma udokumentowaną wysoką i niezależną wartość rokowniczą w przewidywaniu wczesnych i odległych zdarzeń klinicznych u chorych leczonych z powodu STEMI, zarówno pierwotną angioplastyką wieńcową (ang. *primary percutaneous coronary intervention* – pPCI), jak i trombolitycznie.

Morfologia prawidłowego odcinka ST

W prawidłowym EKG odcinek ST w punkcie połączenia z zespołem QRS (punkt J) tworzy kąt 90°. Następnie biegnie poziomo w linii izoelektrycznej, utworzonej przez odcinek TP, do miejsca połączenia z zatamkiem T. W populacji zdrowych osób normą jest wychylenie (uniesienie lub obniżenie) odcinka ST nieprzekraczają-

ce 0,1 mV. U młodych wysportowanych mężczyzn dopuszczalne jest uniesienie odcinka ST w odprowadzeniach V₁, V₂ i V₃ o wartości nawet do 0,4 mV [1]. Punkt, w którym dokonuje się pomiaru wielkości wychylenia odcinka ST, jest wyznaczany względem punktu J i znajduje się zwykle w odległości 20 lub 40 ms w kierunku załamka T (J+20, J+40) [2].

Morfologia odcinka ST w STEMI

W STEMI, w wyniku nagłego i całkowitego zamknięcia światła tętnicy wieńcowej, dochodzi do pełnościennego niedokrwienia miokardium zaopatrywanego w krew przez tętnicę dozawałową (ang. *infarct related artery* – IRA). Konsekwencją tego w EKG są zmiany w postaci horyzontalnego wychylenia, tj. obniżenia lub uniesienia, odcinka ST. Uniesienia odcinka ST są obecne w odprowadzeniach bezpośrednio reprezentujących obszar objęty niedokrwieniem. Natomiast obniżenia odcinka ST występują w odprowadzeniach rejestrujących z obszarów mięśnia serca położonych przeciwległe do strefy zawałowego niedokrwienia [2]. Dla rozpoznania STEMI konieczna jest obecność uniesienia odcinka ST $\geq 0,1$ mV w co najmniej dwóch kolejnych odprowadzeniach kończynowych lub $\geq 0,2$ mV w co najmniej dwóch sąsiadujących odprowadzeniach przedsercowych [3].

Adres do korespondencji/ Corresponding author: lek. med. Jakub Przyłuski, I Klinika Choroby Wieńcowej i Samodzielna Pracownia Hemodynamiki, Instytut Kardiologii, ul. Alpejska 42, 04-628 Warszawa, tel. +48 22 343 43 42, faks +48 22 812 13 46, e-mail: jprzylus@ikard.pl

Uniesienie odcinka ST w STEMI ściany przedniej

Nazewnictwo ostrego zawału ściany przedniej serca wyróżnia: (1) rozległy zawał ściany przedniej, (2) zawał przednio-boczny, (3) przednio-przegrodowy i (4) zawał wolnej ściany przedniej [4]. W rozległym zawałe ściany przedniej, spowodowanym najczęściej zamknięciem pnia lewej tętnicy wieńcowej (LTW) lub jednoczesną okluzją początkowych odcinków gałęzi przedniej zstępującej (GPZ) i gałęzi okalającej (GO) dochodzi do uniesienia odcinka ST w odprowadzeniach przedsercowych: V_1 – V_6 , oraz odprowadzeniach kończynowych: I i aVL. W zawałe przednio-bocznym tętnicą dozawałową jest wysoko zamknięta GPZ, której okluzja powoduje zamknięcie najczęściej jej dużej odnogi bocznej (gałąź diagonalna), a uniesienie odcinka ST typowe dla tej lokalizacji rejestruje się w odprowadzeniach: I, aVL, V_4 , V_5 i V_6 . Wysoki zawał boczny jest rozpoznawany w sytuacji, gdy uniesienie odcinka ST jest obecne wyłącznie w odprowadzeniach I i aVL [5]. W STEMI o lokalizacji przednio-przegrodowej dochodzi najczęściej do izolowanej okluzji początkowego odcinka GPZ przy zazwyczaj recesywnej lub wysoko odchodzącej gałęzi diagonalnej, a uniesienie odcinka ST występuje wówczas w odprowadzeniach V_1 , V_2 i V_3 . Zawał wolnej ściany przedniej spowodowany jest zamknięciem GPZ w jej odcinku środkowym i manifestuje się uniesieniem odcinka ST w V_3 i V_4 [4].

Uniesienie odcinka ST w STEMI ściany dolnej

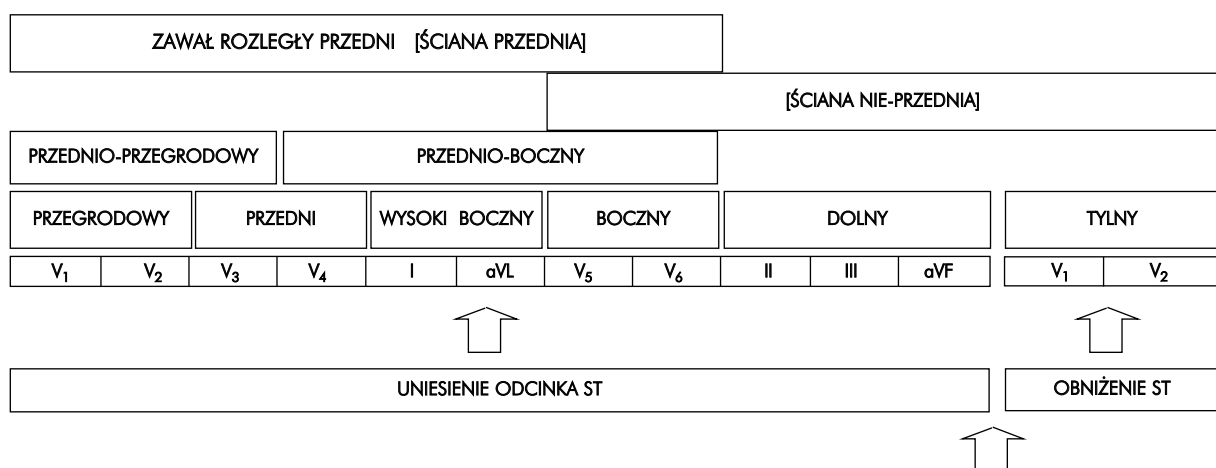
W 80% przypadków STEMI ściany dolnej dochodzi do zamknięcia prawej tętnicy wieńcowej (PTW), zaś w pozostałych przypadkach ma miejsce okluzja GO w jej dalszym odcinku. Dla tej lokalizacji typowe jest uniesienie odcinka ST w odprowadzeniach II, III, aVF, którym mogą

towarzyszyć, w wypadku dominującej (sięgającej koniuszka) PTW, obniżenia odcinka ST w odprowadzeniach V_1 – V_4 . Jeżeli wielkość uniesienia odcinka ST w odprowadzeniu III jest większa niż wielkość uniesienia w odprowadzeniu II i jednocześnie rejestruje się obniżenia odcinka ST >1 mV w odprowadzeniach I lub aVL, to z dużym prawdopodobieństwem można sądzić, że zamknięciu uległa PTW. Natomiast współistniejące uniesienie odcinka ST w odprowadzeniach I, aVL, V_5 , V_6 , charakterystyczne dla STEMI ściany dolnej z jednoczesnym zajęciem ściany bocznej serca, przemawiają za okluzją GO [5–10].

Obniżenie odcinka ST w STEMI ściany tylnej

Ostry zawał tylnej ściany serca jest wynikiem okluzji dalszego odcinka GO lub tylnobocznej odnogi gałęzi zstępującej PTW. W standardowym EKG sytuacja ta manifestuje się zwykle jako obniżenie odcinka ST w odprowadzeniach V_1 i V_2 . Z tego względu STEMI o tej lokalizacji często jest mylnie rozpoznawany i w związku z tym również błędnie leczony jako ostry zawał serca bez przetrwałego uniesienia odcinka ST (ang. *non ST-elevation myocardial infarction* – NSTEMI). We właściwym rozpoznaniu STEMI ściany tylnej, poza oceną obniżenia odcinka ST, pomocna może być ocena wielkości załamków R w odprowadzeniach V_1 i V_2 , które często w przebiegu pełnościennego niedokrwienia ściany tylnej są nieprawidłowo wysokie [4].

Należy pamiętać, że współistniejące zapalenie osierdzia, zaburzenia gospodarki elektrolitowej, hipotermia, tachykardia, bloki odnóg pęczka Hisa, zewnętrzna stymulacja elektryczna czy też bardzo dobrze rozwinięte krążenie oboczne mogą utrudniać prawidłową ocenę wychylenia odcinka ST, a przez to rozpoznanie STEMI [11].



Ryc. 1. Algorytm rozpoznawania właściwej lokalizacji zawału serca (STEMI) na podstawie uniesień lub obniżeń odcinka ST, identyfikowanych w odpowiednich odprowadzeniach standardowego zapisu EKG (modyfikacja na podstawie [4, 43])

[ŚCIANA PRZEDNIA/ŚCIANA NIE-PRZEDNIA] – nazewnictwo przyjęte dla uproszczenia oceny stopnia normalizacji uniesienia odcinka ST

Fig. 1. Algorithm of infarct wall location diagnosis in STEMI according to the identified in 12-lead ECG recording ST-segment elevations or depressions

Schemat na ryc. 1. przedstawia propozycję algorytmu rozpoznawania właściwej lokalizacji STEMI na podstawie oceny rejestrowanych wychyleń odcinka ST w poszczególnych odprowadzeniach standardowego (12-odprowadzeniowego) EKG.

Metody pomiaru i analizy stopnia STR

Dostępne metody oceny stopnia STR powstały w wyniku badań prowadzonych w celu ustanowienia odpowiednio czułego i swoistego, a przy tym praktycznego klinicznie narzędzia dla wczesnej oceny skuteczności wdrożonego leczenia reperfuzyjnego, a w związku z tym rokowania w STEMI. W wypadku leczenia trombolitycznego stopień STR jest wykładnikiem przywrócenia drożności tętnicy dozawowej. Zatem brak STR stanowi wskazanie do wykonania angioplastyki ratunkowej (ang. rescue PCI). Natomiast u chorych ze STEMI leczonych pPCI, w sytuacji kiedy drożność nasierdziowego naczynia wieńcowego jest znana, ocena stopnia STR służy również do oceny skuteczności reperfuzji, ale za to na poziomie tkankowym miokardium.

Metodologia pomiaru i interpretacji wczesnych zmian w wychyleniu odcinka ST ewoluowała na przestrzeni lat i różni się obecnie, w dobie powszechnego leczenia STEMI metodą pPCI, od metodologii stosowanej w dobie leczenia trombolitycznego. Różnice pomiędzy obecnie używanymi metodami pomiaru i analizy STR dotyczą głównie: liczby ocenianych odprowadzeń (ocena kilku lub pojedynczego odprowadzenia EKG), położenia punktu pomiaru wielkości wychylenia odcinka ST (J+20 lub J+40) czy oceny wyłącznie wielkości uniesień bądź jednoczesnej analizy wielkości uniesień i współistniejących obniżeń odcinka ST [12]. W celu uproszczenia analizy STR, przy jednoczesnym braku negatywnego wpływu na jej wartość, przyjęto wyróżniać odprowadzenia EKG z nad przedniej i nie-przedniej ściany serca (ryc. 1.). W dalszej części pracy omówione zostaną cztery najważniejsze metody analizy STR.

Metody analizy STR bazujące na jednoczesnej ocenie wielu odprowadzeń EKG

W metodzie sum STE (ang. *summed ST elevation*) analizuje się względną zmianę wielkości sumy uniesionych odcinków ST zmierzonych w wybranych odprowadzeniach wcześniej (<3 godzin) po wdrożeniu leczenia, w stosunku do odpowiadającej wartości zmierzonej bezpośrednio przed podjęciem terapii. W STEMI ściany przedniej analizowane są uniesienia odcinka ST rejestrowane w odprowadzeniach: V₁–V₆, I i aVL, zaś w STEMI ściany nie-przedniej oceniane są: II, III, aVF, V₅ i V₆ [13] (ryc. 2.).

W metodzie sum STD (ang. *summed ST deviation*) dodatkowo – w stosunku do metody sum STE – oceniana jest wielkość współistniejącego obniżenia odcinka ST w odprowadzeniach z obszaru przeciwległego do niedokrwienia zawałowego: w II, III i aVF dla STEMI ściany przedniej, a w odprowadzeniach V₁–V₄ dla STEMI o lokalizacji nie-przedniej. Należy pamiętać, że w wypadku obniżeń odcinka ST w odprowadzeniach przedsercowych pod uwagę brane są tylko te, których wielkość przekracza 0,1 mV [14] (ryc. 3.).

Stosując wyżej wymienione metody, wartość stopnia STR, odpowiednio dla sum STE i sum STD, wyraża się poprzez względną (procentową) zmianę wielkości łącznego uniesienia odcinka ST, obliczoną według wzoru:

$$STR = \frac{\text{sum STE}_1 (\text{sum STD}_1) - \text{sum STE}_2 (\text{sum STD}_2)}{\text{sum STE}_1 (\text{sum STD}_1)} \times 100\%$$

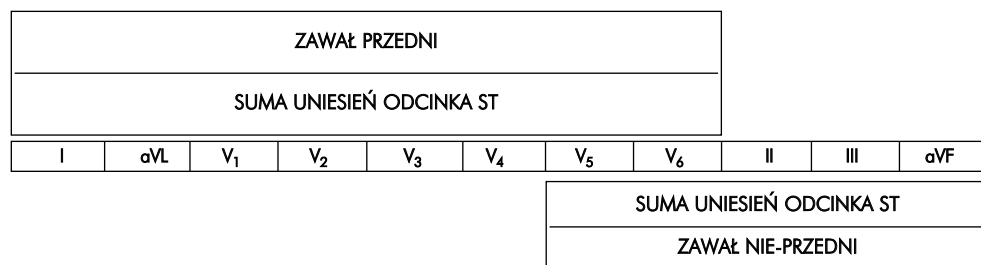
gdzie:

sum STE₁ (sum STD₁) – suma uniesień (sum STE) lub suma uniesień i obniżeń (sum STD) w EKG sprzed interwencji

sum STE₂ (sum STD₂) – suma uniesień (sum STE) lub suma uniesień i obniżeń (sum STD) w EKG po interwencji

Następnie wyliczoną wartość stopnia STR należy przyporządkować i odpowiednio uznać normalizację za:

- całkowitą (≥70%),
- częściową (30–70%),



Ryc. 2. Diagram demonstrujący wybrane i właściwe dla danej lokalizacji STEMI odprowadzenia EKG, w których dokonywany jest pomiar wielkości uniesienia odcinka ST zgodnie z metodą sum STE

Fig. 2. Demonstration of selected and proper for specific STEMI location ECG leads, in which ST-segment elevation is measured according to the sum STE methodology

ZAWAŁ PRZEDNI										
SUMA UNIESIEŃ ODCINKA ST							SUMA OBNIŻEŃ ODCINKA ST			
V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	I	aVL	II	III	aVF
SUMA OBNIŻEŃ ODCINKA ST				SUMA UNIESIEŃ ODCINKA ST						
ZAWAŁ NIE-PRZEDNI										

Ryc. 3. Diagram demonstrujący wybrane i właściwe dla danej lokalizacji STEMI odprowadzenia EKG, w których dokonywany jest pomiar wielkości uniesienia i obniżenia odcinka ST zgodnie z metodą sum STD

Fig. 3. Demonstration of selected and proper for specific STEMI location ECG leads, in which ST-segment elevations and depression are measured, according to the sum STD methodology

- c) brak normalizacji ($\leq 30\%$),
 lub, opierając się na innej klasyfikacji, nazwać ją:
 a) całkowitą ($\geq 50\%$) lub
 b) nieobecną – brak normalizacji ($< 50\%$).

Metody analizy STR opierające się na ocenie pojedynczego odprowadzenia EKG

Metoda maxSTE (ang. *maximum ST elevation*) polega na ocenie wielkości tylko najwyższego uniesienia odcinka ST identyfikowanego w pojedynczym odprowadzeniu standardowego zapisu EKG, zarejestrowanego nie później niż do 3 godzin od wdrożenia reperfuzji [15]. Stosując metodę maxSTE dla chorego ze STEMI ściany nie-przedniej, należy w EKG po interwencji terapeutycznej znaleźć odprowadzenie z najwyższą wartością rezydualnego wychylenia (uniesienia bądź obniżenia) odcinka ST, biorąc pod uwagę jego uniesienie w odprowadzeniach II, III, aVF, V₅ i V₆ bądź ewentualne obniżenie w odprowadzeniach V₁–V₄. Natomiast w STEMI ściany przedniej należy zidentyfikować odprowadzenie z największym uniesieniem odcinka ST spośród odprowadzeń: V₁–V₆, I i aVL. Na podstawie pomiarów wartości wychylenia odcinka ST dokonanych w tak zidentyfikowanych odprowadzeniach oraz stosując ustanowione przez Schröder i wsp. kryteria, kwalifikujemy chorych do nastę-

pujących grup: (1) niskiego, (2) średniego bądź (3) wysokiego ryzyka (tab. 1.). Przy czym w zawałach ściany przedniej na podstawie EKG wykonanego przed wdrożeniem leczenia dokonujemy rozróżnienia ze względu na rozległość zawału. I tak wśród chorych z rozległym STEMI ściany przedniej, definiowanym jako uniesienie odcinka ST $> 4,5$ mm, obecne w pojedynczym odprowadzeniu zapisu wyjściowego, grupę wysokiego ryzyka stanowią chorzy z maksymalnym pozabiegowym uniesieniem odcinka ST > 3 mm, zaś grupę niskiego ryzyka chorzy, u których wartość ta jest ≤ 2 mm. W STEMI ściany przedniej z najwyższym uniesieniem odcinka ST $< 4,5$ mm (nierozległym), chorych kwalifikujemy do grupy wysokiego ryzyka w sytuacji, gdy najwyższe z rezydualnych uniesień odcinka ST jest większe niż 5 mm. Natomiast do grupy niskiego ryzyka zaliczamy chorych, u których najwyższe z rezydualnych uniesień odcinka ST nie przekracza 1 mm. W wypadku STEMI pozostałych lokalizacji, pacjenci z maksymalnym rezydualnym uniesieniem (II, III, aVF, V₅–V₆) bądź obniżeniem (V₁–V₄) odcinka ST > 2 mm są klasyfikowani niezależnie od wielkości wyjściowego wychylenia odcinka ST do grupy wysokiego ryzyka, w przeciwieństwie do chorych niskiego ryzyka, u których wartość ta nie przekracza 1 mm. Chorzy niepełniający żadnego z powyższych kryteriów są kwalifikowani do grupy średniego ryzyka według maxSTE. W ra-

Tabela 1. Definicje określonych grup ryzyka według metody maxSTE

Table 1. Definitions of specific risk group categories according to the maxSTE methodology

		Ściana przednia		Ściana nie-przednia	
Przed leczeniem		$\uparrow ST \leq 4,5$ mm	$\uparrow ST > 4,5$ mm	$\uparrow \downarrow ST$	
Po leczeniu	grupa niskiego ryzyka	$\uparrow ST \leq 1$ mm	$\uparrow ST \leq 2$ mm	$\uparrow ST \leq 1$ mm	$\downarrow ST \leq 1$ mm
	grupa wysokiego ryzyka	$\uparrow ST > 5$ mm	$\uparrow ST > 3$ mm	$\uparrow ST > 2$ mm	$\downarrow ST > 2$ mm
		BBB		BBB	

BBB (ang. *bundle-branch block*) – nowy blok odnogi pęczka Hisa, $\downarrow ST/\uparrow ST$ – uniesienie/obniżenie odcinka ST

zie wystąpienia nowego bloku odnogi pęczka Hisa, niezależnie od wartości wychylenia odcinka ST, chorzy są zaliczani do grupy wysokiego ryzyka według maxSTE [15].

Najprostsza metoda analizy pojedynczego odprowadzenia EKG, której wartość kliniczna dowiedziona została na grupie 700 chorych z badania CADILLAC, polega na ocenie wielkości najwyższej uniesionego odcinka ST mierzonej wcześniej po zabiegu – maxSTPost (ang. *maximum ST postprocedural*) [16]. Ocena ta jest niezależna od wielkości uniesienia odcinka ST w EKG przed interwencją. W grupie chorych ze STEMI ściany nie-przedniej wartość maxSTPost oceniano w odprowadzeniach: II, III, aVF, V₅ i V₆, zaś w STEMI ściany przedniej maxSTPost w odprowadzeniach: V₁–V₆, I i aVL. Na podstawie wielkości maxSTPost, chorego kwalifikowano do grupy:

- niskiego ryzyka, gdy maxSTPost była ≤ 1 mV,
- średniego ryzyka, gdy maxSTPost była > 1 i ≤ 2 mV,
- wysokiego ryzyka, gdy maxSTPost była > 2 mV [16].

Wartość kliniczna oceny stopnia STR u chorych leczonych trombolitycznie

Badania nad oceną stopnia STR u chorych leczonych fibrynolitycznie dotyczyły głównie oceny skuteczności poszczególnych generacji leków trombolitycznych w przywracaniu należytej drożności IRA, tj. z przepływem TIMI 3/2 (ang. *thrombolysis in myocardial infarction*) [14, 17]. Wykazano, że ocena stopnia STR w 60. bądź 90. minucie po wdrożeniu leczenia trombolitycznego pozwala najtrafniej i wystarczająco wcześniej przewidzieć drożność IRA i ewentualnie kierować chorego do leczenia inwazyjnego. Należy jednak pamiętać, że tylko całkowita STR pozwala z całą pewnością wnioskować o pełnej zarówno nasierdziejowej, jak i tkankowej reperfuzji. U wysokiego odsetka chorych, w zależności od badanej grupy sięgającego nawet 50%, przywróceniu przepływu nasierdziejowego równego TIMI 3 nie towarzyszy normalizacja uniesionego odcinka ST [18].

Normalizacja odcinka ST po pPCI – ocena reperfuzji na poziomie tkankowym

Stopień normalizacji uniesienia odcinka ST po pPCI wykorzystywany jest przede wszystkim jako narzędzie wczesnego i nieinwazyjnego, a co najważniejsze, obiektywnego wglądu w stan reperfuzji miokardium na jego poziomie tkankowym [19, 20]. Santoro i wsp., przy użyciu perfuzyjnej echokardiografii kontrastowej, wykazali, że czułość, specyficzność, pozytywna i negatywna wartość prognostyczna całkowitej rezolucji odcinka ST w określeniu reperfuzji miokardium po pPCI wynoszą odpowiednio 77, 91, 95 i 62. Wartości te dokumentują wysoką wartość analizy STR w ocenie reperfuzji tkankowej [21].

Angiografia, poza oceną nasierdziejowej drożności IRA (skala TIMI), umożliwia także ocenę reperfuzji na pozio-

mie mikrokrążenia serca – służy do tego klasyfikacja MBG (ang. *myocardial blush grade*). Należy jednak pamiętać, że angiograficzna ocena reperfuzji tkankowej według MBG wymaga odpowiednio długiego filmowania wstrzyknięć dowieńcowych, dużego doświadczenia we właściwym postępowaniu się tą metodą, a ponadto jest wysoce subiektywna. Interesujące jest, że w grupie chorych z prawidłowym MBG o stopniu równym 3 lub 2, w odróżnieniu od chorych z końcowym MBG o stopniu równym 0 lub 1, znamienne częściej ma miejsce całkowita normalizacja uniesionego odcinka ST [22]. Relację pomiędzy stopniem STR a skutecznością reperfuzji tkankowej potwierdzono, oceniając stan reperfuzji metodą PET (ang. *positron emission tomography*) [23].

Brak normalizacji odcinka ST jest wyznacznikiem braku reperfuzji tkankowej, również w podgrupie chorych z przywróconym prawidłowym przepływem nasierdziejowym równym TIMI 3. Dla przykładu, w grupie chorych z badania CADILLAC, pomimo bardzo wysokiego wskaźnika udrożeń TIMI 3 równego 96%, u niemal 39% chorych po zabiegu nie wystąpiła normalizacja uniesienia odcinka ST [16]. W analizie chorych z Rejestru Zawałów Serca ANIN, przepływ TIMI 3 uzyskano u 81,7% chorych, z czego tylko 48,2% znalazło się w grupie niskiego ryzyka według maxSTE [24].

Wartość prognostyczna oceny stopnia STR

Wykazano, że niezależnie od zastosowanej metody leczenia (tromboliza, pierwotna PCI, torowana PCI), ocena STR ma wartość prognostyczną, ponieważ pozwala na faktyczną ocenę skuteczności podjętego leczenia [25]. Przywrócenie prawidłowego przepływu krwi na poziomie mikrokrążenia w strefie dozawałowej wiąże się powrotem funkcji kardiomiocytów i zwiększa szansę na przywrócenie prawidłowej funkcji skurczowej mięśnia serca oraz zapobiega i ogranicza strefę niekorzystnej przebudowy z wytworzeniem blizny lub tętniaka w ścianie komory [26–28]. W konsekwencji, chorzy, u których osiągnięto całkowitą normalizację uniesionego odcinka ST, mają dobre rokowanie, zarówno w krótko-, jak i długoterminowej obserwacji (śmiertelność w obserwacji 30-dniowej i 12-miesięcznej jest równa odpowiednio 2,5 i 5,4%) [24].

Wyniki licznych doniesień potwierdzają przewagę pozabiegowej oceny STR nad angiograficzną oceną stopnia przywróconego przepływu nasierdziejowego według skali TIMI we wczesnej stratyfikacji ryzyka zgonu u chorych po pPCI [24, 29]. Co więcej, analiza STR według maxSTE pozwala na niezależną stratyfikację ryzyka nawet w podgrupie chorych z przywróconym prawidłowym przepływem nasierdziejowym równym TIMI 3. Istotne jest, że śmiertelność w grupie chorych z przepływem TIMI 3 po zabiegu i brakiem normalizacji uniesionego odcinka ST jest niewiele niższa (9,3 i 13,0 dla obserwacji 30-dniowej i 12-miesięcznej) niż w grupie chorych

z przepływem TIMI 0–2, czyli po nieskutecznym zabiegu (odpowiednio: 15,6 i 18,8% dla obserwacji 30-dniowej i 12-miesięcznej) [24].

Wszystkie cztery przedstawione powyżej metody analizy STR mają wysoką wartość w ocenie zarówno krótko-, jak i długoterminowego rokowania [15, 16, 19, 20, 30, 31]. Ocena stopnia STR metodą sum STR lub sum STD, niezależnie od zastosowanego leczenia, przewiduje enzymatyczną wielkość zawału, a w konsekwencji powrót funkcji lewej komory [26, 27, 32]. Jak omówiono wyżej, stopień STR mierzony na podstawie oceny wielu odprowadzeń (sum STE i sum STD) może być klasyfikowany w dwóch zakresach: obecność lub brak normalizacji uniesienia z punktem odcięcia równym 50%, lub w trzech zakresach: całkowita, częściowa i brak normalizacji, z punktami odcięcia równymi odpowiednio 70 i 30%. Udowodniono, że obie te klasyfikacje stopnia STR ocenianego w wielu odprowadzeniach EKG mają wartość prognostyczną. Jednak klasyfikacja stopnia STR w trzech zakresach pozwala na bardziej precyzyjne określenie rokowania chorych, wyróżniając grupę chorych o dobrym rokowaniu, z ryzykiem zgonu w obserwacji rocznej równym 2,4%, grupę z ryzykiem zgonu w okresie 12 miesięcy po zabiegu równym 6,2% i grupę chorych wysokiego ryzyka, z odpowiednio 6-krotnie i 2-krotnie większym ryzykiem zgonu w stosunku do grup poprzednich ($p=0,03$) [32, 33].

McLaughlin i wsp., w grupie chorych z badania CADILLAC, porównali wartość rokowniczą pięciu różnych metod analizy stopnia STR w przewidywaniu: zgonu, powtórnego zawału serca i złożonego punktu końcowego [16]. Zbadano następujące metody: (1) sum STE, (2) stopień względnej (%) normalizacji największego z uniesionych odcinków ST, mierzonego w pojedynczym odprowadzeniu właściwym dla danej lokalizacji zawału (maxSTR), (3) wartość maksymalnego uniesienia odcinka ST zmierzoną w EKG wykonanym przy przyjęciu (maxSTPre), (4) maxSTPost i (5) wartość największego rezydualnego uniesienia odcinka ST (dla STEMI ściany przedniej >2 mV, a dla STEMI ściany dolnej >1 mV). Wyniki analizy wieloczynnikowej wskazują na ocenę maxSTPost jako jedyną niezależną i odpowiednio czułą i specyficzną metodę pozwalającą trafnie przewidzieć wszystkie obrane punkty końcowe. Chorzy z wartością rezydualnego uniesienia odcinka ST >1 mV (grupa średniego i wysokiego ryzyka), w stosunku do chorych z wartością maxSTPost ≤ 1 mV (grupa niskiego ryzyka) mieli niemal 7-krotnie wyższe ryzyko zgonu w obserwacji 30-dniowej (95% CI 2,28–21,38; $p=0,0007$) i około 2,5-krotnie większe ryzyko śmierci w okresie 12 miesięcy po zabiegu (95% CI 1,39–5,77; $p=0,004$). W analizie grupy chorych leczonych pPCI z powodu STEMI, włączonych do Rejestru Zawałów Serca ANIN, porównano wartość predykcyjną trzech metod oceny stopnia STR: sum STE, sum STD i maxSTE [30]. Wyka-

zano, że stopień normalizacji odcinka ST oceniany za pomocą wszystkich trzech badanych metod korelował z rokowaniem w obserwacji rocznej. Jednak w modelu analizy wieloczynnikowej jedynie stratyfikacja ryzyka na podstawie oceny STR metodą maxSTE okazała się niezależna od pozostałych w przewidywaniu zgonu w obserwacji 12-miesięcznej (OR 3,10; 95% CI 1,11–8,63; $p=0,030$), pozostając jednocześnie niezależną od: (1) wieku chorego, (2) oceny przywróconego przepływu w IRA według TIMI, (3) wydolności krążenia przy przyjęciu ocenianej w skali Killipa czy też (4) lokalizacji STEMI [30].

W tym miejscu warto przypomnieć, że zarówno liczba odprowadzeń z uniesieniem odcinka ST, jak też wartość łącznego bądź najwyższego uniesienia odcinka ST, oceniane w EKG przed wdrożeniem leczenia, mogą być miarą rozległości obszaru zagrożonego martwicą, a ich wyłączna analiza pozwala także na wczesną ocenę rokowania [34–39]. Tłumaczy się to tym, że nie wszystkie z podjętych działań leczniczych są skuteczne – i wówczas nie dochodzi do wczesnej redukcji w wielkości uniesienia odcinka ST – albo nawet przy pomyślnym wyniku zabiegu, ale wyjściowo dużym obszarze niedokrwienia, zmiany w wielkości uniesienia mogą być stosunkowo małe, co powoduje, że wyniki analizy zarówno wyjściowego EKG, jak i zarejestrowanego po zabiegu mogą być bardzo podobne.

Na uwagę zasługuje fakt, że w omawianej już wyżej analizie z badania CADILLAC wielkość uniesienia odcinka ST mierzona przed zabiegiem (maxSTPre) miała istotną wartość prognostyczną, ale nie była niezależna, tzn. jej ocena w porównaniu z oceną innych parametrów okazała się mniej trafna w ustalaniu rokowania chorego. Natomiast wartość rokownicza maxSTPost okazała się najlepsza spośród pięciu porównywanych metod analizy STR, a co więcej – jej użyteczność była badana w modelu analizy wieloczynnikowej, w której uwzględniono również ocenę maxSTPre [16].

Należy zaznaczyć, że porównywanie wartości wszystkich opisanych metod analizy STR jest trudne i nie należy ich stosować zamiennie. Wydaje się, że ocena względnej wielkości stopnia normalizacji uniesionego odcinka ST odpowiada wielkości miokardium, w którym przywrócono prawidłową perfuzję, wyrażoną jako stosunek obszaru nadal niedokrwionego po zabiegu do wielkości obszaru zagrożonego. Natomiast metody analizujące wartość rezydualnego wychylenia odcinka ST po zabiegu mogą korespondować z obszarem miokardium, w którym nie udało się przywrócić perfuzji tkankowej.

Może się zdarzyć, że u chorego zagrożonego rozległym zawałem serca (uniesienia i obniżenia odcinka ST o wysokiej wartości obecne w licznych odprowadzeniach) na skutek udroźnienia i angioplastyki udaje się osiągnąć całkowitą normalizację odcinka ST (sum STE lub sum STD $>70\%$), jednak wielkość pozosta-

tego uniesienia odcinka ST, pomimo że stanowi jedynie niewielką część zmierzzonego wyjściowo wychylenia, jest na tyle duża, by chory został zakwalifikowany do grupy średniego, a nawet wysokiego ryzyka według maxSTE czy maxSTPost. Zaś chory z niewielkim uniesieniem odcinka ST, pomimo nieuzyskania pełnej normalizacji, może mieć niewielkie ryzyko poważnych powikłań. Te przykłady ilustrują patofizjologiczny mechanizm, będący jednym z powodów przewagi oceny wielkości rezydualnego wychylenia odcinka ST nad oceną jego względnej zmiany w ocenie rokowania u chorych ze STEMI [15, 23].

Na zakończenie należy również wspomnieć, że niektórzy badacze sugerowali stosowanie ciągłego zapisu EKG w precyzyjnym monitoringu fluktuacji odcinka ST, zachodzących podczas reperfuzji mikrokrążenia [40–42]. Ponieważ ich wartość prognostyczna w STEMI nie jest dostatecznie dobrze udokumentowana, nie będą one tutaj przedstawiane.

Podsumowanie

Ocena stopnia STR wśród chorych leczonych fibrynolitycznie bądź pPCI z powodu STEMI jest prostym i nieinwazyjnym narzędziem oceny skuteczności reperfuzji miokardium na jego poziomie tkankowym. Między innymi dzięki tej własności ocena STR pozwala na wczesną i niezależną, a przy tym wyjątkowo trafną ocenę zarówno krótko-, jak i długoterminowego rokowania. Wyniki przeprowadzonych badań dowodzą, że wartość prognostyczna analizy stopnia STR oparta na ocenie wyłącznie jednego odprowadzenia (metody: maxSTE i maxSTPost) w porównaniu z analizami wielu odprowadzeń (metody: sum STE i sum STD) jest niezależna i cechuje się wyższą czułością i specyficznością, co pozwala na bardziej precyzyjne wyodrębnienie chorych o dobrym rokowaniu i zagrożonych zdarzeniami niepożądanymi. Ze względu na wykazane liczne zalety, w tym prostotę, należy upowszechnić stosowanie w praktyce klinicznej opisanych metod analizy STR w jednym odprowadzeniu EKG.

Piśmiennictwo

- Macfarlane PW. Age, sex, and the ST amplitude in health and disease. *J Electrocardiol* 2001; 34 Suppl.: 235-241.
- Wagner GS. *Elektrokardiografia praktyczna*. Mandecki M (red.). Wydawnictwo Medyczne Urban&Partner, Wrocław 1999.
- Alpert JS, Thygesen K, Antman E i wsp. Myocardial infarction redefined—a consensus document of The Joint European Society of Cardiology/American College of Cardiology Committee for the redefinition of myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 2000; 36: 959-969.
- Tomasik T, Windak A, Skalska A i wsp. *Elektrokardiografia dla lekarza praktyka*. Uniwersyteckie Wydawnictwo Medyczne Vesalius, Kraków 1998.
- Dąbrowska B, Dąbrowski A. *Podręcznik elektrokardiografii*. PZWL, Warszawa 1999.
- Zimetbaum PJ, Josephson ME. Use of the electrocardiogram in acute myocardial infarction. *N Engl J Med* 2003; 348: 933-940.
- Bairey NC, Shah PK, Lew AS i wsp. Electrocardiographic differentiation of occlusion of the left circumflex versus the right coronary artery as a cause of inferior acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 1987; 60: 456-459.
- Hasdai D, Birnbaum Y, Herz I i wsp. ST segment depression in lateral limb leads in inferior wall acute myocardial infarction. Implications regarding the culprit artery and the site of obstruction. *Eur Heart J* 1995; 16: 1549-1553.
- Chia BL, Yip JW, Tan HC i wsp. Usefulness of ST elevation II/III ratio and ST deviation in lead I for identifying the culprit artery in inferior wall acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 2000; 86: 341-343.
- Zimetbaum P, Krishnan S, Gold A i wsp. Usefulness of ST-segment elevation in lead III exceeding that of lead II for identifying the location of the totally occluded coronary artery in inferior wall myocardial infarction. *Am J Cardiol* 1998; 81: 918-919.
- Wang K, Asinger RW, Marriott HJ. ST-segment elevation in conditions other than acute myocardial infarction. *N Engl J Med* 2003; 349: 2128-2135.
- Kaluzay J, Vandenberghe K, Fontaine D i wsp. Importance of measurements at or after the J-point for evaluation of ST-segment deviation and resolution during treatment for acute myocardial infarction. *Int J Cardiol* 2005; 98: 431-437.
- Schröder R, Dissmann R, Brüggemann T i wsp. Extent of early ST segment elevation resolution: a simple but strong predictor of outcome in patients with acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 1994; 24: 384-391.
- Schröder R, Wegscheider K, Schröder K i wsp. Extent of early ST segment elevation resolution: a strong predictor of outcome in patients with acute myocardial infarction and a sensitive measure to compare thrombolytic regimens. A substudy of the International Joint Efficacy Comparison of Thrombolytics (INJECT) trial. *J Am Coll Cardiol* 1995; 26: 1657-1664.
- Schröder K, Wegscheider K, Zeymer U i wsp. Extent of ST-segment deviation in a single electrocardiogram lead 90 min after thrombolysis as a predictor of medium-term mortality in acute myocardial infarction. *Lancet* 2001; 358: 1479-1486.
- McLaughlin MG, Stone GW, Aymong E i wsp. Prognostic utility of comparative methods for assessment of ST-segment resolution after primary angioplasty for acute myocardial infarction: the Controlled Abciximab and Device Investigation to Lower Late Angioplasty Complications (CADILLAC) trial. *J Am Coll Cardiol* 2004; 44: 1215-1223.
- de Lemos JA, Antman EM, Giugliano RP i wsp. ST-segment resolution and infarct-related artery patency and flow after thrombolytic therapy. Thrombolysis in Myocardial Infarction (TIMI) 14 investigators. *Am J Cardiol* 2000; 85: 299-304.
- de Lemos JA. ST-Segment resolution as a marker of epicardial and myocardial reperfusion after thrombolysis: insights from the TIMI 14 and in TIME-II trials. *J Electrocardiol* 2000; 33 Suppl.: 67-72.
- Corbalán R, Larrain G, Nazzari C i wsp. Association of noninvasive markers of coronary artery reperfusion to assess microvascular obstruction in patients with acute myocardial infarction treated with primary angioplasty. *Am J Cardiol* 2001; 88: 342-346.
- Claeys M, Bosmans J, Veenstraan L i wsp. Determinants and prognostic implications of persistent ST-segment elevation after primary angioplasty for acute myocardial infarction: importance of microvascular reperfusion injury on clinical outcome. *Circulation* 1999; 99: 1972-1977.
- Santoro GM, Valenti R, Buonamici P i wsp. Relation between ST-segment changes and myocardial perfusion evaluated by myocardial contrast echocardiography in patients with acute myocardial infarction treated with direct angioplasty. *Am J Cardiol* 1998; 82: 932-937.
- van 't Hof AW, Liem A, Suryapranata H i wsp. Angiographic assessment of myocardial reperfusion in patients treated with primary angioplasty for acute myocardial infarction: myocardial blush grade. Zwolle Myocardial Infarction Study Group. *Circulation* 1998; 97: 2302-2306.
- Desmet WJ, Mesotten LV, Maes AF. Relation between different methods for analysing ST segment deviation and infarct size as assessed by positron emission tomography. *Heart* 2004; 90: 887-892.
- Kalińczuk Ł, Przyłuski J, Karcz M i wsp. Comparison of prognostic value of epicardial blood flow and early ST-segment resolution after primary coronary angioplasty. ANIN-Myocardial Infarction Registry. *Kardiologia Polska* 2007; 65: 1-10.
- Thiele H, Scholz M, Engelmann L i wsp. ST-segment recovery and prognosis in patients with ST-elevation myocardial infarction reperfused by prehospital combination fibrinolysis, prehospital initiated facilitated percutaneous coronary intervention, or primary percutaneous coronary intervention. *Am J Cardiol* 2006; 98: 1132-1139.

26. Poli A, Fetiveau R, Vandoni P i wsp. Integrated analysis of myocardial blush and ST-segment elevation recovery after successful primary angioplasty: Real-time grading of microvascular reperfusion and prediction of early and late recovery of left ventricular function. *Circulation* 2002; 106: 313-318.
27. Feldman LJ, Coste P, Furber A i wsp. Incomplete resolution of ST-segment elevation is a marker of transient microcirculatory dysfunction after stenting for acute myocardial infarction. *Circulation* 2003; 107: 2684-2689.
28. Nicolau JC, Maia LC, Vitola J i wsp. ST-segment resolution and late (6-month) left ventricular remodeling after acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 2003; 91: 451-453.
29. Shah A, Wagner GS, Granger CB i wsp. Prognostic implications of TIMI flow grade in the infarct related artery compared with continuous 12-lead ST-segment resolution analysis. Reexamining the "gold standard" for myocardial reperfusion assessment. *J Am Coll Cardiol* 2000; 35: 666-672.
30. Przyłuski J, Karcz M, Kalińczuk L i wsp. Comparison of different methods of ST segment resolution analysis for prediction of 1-year mortality after primary angioplasty for acute myocardial infarction. *Ann Noninvasive Electrocardiol* 2007; 12: 5-14.
31. Schröder K, Wegscheider K, Zeymer U i wsp. Prediction of long-term outcome by the extent of existing ST-segment deviation in a single electrocardiographic lead shortly after thrombolysis in acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 2003; 91: 454-457.
32. Dong J, Ndrepepa G, Schmitt C i wsp. Early resolution of ST-segment elevation correlates with myocardial salvage assessed by Tc-99m sestamibi scintigraphy in patients with acute myocardial infarction after mechanical or thrombolytic reperfusion therapy. *Circulation* 2002; 105: 2946-2949.
33. Sciagra R, Parodi G, Migliorini A i wsp. ST-segment analysis to predict infarct size and functional outcome in acute myocardial infarction treated with primary coronary intervention and adjunctive abciximab therapy. *Am J Cardiol* 2006; 97: 48-54.
34. Hackworthy RA, Vogel NB, Harris PJ. Influence of infarct artery patency on the relation between initial ST segment elevation and final infarct size. *Br Heart J* 1986; 56: 222-225.
35. Aldrich HR, Wagner NB, Boswick J i wsp. Use of initial ST-segment deviation for prediction of final electrocardiographic size of acute myocardial infarcts. *Am J Cardiol* 1988; 61: 749-753.
36. Rosenbaum FF, Wilson FN, Johnston FD. Changes in the precordial electrocardiogram produced by extension of anteroseptal myocardial infarction. *Am Heart J* 1945; 30: 11-18.
37. Heng MK, Singh B, Norris RM i wsp. Relationship between epicardial ST-segment elevation and myocardial ischemic damage after experimental coronary artery occlusion in dogs. *J Clin Invest* 1976; 58: 1317-1326.
38. Willems JL, Willems RJ, Willems GM i wsp. Significance of initial ST segment elevation and depression for the management of thrombolytic therapy in acute myocardial infarction. European Cooperative Study Group for Recombinant Tissue-Type Plasminogen Activator. *Circulation* 1990; 82: 1147-1158.
39. Hathaway WR, Peterson ED, Wagner GS i wsp. Prognostic significance of the initial electrocardiogram in patients with acute myocardial infarction. GUSTO-I Investigators. Global Utilization of Streptokinase and t-PA for Occluded Coronary Arteries. *JAMA* 1998; 279: 387-391.
40. Krucoff MW, Croll MA, Pope JE i wsp. Continuous 12-lead ST-segment recovery analysis in the TAMI 7 study. Performance of a noninvasive method for real-time detection of failed myocardial reperfusion. *Circulation* 1993; 88: 437-446.
41. Langer A, Krucoff MW, Klootwijk P i wsp. Prognostic significance of ST segment shift early after resolution of ST elevation in patients with myocardial infarction treated with thrombolytic therapy: the GUSTO-I ST Segment Monitoring Substudy. *J Am Coll Cardiol* 1999; 31: 783-789.
42. Krucoff MW, Green CE, Satler LF i wsp. Noninvasive detection of coronary artery patency using continuous ST-segment monitoring. *Am J Cardiol* 1986; 57: 916-922.
43. ECC Committee, Subcommittees and Task Forces of the American Heart Association. 2005 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2005; 112 (24 Suppl): IV1-203.