

# Diabetes mellitus a rezistencia na liečbu antagonistami ADP-receptorov: význam, možnosti detekcie a terapeutického ovplyvnenia

Diabetes mellitus and resistance to therapy with ADP-receptor antagonists: Importance, possibilities of detection and therapeutic influence

Matej Samoš, Tomáš Bolek, František Kovář, Peter Galajda, Marián Mokáň

I. interná klinika, Jesseniova LF UK a UNM, Martin

✉ MUDr. Matej Samoš, PhD. | matej.samos@gmail.com | www.jfmed.uniba.sk

## Kľúčové slová/Klíčová slova

agregometria  
antagonisti ADP-receptorov  
diabetes mellitus  
fosforylácia VASP  
klopidogrel  
prasugrel  
rezistencia na liečbu  
klopidogrelom  
tikagrelor

## Key words

ADP-receptor blockers  
aggregometry  
clopidogrel  
clopidogrel resistance  
diabetes mellitus  
phosphorylation VASP  
prasugrel  
ticagrelor

*Doručené do redakcie/*

*Doručeno do redakce/Received*

30. 12. 2017

*Prijaté po recenzii/*

*Prijato po recenzii/Accepted*

29. 1. 2018

## Abstrakt

Diabetes mellitus (DM) je spojený s rezistenciou na liečbu klopidogrelom, ktorá je nezávislým rizikovým faktorom ischemických nežiaducich príhod u pacientov podstupujúcich perkutánne koronárne intervencie, vrátane trombózy stentu. Vyšetrenie reaktivity trombocytov na liečbe antagonistom ADP-receptorov je vhodné predovšetkým u pacientov s DM liečených klopidogrelom. Toto vyšetrenie je dnes možné pomocou nešpecifických metód, z nich zlatý štandard predstavuje optická agregometria, ako aj pomocou špecifickej metódy – meraním fosforylácie VASP (vasodilator stimulated phosphoprotein). Na prekonanie uvedenej rezistencie sa v súčasnosti zdá byť výhodnejšie použitie nových antagonistov ADP-receptorov, ako je prasugrel a tikagrelor, ktoré u diabetikov dosahujú rýchlu a konzistentnú inhibíciu funkcie trombocytov. V individualizovaných prípadoch je možné zväziť aj stratégiu modifikovaného dávkovania liečby klopidogrelom, účinnosť tejto stratégie je však slabšie podporená dôkazmi z klinických štúdií. Cieľom liečby je dosiahnutie dostatočnej inhibície ADP-signálnej dráhy, čím sa významne zníži riziko vzniku závažných ischemických príhod.

## Abstract

Diabetes mellitus is connected with clopidogrel resistance, an independent risk factor of future ischemic events in patients undergoing percutaneous coronary interventions, including stent thrombosis. On-treatment platelet reactivity assessment should be considered especially in clopidogrel-treated DM patients. Platelet function testing might be performed either with nonspecific methods, such as light transmission aggregometry as a golden standard, or with a specific method – VASP (vasodilator stimulated phosphoprotein) phosphorylation assessment. New ADP-receptor blockers – prasugrel and ticagrelor – seem to be more effective for overcoming clopidogrel resistance in diabetic patients. These agents both show rapid and consistent platelet inhibition. Tailored clopidogrel therapy may be considered in selected cases; however, this strategy has lower evidence from clinical trials. The therapeutic goal is to achieve sufficient inhibition of ADP-signaling pathway, which will reduce the risk of future serious ischemic events.

## Úvod

Trombóza stentu je závažnou a potencióálne fatálnou komplikáciou perkutánnej koronárnej intervencie (PCI). Duálna antiagregačná liečba (DAL) pozostávajúca z kyse-

liny acetylsalicylovej a antagonistu ADP-receptorov významne znižuje riziko vzniku trombózy stentu. Tienopyridin klopidogrel je stále najčastejšie používaným antagonistom ADP-receptorov (ADP – adenosin difosfát) u pacien-

tov podstupujúcich elektívne PCI a je stále indikovaný aj u časti pacientov podstupujúcich PCI pre akútne koronárne syndrómy (AKS). Fenomén tzv. vysokej reaktivity trombocytov na liečbe antagonistom ADP-receptorov alebo rezistencie na liečbu antagonistom ADP-receptorov je asociovaný práve s rizikom vzniku trombózy stentu napriek duálnej antiagregačnej liečbe [1].

Diabetes mellitus (DM) 2. typu je silný, nezávislý rizikový faktor koronárnej choroby srdca, vrátane jej akútnych foriem. Niekoľko publikovaných prác poukázalo na poruchu terapeutickú odpoveď na klopidogrel, ktorá je priamo asociovaná s DM 2. typu [1–3]. Uvedená skutočnosť môže vysvetľovať vyššie riziko trombózy stentu práve u pacientov s DM 2. typu. Práca poskytuje prehľad súčasných poznatkov o poruche odpovede na liečbu antagonistom ADP-receptorov u pacientov s DM, o význame tejto poruchy v klinickej praxi, možnostiach jej detekcie a terapeutického ovplyvnenia.

### Diabetes mellitus 2. typu – ochorenie asociované s rezistenciou na liečbu klopidogrelom

Počet prác ukazujúcich na poruchu antiagregačnej odpovede po podaní klopidogrelu, ktorá je špecificky spojená s inzulínovou rezistenciou a DM, rastie. Tieto správy sú založené tak na ex vivo meraniach reaktivity trombocytov pri liečbe klopidogrelom, ako aj na subanalýzach klinických štúdií s klopidogrelom u zaradených jedincov s DM, ktoré poukázali na zhoršený klinický priebeh a zvýšený výskyt trombózy stentu v tejto skupine pacientov. Angiolillo et al [3, 4] skúmali funkciu trombocytov u pacientov s DM a bez DM liečených klopidogrelom po podaní nasýcovacej dávky a pri užívaní chronickej liečby. Po podaní nasýcovacej dávky bola zistená signifikantne vyššia agregabilita trombocytov po stimulácií ADP v skupine pacientov s DM. Pri rozdelení pacientov na non-respondérov, slabých respondérov a dobrých respondérov bol zistený signifikantne vyšší počet non-respondérov v skupine pacientov s DM. Vyšetrenie vzorky pri užívaní chronickej liečby prinieslo podobné výsledky a pacienti s DM mali v porovnaní s pacientmi bez DM pri liečbe klopidogrelom signifikantne vyššiu agregabilitu trombocytov ( $p < 0,05$ ), aktiváciu GP IIb/IIIa receptora ( $p < 0,05$ ) a expresiu P-selektínu ( $p < 0,01$ ). Vysoká reaktivita trombocytov napriek antiagregačnej liečbe bola pritom identifikovaná ako nezávislý prediktor vzniku kardiovaskulárnych príhod. Reaktivita trombocytov pri liečbe klopidogrelom  $> 50\%$  bola asociovaná s vyšším rizikom vzniku ischemických príhod po PCI.

Erlinge et al [2] skúmali prevalenciu a mechanizmus nedostatočnej odpovede na klopidogrel u pacientov s DM a nediabetických pacientov. Táto dvojito zaslepená štúdia randomizovala 110 pacientov liečených kyselinou acetylsalicylovou k liečbe klopidogrelom (nasýcovacia dávka 600 mg a následná udržiavacia dávka 75 mg denne) alebo prasugrelom (60 mg nasýcovacia dávka a následná denná udržiavacia dávka 10 mg) v trvaní 28 dní. Výsledky štúdie ukázali signifikantne vyšší výskyt nedostatočnej antiagregačnej odpovede v skupine pacientov liečených

klopidogrelom v porovnaní s prasugrelom. Pacienti s DM boli častejšie zastúpení v skupine s nedostatočnou odpoveďou trombocytov, pričom nedostatočná odpoveď pacientov s DM bola viazaná na podanie klopidogrelu. Pri porovnaní s nediabetickými pacientmi mali pacienti s DM signifikantne nižšie koncentrácie aktívneho metabolitu klopidogrelu meraného 2 hodiny po podaní nasýcovacej dávky ( $p < 0,01$ ) a 29. deň užívania udržiavacej dávky ( $p < 0,01$ ). Je zaujímavé, že v tejto štúdii trombocytov pacientov s DM a nedostatočnou antiagregačnou odpoveďou po podaní klopidogrelu reagovali dobre na ex vivo podanie aktívneho metabolitu klopidogrelu, čo naznačuje nízky podiel rezistencie na úrovni samotného P2Y<sub>12</sub> ADP-receptora trombocytov u pacientov s DM a podporuje potenciálnu interakciu DM s farmakokinetickými procesmi metabolizmu klopidogrelu.

Pacienti s DM zaradení do doteraz publikovaných štúdií s klopidogrelom mali zvýšené riziko vzniku nežiaducich kardiovaskulárnych príhod v porovnaní s pacientmi bez DM. Subanalýzy efektivity klopidogrelu v populácii pacientov s DM konzistentne poukázali na relatívne nižší klinický efekt tejto liečby v porovnaní s pacientmi bez DM, čo nepriamo podporuje popisovanú nekompletnú odpoveď pacientov s DM na liečbu klopidogrelom. V štúdii CURE u pacientov s AKS, ktorá zahŕňala 2840 pacientov s DM [5], bola pozorovaná nižšia efektivita pridania klopidogrelu ku kyseline acetylsalicylovej v skupine pacientov s DM. Podobne tak v štúdii CREDO [6], ktorá randomizovala viac ako 2 000 pacientov s koronárnou chorobou srdca podstupujúcich elektívnu PCI, bolo v skupine pacientov s DM liečených klopidogrelom pozorované nižšie zníženie relatívneho rizika nežiaducich príhod v porovnaní so znížením pozorovaným v celom súbore (11,2 % vs 26,9 %).

Opakovane bolo popísané aj zvýšené riziko vzniku trombózy stentu u pacientov s DM liečených klopidogrelom, pričom dnes vieme, že práve pacienti s DM predstavujú vysoko rizikóvu skupinu pre vznik trombózy stentu pri liečbe klopidogrelom [1]. Iakovou et al [7] analýzou dát z prospektívnej observačnej štúdie poukázali na skutočnosť, že DM je nezávislým prediktorom trombózy stentu ( $p < 0,05$ ) napriek duálnej antiagregačnej liečbe u pacientov po úspešnej implantácii liekových stentov.

### Možnosti detekcie rezistencie na liečbu antagonistom ADP-receptorov u pacientov s diabetes mellitus

#### Optická agregometria

Optická agregometria (light transmission aggregometry) predstavuje v súčasnosti zlatý štandard pri hodnotení funkcie trombocytov a ich odpovede na podávanú liečbu. Metóda je založená na meraní miery agregácie trombocytov v plazme bohatej na trombocytov po stimulácii rôznymi induktormi. Je možné použitie nešpecifických (adrenalin, kolagén), či špecifických induktorov (arachidónová kyselina pri hodnotení účinnosti kyseliny acetylsalicylovej, adenosindifosfát – ADP pri hodnotení účinnosti inhi-

bítorov ADP-receptorov), metóda sama o sebe je však nešpecifická. Optická agregometria je v súčasnosti najpoužívanejšou metódou pri monitorovaní účinnosti antiagregačnej liečby (obr. 1), vrátane monitorovania účinnosti podanej kyseliny acetylsalicylovej, klopidogrelu, iných inhibítorov ADP-receptorov a inhibítorov GP IIb/IIIa receptorov. Medzi potenciálne nevýhody tohto vyšetrenia patrí nevyhnutnosť skorého vykonania vyšetrenia po odbere vzorky (do 1–2 hodín po odbere), potreba väčšieho množstva biologického materiálu, dlhý čas vyšetrenia, potenciálne ťažšia reproduciability výsledkov vyšetrenia pri jeho nešpecifickosti, finančné náklady na agregometer, re-agencie a potreba školeného personálu.

### Meranie fosforylácie VASP

Meranie fosforylácie VASP (vasodilator stimulated phosphoprotein) predstavuje metódu, ktorá je špecifická na stanovenie miery inhibície ADP-signálnej dráhy [8]. Spojenie P2Y12 receptora s inhibíciou adenylátcyklázy cestou inhibičného G-proteínu sa dá využiť na meranie reaktivity tohto receptora v prítomnosti jeho inhibítorov. VASP je fosforylovaný proteínkinázami, ktoré sú aktivované cyklickým adenosínmonofosfátom (cAMP). S použitím prietokovej cytometrie a metód, ktoré ovplyvňujú permeabilitu trombocytovej membrány, je v súčasnosti možné kvantifikovať množstvo fosforylovaného VASP pomocou monoklonálnych protilátok, a tým merať množstvo neblokovaného receptora P2Y12. Vzorka citrátovej krvi sa pri analýze fosforylácie VASP inkubuje s prostaglandínom E1 (PGE1) a PGE1 + ADP (aktivované trombocyty). Po bunkovej permeabilizácii sa fosforylovaný VASP označí nepriamou imuno fluorescenciou pomocou špecifickej monoklonovej protilátky. Analýza prietokovou cytometriou potom umožní zmerať mieru intenzity fluorescencie (MFI) a následne stanoviť mieru fosforylácie VASP vyjadrenú pomocou tzv. „indexu reaktivity trombocytov“ (platelet reactivity index – PRI) v % pomocou rovnice:

$$PRI = \frac{MFIc^{PGE1} - MFIc^{PGE1+ADP}}{MFIc^{PGE1}} \times 100$$

Ako už bolo spomenuté, výhodou vyšetrenia je jeho špecifickosť pre signálnu dráhu P2Y12 a stabilita vzorky v porovnaní s agregometriou. Nevýhodou je prístrojová a finančná náročnosť vyšetrenia. Presnosť a dobrú klinickú využiteľnosť pri detekcii rezistencia na liečbu ADP-receptormi v klinickej praxi (obr. 2) sme potvrdili aj v našom súbore diabetikov s akútnym infarktom myokardu s eleváciami ST segmentu [9].

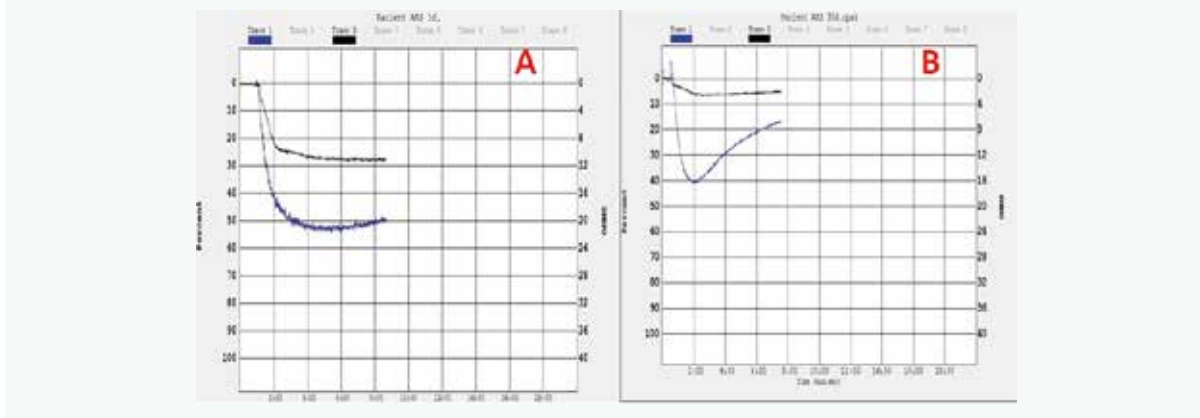
### Impedančná agregometria

Impedančná agregometria (multiple electrode aggregometry) je metóda odvodená od optickej agregometrie. Je založená na meraní zmeny impedancie pri in vitro agregácii trombocytov stimulovanej buďto nešpecifickým, alebo špecifickým induktorom. Metóda využíva plnú krv namiesto plazmy bohatej na trombocyty, čo umožňuje vykonať vyšetrenie pri použití menšieho množstva biologického materiálu. Ďalšou výhodou tejto metódy je väčšia presnosť v porovnaní s optickou agregometriou, nevýhodou je jej väčšia finančná náročnosť.

### Metódy založené na modifikovanej agregometrii

Metódy založené na modifikovanej agregometrii – platelet function analyzer 100 (PFA-100®) a systém VerifyNow® [10,11] predstavujú vyšetrenia schopné orientačne stanoviť odpoveď na podávanú antiagregačnú liečbu aj v podmienkach tzv. point of care testingu – POCT, t.j. analýzou priamo pri lôžku pacienta. PFA-100® je nešpecifická metóda stanovenia funkcie trombocytov, ktorej princípom je modifikované meranie agregability trombocytov po ich stimulácii kolagénom a adrenalinom. Vyšetrenie je rýchle, obsluha prístroja nevyžaduje školený personál a na jeho vykonanie stačí malé množstvo citrátovej krvi. Nevýhodou je finančná náročnosť vyšetrenia a obťažná

**Obr. 1 | Protokol vyšetrenia funkcie trombocytov pomocou optickej agregometrie so špecifickým induktorom (kyselina arachidónová – čierna, ADP – modrá) u pacientov s akútnym infarktom myokardu – nedostatočná (A) a dostatočná (B) odpoveď na duálnu antiagregačnú liečbu**



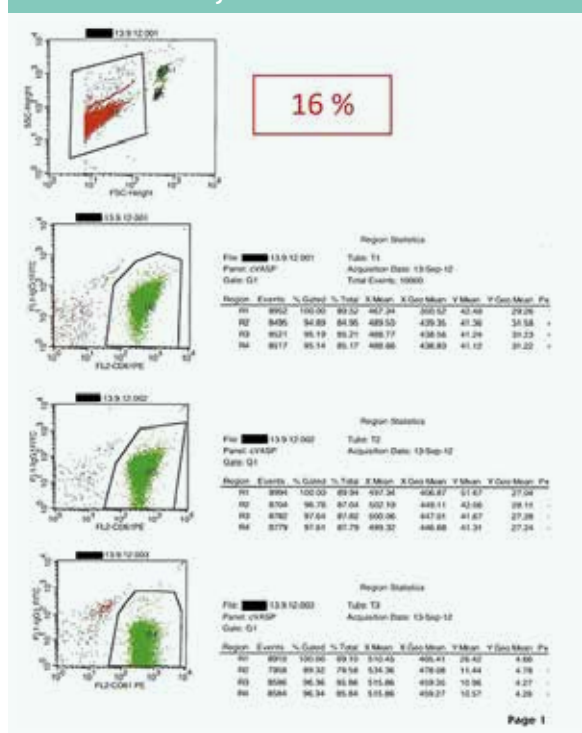
reprodukovateľnosť výsledkov pri jeho nešpecificite. VerifyNow® je pomerne nová laboratórna metóda založená na princípe modifikovanej agregometrie s použitím špecifických induktorov arachidónovej kyseliny, ADP a peptidu aktivujúceho trombínový receptor (trombin receptor activating peptide – TRAP). Táto metóda umožňuje POCT stanovenie odpovede trombocytov na podanie kyseliny acetylsalicylovej, antagonistu ADP-receptorov a antagonistu glykoproteínových IIb/IIIa receptorov. Metóda využíva pri stanovení plnú krv a výsledky získané touto metódou dobre korelujú s výsledkami získanými pomocou optickej agregometrie.

### Možnosti terapeutického ovplyvnenia rezistencie na liečbu klopidogrelom u pacientov s diabetes mellitus Úprava dávkovania klopidogrelu

Individualizovanie dávkovania klopidogrelu (tzv. tailoring) predstavuje prvú skúšanú stratégiu na preklenutie vysokej reaktivity trombocytov. Ako prvá overovala efektivitu dvoch rôznych dávkovacích režimov kyseliny acetylsalicylovej a klopidogrelu v prevencii nežiadúcich kardiovaskulárnych príhod a trombózy stentu u pacientov s AKS štúdia CURRENT – OASIS 7 [12]. Výsledky tejto štúdie ukázali, že zvýšené dávkovanie klopidogrelu v porovnaní so štandardným dávkovaním neznižilo signifikantne

mieru kardiovaskulárnych úmrtí, infarktu myokardu alebo cievej mozgovej príhody počas 30-dňového sledovania, bolo však asociované so signifikantne zvýšeným rizikom krvácania ( $p < 0,01$ ). Analýza subpopulácie 5 880 pacientov s DM zaradených do tejto štúdie však ukázala nesignifikantne lepšie výsledky pri použití vyššieho dávkovania klopidogrelu práve u pacientov s DM. Účinnosť stratégie modifikovaného dávkovania klopidogrelu u diabetikov s nedostatočnou odpoveďou na štandardné dávkovanie lieku overovala štúdia OPTIMUS [13]. V tejto štúdii bolo 40 pacientov s DM 2. typu, ktorí boli identifikovaní ako non-respondéri na štandardné dávkovanie klopidogrelu, randomizovaných buďto k intenzifikácii liečby (t.j. navýšeniu dávkovania na 150 mg denne) alebo k pokračovaniu v štandardnom režime (t.j. 75 mg denne). Štúdia preukázala zníženie reaktivity trombocytov v ramene s intenzifikovanou liečbou, avšak optimálna inhibícia trombocytov bola dosiahnutá len u 40 % pacientov v intenzifikovanom ramene štúdie. Nevýhodou stratégie modifikovanej liečby klopidogrelom je závislosť jej úspechu od genetickej predispozície pacienta [14], nakoľko existuje vysoká pravdepodobnosť jej zlyhania u tzv. pomalých metabolizérov klopidogrelu. Ďalším faktorom diskriminujúcim túto stratégiu je skutočnosť, že táto stratégia prakticky zlyhala v randomizovanej klinickej štúdii GRAVITAS [15]. V uvedenej štúdii bolo randomizovaných viac ako 2 000 pacientov podstupujúcich elektívnu PCI s implantáciou liekových stentov buď k štandardnej alebo intenzifikovanej liečbe klopidogrelom. Pacienti boli sledovaní 6 mesiacov, pričom v tomto období sa výskyt ischemických nežiaducich príhod medzi 2 ramenami štúdie nelíšil (ischemickú príhodu prekonal 2,3 vs 2,3 % pacientov). Stratégia intenzifikovanej liečby klopidogrelom dosiahla len 22% redukciu počtu non-respondérov na klopidogrel.

Obr. 2 | Protokol vyšetrenia účinnosti liečby antagonistom ADP-receptorov pomocou merania fosforylácie VASP trombocytov u pacienta s akútnym infarktomyokardu



**Liečba novými antagonistami ADP receptorov**  
Nové antagonisti ADP receptorov, ako je prasugrel a tika-grelor (tab.), dosahujú rýchlejšiu, konzistentnejšiu a predpokladateľnejšiu inhibíciu ADP-signálnej dráhy, čo môže zvyhodňovať ich použitie práve v skupine pacientov s DM [16].

**Prasugrel**  
Prasugrel je nový tretjogeneračný tienopyridínový antagonist P2Y12 ADP-receptorov, nedávno zavedený do klinickej praxe u pacientov s AKS a plánovanou PCI. Prasugrel v porovnaní s klopidogrelom vykazuje konzistentnejšiu inhibíciu P2Y12 ADP-receptora a má nižšiu intraindividuálnu variabilitu účinnosti. Štúdia TRITON – TIMI 38 [17] randomizovala 13 608 pacientov s AKS podstupujúcich PCI na liečbu klopidogrelom alebo prasugrelom v trvaní 6–15 mesiacov. 3 146 z týchto pacientov malo DM, 776 bolo pri prijatí liečených inzulínovou terapiou. Primárny endpoint bol v tejto štúdii signifikantne znížený liečbou prasugrelom tak v skupine pacientov bez DM (9,2 % vs 10,6 %,  $p < 0,05$ ), ako

aj v skupine pacientov s DM (12,2 % vs 17,0 %,  $p < 0,001$ ). Benefit podania prasugrelu bol pozorovaný zhodne u pacientov liečených inzulínom (14,3 % vs 22,2 %,  $p < 0,01$ ), ako aj u pacientov s DM bez inzulínovej terapie (11,5 % vs 15,3 %,  $p < 0,01$ ). Incidencia IM bola liečbou prasugrelom znížená o 18 % u jedincov bez DM ( $p < 0,01$ ) a o 40 % u jedincov s DM ( $p < 0,001$ ). Napriek tomu, že bola v štúdiu pozorovaná zvýšená frekvencia závažného krvácania u pacientov s DM, miera krvácajúcich komplikácií sa významne u pacientov s DM nelíšila v závislosti od použitia klopidogrelu alebo prasugrelu (2,6 % vs 2,5 %). Klinický benefit liečby prasugrelom bol väčší u pacientov s DM v porovnaní s nediabetickými pacientmi a dôležitým pozorovaním bola aj významná redukcia trombózy stentu liečbou prasugrelom tak v celej sledovanej skupine (0,9 % vs 2,0 %), ako aj u pacientov s DM (2,0 % versus 3,5 %). V celej štúdiu bol najväčší benefit liečby prasugrelom pozorovaný preferenčne v prípade pacientov s DM, u ktorých liečba prasugrelom významne znížila riziko vzniku ischemických príhod, vrátane rizika vzniku rekurentného infarktu myokardu a riziko vzniku trombózy stentu, a to bez zvýšenia rizika vzniku závažných krvácajúcich komplikácií. Porovnanie vplyvu DM 2. typu na účinnosť prasugrelu u pacientov s akútnym infarktom myokardu s eleváciami ST-segmentu preukázalo jeho podobnú potentnú účinnosť v oboch skupinách pacientov [9]. Inhibícia ADP-signálnej dráhy dosiahnutá v tejto štúdiu bola významne lepšia v porovnaní s klopidogrelom tak u diabetikov, ako aj u jedincov bez DM. V ďalšej randomizovanej klinickej štúdiu [18] dosiahla liečba prasugrelom u pacientov s DM 2. typu lepšiu inhibíciu funkcie trombocytov aj pri priamom porovnaní s intenzifikovanou liečbou klopidogrelom (nasýcovacia dávka 600 mg a denná udržiavacia dávka 150 mg). Prasugrel teda môže byť efektívne využitý na preklenutie rezistencie u pacientov s nedostatočnou odpoveďou na klopidogrel.

### Tikagrelor

Tikagrelor je perorálny priamy reverzibilný antagonist P2Y<sub>12</sub> ADP-receptorov, ktorý dosahuje vysokú mieru inhibície agregácie trombocytov v porovnaní s klopidogrelom u pacientov s AKS [19]. Štúdia PLATO [20] porovnávala účinnosť tikagreloru a klopidogrelu v prevencii kardiovaskulárnych príhod u pacientov s AKS ( $n = 18\,624$ ). Výskyt primárneho endpointu po 12 mesiacoch sledovania bol významne nižší u pacientov liečených tikagrelom (10,2 % vs 12,3 %,  $p < 0,001$ ). V podskupine pacientov liečených PCI bol liečbou

tikagrelom významne znížený aj výskyt kardiovaskulárnych úmrtí a trombózy stentu. Liečba tikagrelom nebola asociovaná so zvýšenou frekvenciou závažného krvácania. V skupine pacientov s DM tikagrelor znížil výskyt primárneho endpointu, mortalitu z akýchkoľvek príčin a výskyt trombózy stentu. Podobný benefit liečby tikagrelom bol pozorovaný tak u pacientov s DM liečených inzulínom, ako aj u pacientov bez inzulínovej terapie. Výskyt krvácajúcich komplikácií bol približne rovnaký u pacientov s DM liečených tikagrelom aj klopidogrelom. Následne publikované štúdie preukázali, že tikagrelor dosahuje u diabetikov so stabilnou koronárnou chorobou srdca silnú a rýchlu inhibíciu funkcie trombocytov, ktorá je porovnateľná s inhibíciou dosiahnutou liečbou tikagrelom u jedincov bez DM [21, 22]. Inhibícia trombocytov liečbou tikagrelom zostáva u diabetikov významne potentnejšia aj v porovnaní s intenzifikovanou liečbou klopidogrelom [23]. Priame randomizované porovnanie tikagreloru a prasugrelu [24] u diabetikov s koronárnou chorobou srdca dovtedy neliečených antagonistom ADP-receptorov preukázalo trend k silnejšej inhibícii ADP-signálnej dráhy u diabetikov liečených tikagrelom (rozdiel však nebol štatisticky významný). Uvedené skutočnosti teda ukazujú na fakt, že tikagrelor dosahuje u diabetikov minimálne porovnateľnú účinnosť ako prasugrel a podstatne silnejšiu inhibíciu ADP-signálnej dráhy ako klopidogrel. Tento fakt potvrdila aj recentná metaanalýza 22 štúdií zahrňujúcich celkovo 35 004 pacientov [25], ktorá preukázala významnú redukciu primárneho endpointu pozostávajúceho z kardiovaskulárnych úmrtí, infarktu myokardu a ischemickej cievej mozgovej príhody u diabetikov liečených tikagrelom oproti diabetikom liečených klopidogrelom; a to bez zvýšenia rizika krvácajúcich komplikácií. Uvedená metaanalýza ďalej preukázala významne lepšiu inhibíciu trombocytov tikagrelom v porovnaní s klopidogrelom a dokonca aj v porovnaní s prasugrelom. Vplyv liečby tikagrelom a prasugrelom na výskyt primárneho endpointu bol porovnateľný. Tikagrelor teda určite predstavuje ďalšiu účinnú alternatívu na prekonanie klopidogrelovej rezistencie u diabetikov podstupujúcich PCI, pričom liečba tikagrelom sa zdá byť bezpečná a prinajmenšom rovnako účinná ako liečba prasugrelom.

### Záver

Diabetes mellitus je spojený s rezistenciou na liečbu klopidogrelom, ktorá je nezávislým rizikovým faktorom ischemických nežiaducich príhod u pacientov podstupujúcich

Tab. 1 Nové perorálne antagonisti ADP receptorov v súčasnej klinickej praxi

|            | podanie   | biologická dostupnosť | inhibícia receptoru | čas do dosiahnutia inhibície trombocytov | klinické použitie | kontraindikácie   |
|------------|-----------|-----------------------|---------------------|--|-------------------|---|
| prasugrel  | perorálne | proliek               | ireverzibilná       | 2 hod                                    | AKS s PCI         | aktívne krvácanie, alergia, stav po CMP, vek > 75 rokov, nízka hmotnosť   |
| tikagrelor | perorálne | priamo pôsobiaci      | reverzibilná        | 2 hod                                    | AKS               | aktívne krvácanie, alergia, hemoragická CMP v anamnéze, ťažká porucha pečene, súbežné podanie so silným inhibítorom CYP |



perkutánne koronárne intervencie, vrátane trombózy stentu. Na základe doteraz publikovaných výsledkov sa zdá vyšetrenie reaktivity trombocytov na liečbe antagonistom ADP-receptorov byť vhodné predovšetkým u pacientov s diabetes mellitus liečených klopidogrelom. Na prekonalenie uvedenej rezistencie sa v súčasnosti zdá byť výhodnejšie použitie nových antagonistov ADP-receptorov, ako je prasugrel a tikagrelor, ktoré u diabetikov dosahujú rýchlu a konzistentnú inhibíciu funkcie trombocytov. V individualizovaných prípadoch je možné zväziť aj stratégiu modifikovaného dávkovania liečby klopidogrelom (napríklad v prípade prítomnosti kontraindikácie k podaniu nových preparátov), účinnosť tejto stratégie je však slabšie podoprená dôkazmi z klinických štúdií. Cieľom liečby je dosiahnutie dostatočnej inhibície ADP-signálnej dráhy, čím sa signifikantne zníži riziko vzniku závažných ischemických príhod.

*Autori článku nemajú konflikt záujmu.*

## Literatúra

1. Samoš M, Šimonová R, Kovář F et al. Clopidogrel resistance in diabetic patient with acute myocardial infarction due to stent thrombosis. *Am J Emerg Med* 2014; 32(5): 461–465. Dostupné z DOI: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ajem.2014.01.006>>.
2. Erlinge D, Varenhorst C, Braun OO et al. Patients with poor responsiveness to thienopyridine treatment or with diabetes have lower levels of circulating active metabolite, but their platelets respond normally to active metabolite added ex vivo. *J Am Coll Cardiol* 2008; 52(24): 1968–1977. Dostupné z DOI: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jacc.2008.07.068>>.
3. Angiolillo DJ, Capranzano P, Desai B et al. Impact of P2Y<sub>12</sub> inhibitory effects induced by clopidogrel on platelet procoagulant activity in type 2 diabetes mellitus patients. *Thromb Res* 2009; 124(3): 318–322. Dostupné z DOI: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.thromres.2008.10.001>>.
4. Angiolillo DJ, Fernandez-Ortiz A, Bernardo E et al. Platelet function profiles in patients with type 2 diabetes and coronary artery disease on combined aspirin and clopidogrel treatment. *Diabetes* 2005; 54(3): 2430–2435.
5. Budaj A, Yusuf S, Mehta SR et al. [Clopidogrel in Unstable angina to prevent Recurrent Events (CURE) Trial Investigators]. Benefit of clopidogrel in patients with acute coronary syndromes without ST-segment elevation in various risk groups. *Circulation* 2002; 106(13): 1622–1626.
6. Steinhilber SR, Berger PB, Mann JT et al. [CREDO Investigators]. Clopidogrel for the Reduction of Events During Observation. Early and sustained dual oral antiplatelet therapy following percutaneous coronary intervention: a randomized controlled trial. *JAMA* 2002; 288(19): 2411–2420. Erratum in *JAMA* 2003 Feb; 289(8): 987.
7. Iakovou I, Schmidt T, Bonizzi E et al. Incidence, predictors, and outcome of thrombosis after successful implantation of drug-eluting stents. *JAMA* 2005; 293(17): 2126–2130. Dostupné z DOI: <<http://dx.doi.org/10.1001/jama.293.17.2126>>.
8. Fedor M, Šimonová R, Fedorová J et al. Role of VASP phosphorylation assay in monitoring the antiplatelet therapy. *Acta Med Mart* 2013; 13(1): 21–26. Dostupné z DOI: <<https://doi.org/10.2478/acm-2013-0008>>.
9. Samoš M, Fedor M, Kovář F et al. The Impact of Type 2 Diabetes on the Efficacy of ADP Receptor Blockers in Patients with Acute ST Elevation Myocardial Infarction: A Pilot Prospective Study. *J Diabetes Res* 2016; 2016: 2909436. Dostupné z DOI: <<http://dx.doi.org/10.1155/2016/2909436>>.
10. Larsen PD, Holley AS, Sasse A et al. Comparison of Multiplate and VerifyNow platelet function tests in predicting clinical outcome in patients with acute coronary syndromes. *Thromb Res* 2017; 152: 14–19. Dostupné z DOI: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.thromres.2017.02.006>>.
11. Dalby MC, Davidson SJ, Burman JF et al. Diurnal variation in platelet aggregation with the PFA-100 platelet function analyser. *Platelets* 2000; 11(6): 320–324.
12. Mehta SR, Bassand JP, Chrolavicius S et al. [CURRENT-OASIS 7 Investigators]. Dose comparisons of clopidogrel and aspirin in acute coronary syndromes. *N Engl J Med* 2010; 363(10): 930–942. Dostupné z DOI: <<http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa0909475>>. Erratum in *N Engl J Med* 2010; 363(16): 1585.
13. Angiolillo DJ, Shoemaker SB, Desai B et al. Randomized comparison of a high clopidogrel maintenance dose in patients with diabetes mellitus and coronary artery disease: results of the Optimizing Antiplatelet Therapy in Diabetes Mellitus (OPTIMUS) study. *Circulation* 2007; 115(6): 708–716. Dostupné z DOI: <<http://dx.doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.667741>>.
14. Cui G, Zhang S, Zou J et al. P2Y<sub>12</sub> receptor gene polymorphism and the risk of resistance to clopidogrel: A meta-analysis and review of the literature. *Adv Clin Exp Med* 2017; 26(2): 343–349. Dostupné z DOI: <<http://dx.doi.org/10.17219/acem/63745>>.
15. Price MJ, Berger PB, Teirstein PS et al. [GRAVITAS Investigators]. Standard- vs high-dose clopidogrel based on platelet function testing after percutaneous coronary intervention: the GRAVITAS randomized trial. *JAMA* 2011; 305(11): 1097–1105. Dostupné z DOI: <<http://dx.doi.org/10.1001/jama.2011.290>>. Erratum in *JAMA* 2011; 305(21): 2174. Stillablower ME.
16. Samoš M, Fedor M, Kovář F et al. Type 2 Diabetes and ADP Receptor Blocker Therapy. *J Diabetes Res* 2016; 2016: 6760710. Dostupné z DOI: <<http://dx.doi.org/10.1155/2016/6760710>>.
17. Wiviott SD, Braunwald E, McCabe CH et al. [TRITON-TIMI38 Investigators]. Prasugrel versus Clopidogrel in Patients with Acute Coronary Syndromes. *N Engl J Med* 2007(15); 357(20): 2001–2015. Dostupné z DOI: <<http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa0706482>>.
18. Angiolillo DJ, Badimon JJ, Saucedo JF et al. A pharmacodynamic comparison of prasugrel vs. high-dose clopidogrel in patients with type 2 diabetes mellitus and coronary artery disease: results of the Optimizing anti-Platelet Therapy In diabetes Mellitus (OPTIMUS)-3 Trial. *Eur Heart J* 2011; 32(7): 838–846. Dostupné z DOI: <<http://dx.doi.org/10.1093/eurheartj/ehq494>>.
19. Samoš M, Fedor M, Kovář F et al. Ticagrelor: a safe and effective approach for overcoming clopidogrel resistance in patients with stent thrombosis? *Blood Coagul Fibrinolysis* 2016; 27(2): 117–120. Dostupné z DOI: <<http://dx.doi.org/10.1097/MBC.0000000000000406>>.
20. Wallentin L, Becker RC, Budaj A et al. [PLATO Investigators]. Ticagrelor versus clopidogrel in patients with acute coronary syndromes. *N Engl J Med* 2009; 361(11): 1045–1057. <<http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa0904327>>.
21. Clavijo LC, Maya J, Carlson G et al. Platelet inhibition with ticagrelor versus clopidogrel in Hispanic patients with stable coronary artery disease with or without diabetes mellitus. *Cardiovasc Revasc Med* 2015; 16(8): 450–454. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.carrev.2015.08.007>>.
22. Zafar MU, Baber U, Smith DA et al. Antithrombotic potency of ticagrelor versus clopidogrel in type-2 diabetic patients with cardiovascular disease. *Thromb Haemost* 2017; 117(10): 1981–1988. Dostupné z DOI: <<http://dx.doi.org/10.1160/TH17-04-0277>>.
23. Mangiacapra F, Panaioli E, Colaiori I et al. Clopidogrel Versus Ticagrelor for Antiplatelet Maintenance in Diabetic Patients Treated With Percutaneous Coronary Intervention: Results of the CLOTILDLIA Study (Clopidogrel High Dose Versus Ticagrelor for Antiplatelet Maintenance in Diabetic Patients). *Circulation* 2016; 134(11): 835–837. Dostupné z DOI: <<http://dx.doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.116.023743>>.
24. Franchi F, Rollini F, Aggarwal N et al. Pharmacodynamic Comparison of Prasugrel Versus Ticagrelor in Patients With Type 2 Diabetes Mellitus and Coronary Artery Disease: The OPTIMUS (Optimizing Antiplatelet Therapy in Diabetes Mellitus)-4 Study. *Circulation* 2016; 134(11): 780–792. Dostupné z DOI: <<http://dx.doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.116.023402>>.
25. Tan Q, Jiang X, Huang S et al. The clinical efficacy and safety evaluation of ticagrelor for acute coronary syndrome in general ACS patients and diabetic patients: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One* 2017; 12(5): e0177872. Dostupné z DOI: <<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0177872>>.