

# Laboratórne monitorovanie liečby priamymi perorálnymi antikoagulanciami

## Laboratory monitoring of the treatment with direct oral anticoagulants

Lucia Stančiaková<sup>1</sup>, Ingrid Škorňová<sup>1</sup>, Jela Ivanková<sup>1</sup>, Miroslava Dobrotová<sup>1</sup>, Ivana Plameňová<sup>1</sup>, Pavol Hollý<sup>1</sup>, Tomáš Bolek<sup>2</sup>, Matej Samoš<sup>2</sup>, Peter Kubisz<sup>1</sup>, Ján Staško<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Národné centrum hemostázy a trombózy, Klinika hematológie a transfuziológie JLF UK a UNM, Martin

<sup>2</sup> I. Interná klinika JLF UK a UNM, Martin

✉ MUDr. Lucia Stančiaková, PhD. | lucia.stanciakova@uniba.sk | www.uniba.sk

Doručené do redakcie | Received 1. 4. 2022

Prijaté po recenzii | Accepted 22. 4. 2022

### Abstrakt

Priame (direktné) perorálne antikoagulanciá (DOAK) sú v súčasnosti jednou z alternatív antikoagulačnej liečby, ktorá nevyžaduje rutinné laboratórne monitorovanie, je relatívne bezpečná, efektívna a svojím spôsobom dávkovania výhodná aj pre pacienta. Existujú však určité klinické situácie, v ktorých je laboratórna kontrola účinnosti týchto liekov nevyhnutná (napr. u pacientov s obličkovým alebo pečevným poškodením, pri podozrení na nespôluprácu pacienta či jeho predávkovanie). V článku sa zaoberáme mechanizmom pôsobenia DOAK, farmakologickými vlastnosťami a s tým súvisiacou detekciou ich vplyvu na hemostázu. Tieto informácie dopĺňa časť zaoberajúca sa klinickými aspektami užívania DOAK vrátane život ohrozujúcich stavov a možností zvrátenia účinku týchto liekov.

**Kľúčové slová:** laboratórne monitorovanie – priame perorálne antikoagulanciá – účinnosť

### Abstract

Direct oral anticoagulants (DOACs) are currently one of the alternatives of anticoagulant treatment that does not require routine laboratory monitoring, is relatively safe, effective and thanks to the dosage scheme also convenient for the patient. However, there are some clinical situations, in which the laboratory control of their effectiveness is inevitable (e.g. in patients with renal or liver dysfunction, in the case of the suspicion of non-compliance of the patient or his overdose). In the article, we describe mechanism of action of DOACs, their pharmacological properties and related detection of their influence on hemostasis. This information is enriched by the part about clinical aspects of the use of DOACs including life-threatening states and possibilities of the reversal of these agents.

**Key words:** direct oral anticoagulants – effectiveness – laboratory monitoring

### Mechanizmus pôsobenia priamych perorálnych antikoagulancií

Priame (direktné) perorálne antikoagulanciá (DOAK) inhibujú trombín (aktivovaný koagulačný faktor II – FIIa) alebo aktivovaný koagulačný faktor X (FXa) [1].

Mechanizmus účinku DOAK je znázornený na schéme [2].

### Farmakológia DOAK

Súhrn porovnania farmakologických vlastností DOAK je uvedený v tab. 1 [3].

### Možnosti laboratórneho monitorovania DOAK

#### Laboratórne hodnotenie účinnosti DOAK

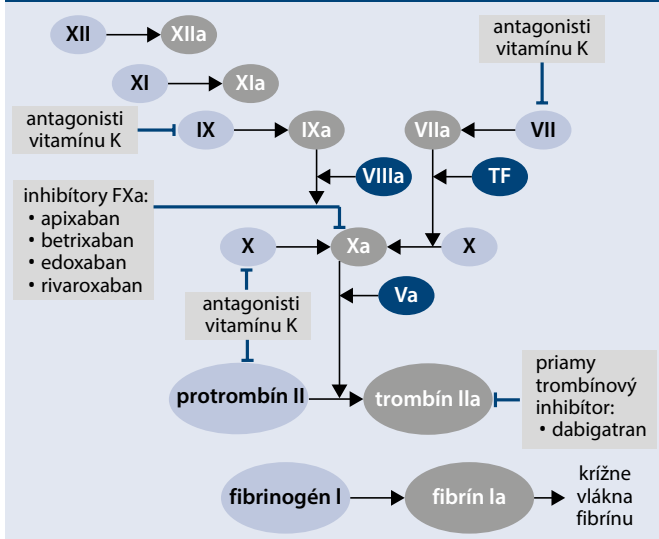
- relatívne málo interakcií s jedlom alebo ostatnými liekmi → fixné dávky [4–6]
- potreba monitoringu: urgentné stavy s potrebou okamžitého operačného riešenia alebo invazívnych výkonov (trombolýza, koronárna revaskularizácia), úraz, ischemická cievna mozgová príhoda (iCMP), hodnotenie spolupráce pacienta s liečbou, extrémne nízky/vysoký index telesnej hmotnosti (BMI – Body Mass Index),

akútne zhoršenie obličkových alebo pečenejších funkcií, podozrenie na predávkovanie sa [4,7–10]

- rutinné koagulačné testy nie sú vhodné [4,5]

Účinok DOAK na výsledky testov základnej koagulácie je zosumarizovaný v tab. 2 [4,11–13]. Vplyv DOAK na testy špeciálnej hemostázy obsahuje tab. 3 [4,11,12,13].

### Schéma | Mechanizmus pôsobenia priamych perorálnych antikoagulancií. Upravené podľa [2]



Va – aktivovaný koagulačný faktor V VII – koagulačný faktor VII  
VIIa – aktivovaný koagulačný faktor VII VIIIa – aktivovaný koagulačný faktor VIII IX – koagulačný faktor IX IXa – aktivovaný koagulačný faktor IX  
TF – tkanivový faktor X – koagulačný faktor X Xa – aktivovaný koagulačný faktor X XI – koagulačný faktor XI XIa – aktivovaný koagulačný faktor XI XII – koagulačný faktor XII XIIa – aktivovaný koagulačný faktor XIIa

### Ďalšie poznámky

- testy založené na detekcii PT sú najcitlivejšie na rivaroxaban
- testy založené na detekcii aPTT sú najcitlivejšie na dabigatran
- rivaroxaban interferuje s jednostupňovými a chromogénnymi metódami – stanovenie aktivity koagulačného faktora VIII (FVIII:C)
- testy základnej koagulácie založené na aktivácii koagulácie na protrombinázovej úrovni neovplyvňujú inhibítory FXa
- výsledky testu lupus antikoagulans (dRVVT) môžu byť falošne pozitívne kvôli vysokým hodnotám pomeru s konfirmačnými vyšetreniami
- čas interakcie s hadím jedom Taipan a ECT predstavujú alternatívne metódy pri liečbe rivaroxabanom
- DOAK neovplyvňujú testy antifosfolipidových protilátok založené na princípe enzyimoimunoanalýzy (ELISA)
- pre stanovenie prítomnosti mutácie faktora V Leiden sú u pacientov liečených apixabanom vhodné metódy založené na princípe aPTT
- pri detekcii aktivity proteínu S a proteínu C nemajú DOAK vplyv na výsledky testov stanovujúcich ich antigény, ale výsledky koagulačnej metódy sú ovplyvnené prítomnosťou DOAK [14].

### Klinické aspekty DOAK

#### Klinické indikácie

V súčasnosti sú v Európe a v USA v kategórii DOAK schválené dabigatran etexilát, apixaban, rivaroxaban, edoxaban

Tab. 1 | Porovnanie farmakologických vlastností DOAK. Upravené podľa [3]

|                            | dabigatran | rivaroxaban | apixaban | edoxaban | betrixaban |
|----------------------------|------------|-------------|----------|----------|------------|
| T <sub>max</sub> (hod)     | 1,5–3      | 2–4         | 3–4      | 1–2      | 3–4        |
| T <sub>through</sub> (hod) | 12         | 24          | 12       | 24       | 24         |
| polčas (hod)               | 12–14      | 5–9         | 10–14    | 9–11     | 35–45      |
| biologická dostupnosť      | 3–7 %      | 80–100 %    | 50 %     | 62 %     | 34 %       |
| väzba na bielkoviny        | 35 %       | 92–95 %     | 87 %     | 40–59 %  | 60 %       |
| vylučovanie obličkami      | 80 %       | 40 %        | 27 %     | 50 %     | 6–13 %     |

T<sub>max</sub> – čas meraný počas vrcholovej koncentrácie lieku T<sub>through</sub> – čas meraný pred ďalšou dávkou lieku

Tab. 2 | Sumár výsledkov vyšetrení rutinných koagulačných testov pri liečbe DOAK. Upravené podľa [3,4,11–13]

| test       | dabigatran | rivaroxaban | apixaban | edoxaban | betrixaban | komentár   |
|------------|------------|-------------|----------|----------|------------|--|
| PT         | -/↑        | ↑/↑↑        | -/↑      | ↑        | ↑          |  |
| aPTT       | ↑/↑↑       | -/↑         | -/↑      | ↑        | ↑          |  |
| TT         | ↑↑↑        | -           | -        | -        | -          | ↑↑↑ citlivý na dabigatran, necitlivý na DOAK s anti-Xa-účinkom   |
| fibrinogén | -/↓        | -/↓         | -/↓      | NA       |            | väčšina koagulačných testov podľa Claussa je necitlivá, ojedinele koagulačné a od PT závislé testy ↓ jeho koncentráciu |
| dRVVT      | ↑↑         | ↑↑          | ↑↑       | ↑        |            | citlivý k všetkým DOAK, treba konfirmačnú reagensiu na odlíšenie od lupus antikoagulans                                |

aPTT – aktivovaný parciálny tromboplastínový čas/activated Partial Thromboplastin Time dRVVT – dilučný test s jedom Russelovej zmije/Dilute Russell's Viper Venom Time NA – nedostupné/Not Available PT – protrombínový čas/Prothrombin Time TT – trombínový čas/Thrombin Time ↑ – nárast ↓ – zníženie

ban a betrixaban. Prehľad ich indikácií a dávkovania je uvedený v tab. 5 [4,10,11,15–19,20]

## Poznámky k používaniu DOAK v urgentných situáciách

Prehľad aktuálnych odporúčaní a návrhov pre peroperačný manažment liečby DOAK poskytuje tab. 6 [21].

Navrhovaný postup v prípade krvácania je ilustrovaný v tab. 7 [4,22].

## Možnosti reverzie účinku DOAK

### Idarucizumab (Praxbind®)

Idarucizumab predstavuje fragment monoklonovej protilátky, ktorý sa s vysokou afinitou viaže na dabigatran a okamžite tak blokuje jeho účinok. Podáva sa v dávke 5 g intravenózne v 2 dávkach po 2,5 g v intervale do 15 min.

### Andexanet alfa (Andexxa®)

Andexanet alfa pôsobí ako „návnada“ na zameranie a oddelenie perorálneho i injekčne aplikovateľného inhibítora aktivovaného koagulačného faktora X (FXa). Bol vytvorený za účelom inhibovať antikoagulačnú aktivitu

nových perorálnych antiantikoagulantov (apixaban, edoxaban a rivaroxaban) a parenterálne aplikovateľných nepriamych (enoxaparín a fondaparín) „xabanov.“ Andexanet alfa sa aplikuje v dávke 400–800 mg ako intravenózný bolus a následne v infúzii rýchlosťou 4–8 mg/min. Nástup účinku sa očakáva do 2–5 min.

### Ciraparantag (Aripazine)

Tento liek sa viaže na perorálne užívané inhibítory FXa a trombínu, na nefrakcionovaný heparín aj na LMWH. Ciraparantag sa odporúča podávať tiež ako bolus intravenózne v dávke 100–300 mg s predpokladaným nástupom účinku do 10 min. [4,23,24]. Bezpečnosť a účinnosť ciraparantagu je v štádiu skúšania, a preto ešte nebol schválený na klinické použitie.

## Záver

V dôsledku rastúceho počtu pacientov, u ktorých je indikované použitie DOAK, je práve ďalší výskum možností cielenej a bezpečnej liečby bez nežiaducich účinkov vo forme závažného krvácania veľmi užitočný. Keďže pacienti s DOAK sú často sledovaní u viacerých odborníkov, resp. podstupujú invazívne výkony s potrebou pre-

**Tab. 3 | Prehľad výsledkov vyšetrení špeciálnych koagulačných testov pri liečbe DOAK. Upravené podľa [4,11-13]**

| test                  | dabigatran      | rivaroxaban     | apixaban   | edoxaban | komentár  |
|-----------------------|-----------------|-----------------|------------|----------|---|
| dTT/DTI               | ↑↑              | –               | –          | –        | ↑↑ citlivý k dabigatranu, necitlivý na DOAK s anti-Xa-účinkom |
| ECT/ECA               | ↑↑              | –               | –          | –        | ↑↑ citlivý k dabigatranu, necitlivý na DOAK s anti-Xa-účinkom |
| PICT                  | ↑↑              | ↑↑              | ↑↑         | –        | potreba modifikácie metódy z dôvodu citlivosti na všetky DOAK |
| anti-Xa-aktivita      | –               | ↑↑              | ↑↑         | ↑↑       | citlivý k DOAK s anti-Xa účinkom, necitlivý k dabigatranu     |
| APCR                  | ↑               | ↑               | ↑          | ↑        |   |
| aktivita proteínu C   | –/↑             | –/↑             | –/↑        | –/↑      |   |
| aktivita proteínu S   | –/↑             | –/↑             | –/↑        | –/↑      |   |
| aktivita antitrombínu | –/↑             | –/↑             | –/↑        | –/↑      |   |
| FII, FV, FVII         | ++ (senzitivný) | ++ (senzitivný) | senzitivný |          |   |
| FVIII, FIX, FXI, FXII | ++ (senzitivný) | ++ (senzitivný) | senzitivný |          |   |
| FXIII                 | ++ (senzitivný) | bez efektu      |            |          |   |

APCR – rezistencia na aktivovaný proteín C/Activated Protein C Resistance DOAK – priame (direktné) perorálne antikoagulanty DTI – priamy trombínový inhibítor/Direct Thrombin Inhibitor dTT – dilučný trombínový čas/Diluted Thrombin Time ECT – ekarínová koagulačná metóda/Ecarin Clotting Time ECA – ekarínová chromogénna metóda/Ecarin Chromogenic Assay FII – koagulačný faktor II FV – koagulačný faktor V FVII – koagulačný faktor VII FVIII – koagulačný faktor VIII FIX – koagulačný faktor IX FXI – koagulačný faktor XI FXII – koagulačný faktor XII FXIII – koagulačný faktor XIII PICT – protrombinázou navodený čas zrážania/Prothrombinase Induced Clotting Time ↑ – nárast ↓ – zníženie

**Tab. 4 | Hranice koagulačných testov v čase minimálnej koncentrácie, ktoré sa môžu spájať so zvýšeným rizikom krvácania počas užívania dabigatranu. Upravené podľa [15]**

| test (v čase minimálnej koncentrácie) | indikácia                      |              |
|---------------------------------------|--------------------------------|--------------|
|                                       | ortopedický chirurgický zákrok | NVAF, HVT/PE |
| dTT (ng/ml)                           | > 67                           | < 200        |
| ECT (x-násobok hornej hranice normy)  | žiadne údaje                   | > 3          |
| aPTT (x-násobok hornej hranice normy) | > 1,3                          | > 2          |
| INR                                   | neodporúčané                   | neodporúčané |

aPTT – aktivovaný parciálny tromboplastínový čas/activated Partial Thromboplastin Time dTT – dilučný trombínový čas/Diluted Thrombin Time ECT – ekarínová koagulačná metóda/Ecarin Clotting Time INR – medzinárodný normalizovaný pomer pre protrombínový čas/International Normalized Ratio NVAF – non-valvulárna fibrilácia predsiení/Non-Valvular Atrial Fibrillation PE – pľúcna embólia

Tab. 5 | Sumár indikácií a dávok jednotlivých DOAK. Upravené podľa [4,10,11,15-19,20]

| indikácia  | dabigatran   | rivaroxaban  | apixaban   | edoxaban   | betrixaban  |
|--|--|--|--|--|---|
| NVAF<br>↓ renálny klírens<br>a GF  | 150 mg 2-krát denne<br>pri CrCl 15–30 l/min<br>kontraindikovaný  | 20 mg 1-krát denne<br>pri CrCl 15–30 l/min<br>15 mg redukcia<br>dávky na 1-krát<br>denne | 5 mg 2-krát denne, pri<br>CrCl 15–30 ml/min len<br>2,5 mg 2-krát denne   | 60 mg 1-krát<br>denne                              |   |
| akútna epizóda<br>VTE  | 5–10 dní LMWH, potom<br>150 mg 2-krát denne<br><br>110 mg 2-krát denne u pa-<br>cientov vo veku ≥ 80 rokov,<br>užívajúcich verapamil<br><br>zvážiť vo veku 75–80 rokov,<br>pri mierne ↓ funkcii obli-<br>čiek, gastritíde, ezofagitíde,<br>gastroezofágovom refluxe,<br>↑ riziku krvácania | 15 mg 2-krát denne<br>počas 21 dní, ná-<br>sledne 20 mg 1-krát<br>denne                  | 10 mg 2-krát denne<br>počas 7–10 dní, ná-<br>sledne 5 mg 2-krát<br>denne<br><br>2,5 mg 2-krát denne<br>počas 6 mesiacov<br>alebo dlhšie v rámci<br>sekundárnej preven-<br>cie rekurencie HVT<br>a PE | min. 5 dní<br>LMWH,<br>potom 60 mg<br>1-krát denne |   |
| profylaxia VTE<br>u hospitalizo-<br>vaných dospie-<br>lych pacientov,<br>ktorí majú ↑ riziko<br>tromboembolic-<br>kých komplikácií |  |  |  |  | úvodná dávka 160 mg, ná-<br>sledne 80 mg 1-krát denne<br><br>pri závažnom obličko-<br>vom poškodení alebo<br>u pacien-tov užívajúcich<br>súčasne P-gp inhibítory<br>úvodná dávka 80 mg, ná-<br>sledne 40 mg 1-krát denne<br>(schválený len FDA) |

CrCl – klírens kreatinínu/Creatinine Clearance DOAK – priame perorálne antikoagulanty FDA – Spoločnosť pre registráciu potravín a liečiv v USA/ U.S. Food and Drug Administration GF – glomerulárna filtrácia LMWH – heparín s nízkou molekulovou hmotnosťou/Low Molecular Weight Heparin NVAF – non-valvulárna fibrilácia predsieni/Non-Valvular Atrial Fibrillation VTE – venózný tromboembolizmus

Tab. 6 | Odporúčania pre perioperačný manažment liečby DOAK. Upravené podľa [21]

| DOAK  | dabigatran   |   | rivaroxaban/apixaban |          | edoxaban |          |          |
|---|--|---|----------------------|----------|----------|----------|----------|
| krvácavé riziko pri invazívnej<br>procedúre | ↓  | ↑   | ↓                    | ↑        | ↓        | ↑        |          |
| predoperačné<br>prerušenie                  | CrCl ≥ 80 ml/min   | ≥ 24 hod  | ≥ 48 hod             | ≥ 24 hod | ≥ 48 hod | ≥ 24 hod | ≥ 48 hod |
|   | CrCl ≥ 50–80 ml/min  | ≥ 36 hod  | ≥ 72 hod             | ≥ 24 hod | ≥ 48 hod | ≥ 24 hod | ≥ 48 hod |
|   | CrCl ≥ 30–50 ml/min  | ≥ 48 hod  | ≥ 96 hod             | ≥ 24 hod | ≥ 48 hod | ≥ 24 hod | ≥ 48 hod |
|   | CrCl ≥ 15–30 ml/min  | nie je indikovaný                               | nie je indikovaný    | ≥ 36 hod | ≥ 48 hod | ≥ 36 hod | ≥ 48 hod |
|   | CrCl < 15 ml/min   | DOAK nie je oficiálne indikovaný ani odporúčaný |                      |          |          |          |          |
| obnovenie liečby                            | ↓ riziko krvácania:<br>DOAK o 6–8 hod  |   |                      |          |          |          |          |
|   | ↑ riziko krvácania:<br>↓ riziko VTE → obnova liečby DOAK 48–72 hod po výkone<br>↑ riziko VTE → profylaktická/intermediárna dávka LMWH<br>6–8 hod po výkone, obnova DOAK keď je zabezpečená hemostáza (48–72 hod po výkone) |   |                      |          |          |          |          |

CrCl – klírens kreatinínu/Creatinine Clearance DOAK – priame perorálne antikoagulanty

mostenia antitrombotickej liečby, je nevyhnutná aj medziodborová spolupráca hematológa s ďalšími špecialistami (internistom, chirurgom, anesteziológom a inými), a v poslednom rade i s praktickým lekárom.

Autori ďakujú podpore zo strany projektov Vedeckej grantovej agentúry Vega 1/0549/19 a Agentúry pre podporu výskumu a vývoja APVV-16-0020.

## Literatúra

- Madan S, Shah S, Dale P et al. Use of novel oral anticoagulant agents in venous thromboembolism. *Cardiovasc Diagn Ther* 2016; 6(6): 570–581. Dostupné z DOI: <<http://dx.doi.org/10.21037/cdt.2016.11.17>>.
- Makaryus JN, Halperin JL, Lau JF. Oral anticoagulants in the management of venous thromboembolism. *Nat Rev Cardiol* 2013; 10: 397–409. Dostupné z DOI: <<http://dx.doi.org/10.1038/nrcardio.2013.73>>.
- Dunois C. Laboratory Monitoring of Direct Oral Anticoagulants (DOACs). *Biomedicines* 2021; 9(5): 445. Dostupné z DOI: <<http://dx.doi.org/10.3390/biomedicines9050445>>.

**Tab. 7 | Prehľad možných postupov v liečbe krvácania na liečbe DOAK. Upravené podľa [4,22]**

| krvácanie, ktoré nie je život ohrozujúce   |   |
|--|---|
| anti-IIa-inhibítory  | anti-Xa-inhibítory  |
| zaznamenať posledné podanie a dávku  | zaznamenať posledné podanie a dávku   |
| odhadnúť normalizáciu hemostázy:<br>normálne obličkové funkcie: 12–24 hod<br>CrCl 50–80 ml/min: 24–36 hod<br>CrCl 30–50 ml/min: 36–48 hod<br>CrCl: 30 ml/min: ≥ 48 hod | normalizácia hemostázy: 12–24 hod   |
| udržať diurézu   | zabezpečiť lokálnu hemostázu  |
| zabezpečiť lokálnu hemostázu   | substitúcia tekutín (koloidných roztokov podľa potreby)   |
| substitúcia tekutín (koloidných roztokov podľa potreby)  | transfúzia erytrocytovej masy podľa potreby   |
| transfúzia erytrocytovej masy podľa potreby  | transfúzia trombocytového koncentrátu (v prípade trombocytopenie $\leq 60 \times 10^9/l$ alebo trombocytopenie) |
| transfúzia trombocytového koncentrátu (v prípade trombocytopenie $\leq 60 \times 10^9/l$ alebo trombocytopenie)  | čerstvá mrazená plazma ako plazma expandér  |
| čerstvá mrazená plazma ako plazma expandér   | kyselina tranexámová môže byť podaná adjuvantne   |
| kyselina tranexámová môže byť podaná adjuvantne  | desmopresín v prípade koagulopatie alebo trombocytopenie  |
| desmopresín v prípade koagulopatie alebo trombocytopenie   |   |
| zvážiť dialýzu (predbežne odstráni 65 % lieku za 4 hodiny)   |   |
| zváženie hemoperfúzie použitím aktívneho uhlia   |   |
| krvácanie, ktoré je život ohrozujúce   |   |
| anti-IIa-inhibítory  | anti-Xa-inhibítory  |
| všetko z vyššie uvedeného  | všetko z vyššie uvedeného   |
| koncentrát protrombínového komplexu (PCC) 50 IU/kg (+ navyše 25 IU/kg podľa klinickej potreby)   | koncentrát PCC 50 IU/kg (+ navyše 25 IU/kg podľa klinickej potreby)   |
| aktivovaný PCC 50 IU/kg (max. 200 IU/kg/deň) bez signifikantného rozdielu v účinnosti oproti PCC   | aktivovaný PCC 50 IU/kg (max. 200 IU/kg/deň) bez signifikantného rozdielu v účinnosti oproti PCC                |
| rekombinantný aktivovaný koagulačný faktor VII (rFVIIa: 90 mg/kg) – nie sú údaje o benefite  | rekombinantný aktivovaný koagulačný faktor VII (rFVIIa: 90 µg/kg) – nie sú údaje o benefite                     |
| idarucizumab 5 g intravenózne  |   |

CrCl – klírens kreatinínu/Creatinine Clearance PCC – koncentrát faktorov protrombínového komplexu/Prothrombin Complex Concentrate rFVIIa – rekombinantný aktivovaný koagulačný faktor VII

- Štvrtinová V et al (ed). Venózný tromboembolizmus. SAP – Slovak Academic Press: Bratislava 2018: 239–248. ISBN 978–80–89171–63–7.
- Heidbuchel H, Verhamme P, Alings M et al. [European Heart Rhythm Association]. European Heart Rhythm Association Practical Guide on the use of new oral anticoagulants in patients with non-valvular atrial fibrillation. *Europace*. 2013; 15(5): 625–651. Dostupné z DOI: <<http://dx.doi.org/10.1093/europace/eut083>>
- Mekaj YH, Mekaj AY, Duci SB et al. New oral anticoagulants: their advantages and disadvantages compared with vitamin K antagonists in the prevention and treatment of patients with thromboembolic events. *Ther Clin Risk Manag* 2015; 11: 967–977. Dostupné z DOI: <<http://dx.doi.org/10.2147/TCRM.S84210>>.
- Bonar R, Falavero E J, Mohammed S et al. The effect of the direct factor Xa inhibitors apixaban and rivaroxaban on haemostasis tests: a comprehensive assessment using in vitro and ex vivo samples. *Pathology* 2016; 48(1): 60–71. Dostupné z DOI: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.pathol.2015.11.025>>.
- He K, Luettgen JM, Zhang D et al. Preclinical pharmacokinetics and pharmacodynamics of apixaban, a potent and selective factor Xa inhibitor. *Eur J Drug Metab Pharmacokinet* 2011; 36(3): 129–139. Dostupné z DOI: <<http://dx.doi.org/10.1007/s13318–011–0037-x>>.
- Frost CE, Song Y, Shenker A et al Effects of age and sex on the single-dose pharmacokinetics and pharmacodynamics of apixaban. *Clin Pharmacokinet* 2015; 54(6): 651–662. Dostupné z DOI: <<http://dx.doi.org/10.1007/s40262–014–0228–0>>.
- Falavero EJ, Pasalic L, Curnow J et al. Laboratory monitoring or measurement of direct oral anticoagulants (DOACs): Advantages, limitations and future challenges. *Curr Drug Metab* 2017; 18(7): 598–608. Dostupné z DOI: <<http://dx.doi.org/10.2174/1389200218666170417124035>>.
- Staško J, Ivanková J, Škorňová I et al. Laboratorné monitorovanie nových perorálnych antikoagulancií. *InVitro* 2016; 4(4): 67–72. Dostupné z WWW: <<https://www.unilabs.sk/clanky-invito/laboratorne-monitorovanie-novych-peroralnych-antikoagulanci>>.
- Samuelson BT, Cuker A, Siegal DM et al. Laboratory Assessment of the Anticoagulant Activity of Direct Oral Anticoagulants: A Systematic Review. *Chest* 2017; 151(1): 127–138. Dostupné z DOI: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.chest.2016.08.1462>>.
- Škorňová I, Slavík L (eds). Hemostáza: laboratorní metody, jejich využití a interpretace ve vybraných klinických situacích. Vydavatelství Univerzity Palackého: Olomouc 2020: 168–176. ISBN 978–80–244–6014–7.
- Douxflis J, Ageno W, Samama CM et al. Laboratory testing in patients treated with direct oral anticoagulants: a practical guide for clinicians. *J Thromb Haemost* 2018; 16(2): 209–219. Dostupné z DOI: <<http://dx.doi.org/10.1111/jth.13912>>.
- Pradaxa 110 mg tvrdé kapsuly. [29–03–2022]. Dostupné z WWW: <[https://www.ema.europa.eu/en/documents/product-information/pradaxa-epar-product-information\\_sk.pdf](https://www.ema.europa.eu/en/documents/product-information/pradaxa-epar-product-information_sk.pdf)>.

16. Lixiana 60 mg filmom obalené tablety. [28–03–2022]. Dostupné z WWW: <[https://www.ema.europa.eu/en/documents/product-information/lixiana-epar-product-information\\_sk.pdf](https://www.ema.europa.eu/en/documents/product-information/lixiana-epar-product-information_sk.pdf)>.
17. Pradaxa 150 mg tvrdé kapsuly. SPC. Dostupné z WWW: <[https://www.ema.europa.eu/en/documents/product-information/pradaxa-epar-product-information\\_sk.pdf](https://www.ema.europa.eu/en/documents/product-information/pradaxa-epar-product-information_sk.pdf)>.
18. Eliquis 2,5 mg filmom obalené tablety. [29–03–2022]. Dostupné z WWW: <[https://www.ema.europa.eu/en/documents/product-information/eliquis-epar-product-information\\_sk.pdf](https://www.ema.europa.eu/en/documents/product-information/eliquis-epar-product-information_sk.pdf)>.
19. Eliquis 5 mg filmom obalené tablety. SPC. Dostupné z WWW: <[https://www.ema.europa.eu/en/documents/product-information/eliquis-epar-product-information\\_sk.pdf](https://www.ema.europa.eu/en/documents/product-information/eliquis-epar-product-information_sk.pdf)>.
20. Skelley JW, Thomason AR, Nolen JC et al. Betrixaban (Bevyxxa). A Direct-Acting Oral Anticoagulant Factor Xa Inhibitor. P T. 2018; 43(2): 85–88, 120.
21. Dubois V, Dincq AS, Douxfils J et al. Perioperative management of patients on direct oral anticoagulants. Thromb J. 2017; 15: 14. Dostupné z DOI: <<http://dx.doi.org/10.1186/s12959-017-0137-1>>.
22. Heidbuchel H, Verhamme P, Alings M et al. Updated European Heart Rhythm Association Practical Guide on the use of non-vitamin K antagonist anticoagulants in patients with non-valvular atrial fibrillation. Europace 2015; 17(10): 1467–1507. Dostupné z DOI: <<http://dx.doi.org/10.1093/europace/euv309>>.
23. Christos S, Naples R. Anticoagulation Reversal and Treatment Strategies in Major Bleeding: Update 2016. West J Emerg Med 2016; 17(3): 264–270. Dostupné z DOI: <<http://dx.doi.org/10.5811/westjem.2016.3.29294>>.
24. Almegren M. Reversal of direct oral anticoagulants. Vasc Health Risk Manag 2017; 13:287–292. Dostupné z DOI: <<https://doi.org/10.2147/VHRM.S138890>>.