

# Vliv tranexamové kyseliny na perioperační krevní ztrátu a rozvoj hematomu v ráně u operací bederní páteře: prospektivní randomizovaná studie

## Effects of Tranexamic Acid on Perioperative Blood Loss and Wound Hematoma Development in Lumbar Spine Surgery: a Prospective Randomized Study

P. STEJSKAL, Š. TRNKA, L. HRABÁLEK, T. WANEK, J. JABLONSKÝ, V. NOVÁK

Neurochirurgická klinika Fakultní nemocnice Olomouc a Lékařské fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

### ABSTRACT

#### PURPOSE OF THE STUDY

Tranexamic acid as a haemostatic agent is commonly used in multiple medical branches. Over the last decade, there has been a steep rise in the number of studies evaluating its effect, i.e. blood loss reduction in specific surgical procedures. The aim of our study was to evaluate the effect of tranexamic acid on reducing intraoperative blood loss, postoperative blood loss into the drain, total blood loss, transfusion requirements, and development of symptomatic wound hematoma in conventional single-level lumbar decompression and stabilization.

#### MATERIAL AND METHODS

The study included patients who had undergone a traditional open lumbar spine surgery in the form of single-level decompression and stabilisation. The patients were randomized into two groups. The study group received a 15 mg/kg dose of tranexamic acid intravenously during the induction of anaesthesia and then again 6 hours later. No tranexamic acid was administered to the control group. In all patients, intraoperative blood loss, postoperative blood loss into the drain, and therefore also total blood loss, transfusion requirements and potential development of a symptomatic postoperative wound hematoma requiring surgical evacuation were recorded. The data of the two groups were compared.

#### RESULTS

The cohort includes 162 patients, 81 in the study group and the same number in the control group. In the intraoperative blood loss assessment, no statistically significant difference between the two groups was observed; 430 (190–910) mL vs. 435 (200–900) mL. In case of post-operative drain blood loss, a statistically significantly lower volume was reported after the tranexamic acid administration; 405 (180–750) mL vs. 490 (210–820) mL. When evaluating the total blood loss, a statistically significant difference was also confirmed, namely in favour of the tranexamic acid; 860 (470–1410) mL vs. 910 (500–1420) mL. The reduction of total blood loss did not result in a difference in the number of administered transfusions; transfusions were given to 4 patients in each group. A postoperative wound hematoma requiring surgical evacuation developed in 1 patient in the group with the tranexamic acid and in 4 patients in the control group, but the difference was not statistically significant with respect to the insufficient group size. No patient in our study experienced complications associated with tranexamic acid application.

#### DISCUSSION

The beneficial effect of tranexamic acid on reducing blood loss in lumbar spine surgeries has already been confirmed by numerous meta-analyses. The question remains in what types of procedures, at what dose and route of administration its effect is significant. To date, most of the studies have explored its effect in multi-level decompressions and stabilizations. Raksakietisak et al., for instance, report significant reduction in total blood loss from 900 (160, 4150) mL to 600 (200, 4750) mL following an intravenous injection of 2 bolus doses of 15 mg/kg tranexamic acid. In less extensive spinal surgeries, the effect of tranexamic acid may not be that distinct. In our study of single-level decompressions and stabilizations, no reduction in the actual intraoperative bleeding was confirmed at the given dosage. Its effect was seen only in the postoperative period in a significant reduction of blood loss into the drain, thus also in the total blood loss, although the difference between 910 (500, 1420) mL and 860 (470, 1410) mL was not that significant.

#### CONCLUSIONS

By intravenous application of tranexamic acid in 2 bolus doses in single-level decompression and stabilization of the lumbar spine a statistically significant reduction in postoperative blood loss into the drain and also total blood loss was confirmed. The reduction in the actual intraoperative blood loss was not statistically significant. No difference was observed in the number of administered transfusions. Following the tranexamic acid administration, a lower number of postoperative symptomatic wound hematomas was recorded, but the difference was not statistically significant.

**Key words:** tranexamic acid, spinal surgeries, blood loss, postoperative hematoma.

## ÚVOD

Snahou každého chirurgického výkonu je minimalizace krevních ztrát. Velké krevní ztráty jsou spojeny s vyšším počtem komplikací, které mohou vést k prodloužení délky hospitalizace. Pooperační anémie může přispět ke komplikovanému hojení rány, kardiopulmonální dekompenzaci, zvýšené únavě s nemožností časně rehabilitace a v neposlední řadě nutností podání transfuze, což je spojeno s dalšími riziky (7). Základem redukce peroperační krevní ztráty je precizní operační technika. Eventuální úprava koagulopatie či redukce krevního tlaku peroperačně je samozřejmostí. Další možností minimalizace krevních ztrát se jeví peroperační podání tranexamové kyseliny, jakožto hemostatika s antifibrinolytickým účinkem. Tranexamová kyselina blokuje přeměnu plasminogenu na plasmin a tím tlumí degradaci fibrinové sítě ve tvořícím se koagulu. První použití tranexamové kyseliny je datováno již do 60. let minulého století u hypermenorey (15). Postupně se její využití rozšiřovalo i do dalších medicínských oborů včetně chirurgických. V posledním desetiletí strmě narůstá počet studií, které hodnotí efekt tranexamové kyseliny na redukci perioperačního krvácení u konkrétních chirurgických výkonů různých oborů, jakožto i u spinálních operací. I přes to že již řada metaanalýz potvrzuje příznivý vliv tranexamové kyseliny na redukci krevní ztráty u spinálních operací (2, 6, 12, 17, 18), několik málo studií ale takto jednoznačný příznivý vliv nepotvrdilo (3, 10). Otázkou stále zůstává dávka, způsob podání a typ výkonu, kdy je podání tranexamové kyseliny přínosné. Cílem naší studie tedy bylo zhodnocení účinku tranexamové kyseliny (podané ve dvou bolusových dávkách–15 mg/kg tělesné hmotnosti intravenózně) na redukci perioperačního krvácení (peroperační krevní ztráty a pooperační ztráty do drénu) a podání transfuzí. Nově také posouzení vlivu na potenciální rozvoj pooperačního symptomatického hematomu v ráně s nutností operační evakuace hematomu. Vše bylo hodnoceno u pacientů, kteří podstoupili klasickou jednosegmentovou dekompresi a stabilizaci bederní páteře.

## MATERIÁL A METODIKA

### Soubor pacientů

Do studie byli řazeni pacienti, kteří podstoupili klasický otevřený operační výkon na bederní páteři v podobě jednosegmentové dekomprese a stabilizace. Na naší klinice principiálně rozlišujeme dva typy takových výkonů. První spočívá v laminektomii, transpedikulární fixaci a založení intraartikulární fúze (vložení kostních autoštěpů do vybroušených kloubních štěrbin meziobratlových kloubků). Daný typ výkonu provádíme u patologií s nižším stupněm nestability (např. degenerativní spondylolistéza u starších pacientů s redukovanou výškou meziobratlové ploténky, bez významného pohybu obratlů na dynamických snímcích). Druhý typ výkonu spočívá v laminektomii, transpedikulární fixaci a diskektomii se založením intersomatické fúze, tedy klasický PLIF (Posterior Lumbar Interbody Fusion). Ten

provádíme u vyšších stupňů nestability (např. isthmická a dysplastická spondylolistéza). Druhý typ výkonu je rozsáhlejší, spojen primárně s větší krevní ztrátou. Proto byly výsledky vyhodnocovány i pro každý typ výkonu samostatně. Všem pacientům byl na závěr operace do rány vložen jeden drén, který byl pooperačně ponechán na aktivní sání. Po ústupu derivace (pod 50 ml/12 h) byl drén vytažen, tj. většinou druhý pooperační den. Do studie nebyli řazeni pacienti, u kterých došlo peroperačně k laceraci *dura mater* s likvoreou. Dále pacienti s kontraindikací podání tranexamové kyseliny. Přičemž kontraindikací podání je přecitlivělost na léčivou látku nebo na kteroukoli pomocnou látku, akutní venózní nebo arteriální trombóza, závažná porucha funkce ledvin (riziko akumulace látky v organismu) a křeče v anamnéze. Dále jsme pro zvýšení bezpečnosti ze studie vyřadili i pacienty s anamnézou tromboembolické příhody, byť daná skutečnost není absolutní kontraindikací podání tranexamové kyseliny. Všichni pacienti zařazení do studie byli operováni v daném segmentu primárně, měli předoperačně normální hodnoty koagulačních parametrů a hladiny trombocytů. V případě užívání antiagregačních či antikoagulačních léků byla tato medikace v dostatečném předstihu před operací vysazena či adekvátně upravena.

Pacienti splňující kritéria zařazení do studie byli randomizováni do skupiny experimentální a kontrolní. Pacientům v experimentální skupině byla podána bolusově tranexamová kyselina v dávce 15 mg/kg tělesné hmotnosti intravenózně při úvodu do anestezie, druhá stejná dávka po 6 hodinách od první.

### Metodika

U všech pacientů byla zaznamenána peroperační krevní ztráta a krevní ztráta do drénu. Byl zaznamenáván počet reoperací pro rozvoj symptomatického pooperačního hematomu v ráně a počet pacientů, kterým byla podána transfuze. Za symptomatický pooperační hematoma v ráně byl považován expanzivně se chovající hematoma s kompresí durálního vaku, hodnoceno dle MRI, a tomu odpovídající progredující neurologická symptomatika dolních končetin. Indikace k podání transfuze byla vždy individuální se zvážением mnoha faktorů. Obecně můžeme říci, že transfuze byla podána pacientům s pooperační hladinou hemoglobinu méně než 70 g/l. Při hodnotě 70–100 g/l byla transfuze podána jen v případě rozvinutého anemického syndromu a s ohledem na věk a komorbiditu pacienta.

Získaná data byla statisticky vyhodnocena. K analýze dat byl použit statistický software IBM SPSS Statistics verze 23 (Armonk, NY: IBM Corp.). Krevní ztráty byly porovnány pomocí Mannova-Whitneyova U testu. K porovnání výskytu pooperačních hematomů a podaných transfuzí byl použit Fisherův přesný test. Testy byly dělány na hladině signifikance 0,05.

### VÝSLEDKY

Soubor tvoří celkem 162 pacientů operovaných na naší klinice v období od ledna 2021 do června 2022. Při-

Tab. 1. Demografický přehled pacientů  
Table 1. Demographic overview of patients

	Laminektomie, TP fixace a intraartikulární fúze			Laminektomie, TP fixace a diskektomie–PLIF		
	n=111			n=51		
	experimentální skupina	kontrolní skupina	p	experimentální skupina	kontrolní skupina	p
	n=56	n=55		n=25	n=26	
Počet mužů	24 (42,9 %)	25 (45,5 %)	0,783	11 (44,0 %)	12 (46,2 %)	0,877
Počet žen	32 (57,1 %)	30 (54,5 %)		14 (56,0 %)	14 (53,8 %)	
Průměrný věk (roky)	66,1 ± 9,9	67,8 ± 9,0	0,571	55,3 ± 9,6	55,7 ± 9,6	0,786
Počet pacientů s antiagregační či antikoagulační terapií	10 (17,9 %)	8 (14,5 %)	0,636	4 (16,0 %)	5 (19,2 %)	1,000
Délka operace (min)	139 ± 32	140 ± 26	0,831	179 ± 33	181 ± 28	0,891
BMI pacientů	27,1 ± 3,7	27 ± 3,9	0,941	25,4 ± 3,7	25,8 ± 3,3	0,569

čemž 111 pacientů podstoupilo laminektomii, transpedikulární fixaci a intraartikulární fúzi (první typ výkonu), z toho 56 pacientů bylo v experimentální skupině, tj. byla jim aplikována tranexamová kyselina, kontrolní skupinu čítalo 55 pacientů. Laminektomii, transpedikulární fixaci a diskektomii – PLIF (druhý typ výkonu) podstoupilo 51 pacientů, z toho 25 v experimentální a 26 v kontrolní skupině. Nebyl prokázán statisticky signifikantní rozdíl v demografických údajích (věk, pohlaví, body mass index, antiagregační či antikoagulační terapie, délka výkonu) mezi oběma skupinami jak u prvního tak i u druhého typu výkonu (tab. 1). V případě hodnocení peroperačních krevních ztrát nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl mezi oběma skupinami u prvního ani druhého typu výkonu ani při celkovém vyhodnocení obou typů výkonů dohromady. V případě hodnocení krevních odpadů do drénu byl zaznamenán statisticky významně menší odpad po aplikaci tranexamové kyseliny a to u obou typů výkonů i celkovém vyhodnocení. Při vyhodnocení celkové krevní ztráty (peroperační krevní ztráta a ztráta do drénu u jednoho pacienta) nebyl prokázán statisticky signifikantní rozdíl mezi oběma skupinami u prvního ani u druhého typu výkonu, ale roz-

díl byl prokázán při celkovém vyhodnocení ve prospěch podání tranexamové kyseliny. Redukce celkové krevní ztráty po podání tranexamové kyseliny nevedla k rozdílu počtu podaných transfuzí. Transfuze, vždy v podobě 2 transfuzních jednotek erymasy, byla podána 4 pacientům v každé skupině, rozdíl tedy nebyl statisticky signifikantní. V případě hodnocení vlivu podání tranexamové kyseliny na zábranu rozvoje pooperačního hematomu v ráně s nutností operační evakuace byl zaznamenán nižší počet daných komplikací po podání tranexamové kyseliny. Při celkovém vyhodnocení došlo k dané komplikaci u 1 pacienta v experimentální skupině a u 4 pacientů v kontrolní skupině, rozdíl ale při daných počtech nebyl statisticky významný (tab. 2 a 3). U žádného pacienta v naší studii nebyla zaznamenána komplikace spojená s podáním tranexamové kyseliny.

## DISKUSE

V současnosti již není diskuse o tom, zda podání tranexamové kyseliny vede k redukcí krevních ztrát u rozsáhlých operací páteře. Příznivý vliv byl prokázán již v mnoha metaanalýzách (6, 12, 18). Otázkou zůstává,

Tab. 2. Výsledky jednotlivých typů výkonů  
Table 2. Results by types of surgery

	Laminektomie, TP fixace a intraartikulární fúze			Laminektomie, TP fixace a diskektomie – PLIF		
	n=111			n=51		
	experimentální skupina	kontrolní skupina	p	experimentální skupina	kontrolní skupina	p
	n=56	n=55		n=25	n=26	
Peroperační krevní ztráta	400 (190–720)	410 (200–670)	0,961	480 (250–910)	495 (260–900)	0,756
Odpad do drénu	400 (190–750)	485 (210–820)	<b>0,019</b>	410 (180–700)	490 (340–760)	<b>0,014</b>
Celková krevní ztráta	810 (470–1410)	880 (500–1300)	0,068	900 (570–1240)	985 (620–1420)	0,144
Podání transfuze	2 pacienti	3 pacienti	0,679	2 pacienti	1 pacient	0,61
Symptomatické hematomy	1 pacient	3 pacienti	0,363	0	1 pacient	1,000

Pozn.: Krevní ztráty uváděny jako medián (min–max) ml  
Note: Blood losses are stated as a median value (min–max) in mL

Tab. 3. Celkové výsledky obou typů výkonů dohromady – jednosegmentové dekomprese a stabilizace  
Table 3. Summary results of both types of surgery – single-level decompression and stabilisation

	Jednosegmentové dekomprese a stabilizace		
	n = 162		
	experimentální skupina	kontrolní skupina	p
	n = 81	n = 81	
<b>Peroperační krevní ztráta</b>	430 (190–910)	435 (200–900)	0,827
<b>Odpad do drénu</b>	405 (180–750)	490 (210–820)	<b>0,001</b>
<b>Celková krevní ztráta</b>	860 (470–1410)	910 (500–1420)	<b>0,02</b>
<b>Podání transfuze</b>	4 pacienti	4 pacienti	–
<b>Symptomatické hematomy</b>	1 pacient	4 pacienti	0,367

Pozn.: Krevní ztráty uváděny jako medián (min–max) ml

Note: Blood losses are stated as a median value (min–max) in mL

u jakých typů výkonů, při jaké dávce a jaké formě podání je její účinek významný. Většina studií zabývajících se doposud danou problematikou hodnotila účinek tranexamové kyseliny u rozsáhlých spinálních operací, tedy klasických polyetážových dekompresí a stabilizací. Dané výkony jsou spojeny s delším operačním časem a velkou krevní ztrátou, účinek tranexamové kyseliny je zde jednoznačný. U jednosegmentových dekompresí a stabilizací či ještě menších spinálních operací se efekt tranexamové kyseliny nemusí jevit tak výrazný. Jednosegmentové dekomprese a stabilizace jsou spojeny s relativně menší krevní ztrátou a kratší délkou operačního výkonu. Dle našich výsledků bolusové podání tranexamové kyseliny v dávce 15 mg/kg intravenózně před vlastním výkonem (jednosegmentovou dekompresí a stabilizací) nemělo významný vliv na redukci vlastního peroperečního krvácení. Zdá se, že vliv tranexamové kyseliny jakožto antifibrinolytika se během takového výkonu významně neprojevil. Ba naopak významný efekt 2 bolusových dávek tranexamové kyseliny se nám projevil v pooperačním období redukcí krevní ztráty do drénu. Dále jsme zaznamenali i nižší počet symptomatických hematomů v ráně po podání tranexamové kyseliny, ale daný rozdíl nebyl statisticky významný. Zdá se tedy, že antifibrinolytický účinek tranexamové kyseliny se projeví spíše až v rámci několika hodin a výrazněji u výkonů s větší krevní ztrátou.

Pro využití maximálního efektu tranexamové kyseliny je nutné její podání v adekvátní dávce. Problematika ideálního dávkovacího schématu je nyní hlavní náplní aktuálních studií (12, 14, 16, 17). Základní a nejjednodušší dávkovací schéma spočívá v bolusovém intravenózním podání tranexamové kyseliny v dávce 15 mg/kg tělesné hmotnosti pacienta s opakováním dávky po 6 hodinách (dávkování dle příbalové informace pro daný lék). Jednoznačný přínos daného podání u polyetážových laminektomií a stabilizací prokazuje Raksakietisak et al. Prezентuje významnou redukci celkové krevní ztráty z 900 (160, 4150) ml na 600 (200, 4750) ml (13). V naší studii u jednosegmentových dekompresí a stabilizací jsme taktéž prokázali při daném dávkování tranexamové kyseliny statisticky významnou redukci celkové krevní ztráty, byť rozdíl z 910 (500, 1420) ml na 860 (470, 1410) ml nebyl tak výrazný.

Další dávkovací schéma podání tranexamové kyseliny spočívá v intravenózní bolusové předoperační aplikaci s navázáním kontinuálního podávání po dobu operace. Konkrétní dávky jsou dle jednotlivých studií velmi rozmanité. Nejčastěji se pohybují v rozmezí 10–20 mg/kg v bolusovém podání s kontinuálním navázáním 1–10 mg/kg/h. V literatuře se setkáváme s termíny low dose a high dose podání tranexamové kyseliny. Hui et al. i Yuan et al. definují low dose jako bolus  $\leq 10$  mg/kg a kontinuální aplikaci  $\leq 10$  mg/kg/h, high dose 10–100 mg/kg +  $>10$  mg/kg/h (4, 17). Naproti tomu Raman et al. definují low dose podání tranexamové kyseliny jako bolus 10–20 mg/kg + 1–2 mg/kg/h kontinuálního podání a high dose 30–50 mg/kg + 1–10 mg/kg/h (14). Xiong et al. definují high dose jako jakékoli celkové podání tranexamové kyseliny nad 20 mg/kg (16). Z výše popsaného plyne nejednotnost v daných termínech. Rozmanitost v dávkovacích schématech sčezuje možnosti vyhodnocení a určení ideální dávky. Všechna popsaná dávkovací schémata, ať už v podobě low dose či high dose, vedou ke statisticky významné redukci celkové krevní ztráty. Při vzájemných srovnáních se v některých studiích jeví nejúčinnější high dose podání tranexamové kyseliny (12, 17).

Kromě intravenózního podání, což je doposud nejrozšířenější a nejvíce zkoumaný způsob podání, je možné tranexamovou kyselinu aplikovat lokálně (ať už v podobě prostého výplachu rány, tak infiltrací rány) či užít perorálně. Všechny způsoby jsou zkoumány v recentních studiích. Arun-Kumar et al. prokazují stejný účinek intravenózního podání s infiltrativní lokální aplikací tranexamové kyseliny na redukci perioperační krevní ztráty. Prostý proplach rány tranexamovou kyselinou taktéž přinesl efekt ve srovnání s kontrolní skupinou, ale nebyl tak výrazný jako 2 předchozí způsoby podání (1). Qi et al. prokázali, že perorální podání tranexamové kyseliny (v dávce 2 g před operací) je stejně účinné jako intravenózní bolusové podání (1 g předope-



račně a po 6 h) na redukci perioperačního krvácení u dekomprese a stabilizací bederní páteře (11).

U žádného pacienta z našeho souboru nebyla zaznamenána komplikace spojená s podáním tranexamové kyseliny. Obávanou potenciální komplikací, která plyne z vlastního mechanismu účinku léku, je vznik tromboembolické příhody. Nicméně recentní klinické studie neprokázali vyšší riziko vzniku tromboembolické příhody v podobě hluboké žilní trombózy, plicní embolie, ani ischemické cévní mozkové příhody či infarktu myokardu po podání tranexamové kyseliny perioperačně (5, 8, 9).

Přínos dané studie autoři spatřují v potvrzení účinku tranexamové kyseliny na redukci celkové krevní ztráty, a to i u jednosegmentových dekompresí a stabilizací, současně u daných výkonů ale nebyl potvrzen efekt tranexamové kyseliny na redukci vlastní peroperační krevní ztráty. Dále studie nově hodnotí účinek tranexamové kyseliny na redukci rozvoje symptomatického pooperačního hematomu v ráně. Autoři si jsou vědomi komorbidit pacientů. Z hlediska potenciálního ovlivnění výsledků jde především o komorbiditu, které by mohly ovlivňovat krvácivost, byť základní laboratorní vyšetření koagulace a počtu trombocytů byly u všech pacientů v mezích normy. Nicméně vzhledem k randomizaci a celkovému počtu pacientů nelze předpokládat statisticky významný rozdíl v rozložení komorbidit mezi oběma srovnávanými skupinami pacientů, a tedy potenciální ovlivnění výsledků.

## ZÁVĚR

Podáním tranexamové kyseliny ve 2 bolusových dávkách intravenózně u jednosegmentové dekomprese a stabilizace bederní páteře jsme prokázali statisticky významné snížení pooperační krevní ztráty do drénu i celkové krevní ztráty. Redukce vlastní peroperační krevní ztráty nebyla statisticky významná. Dále jsme zaznamenali nižší počet pooperačních symptomatických hematomů v ráně po podání tranexamové kyseliny, ale rozdíl nebyl statisticky významný. Nebyl prokázán rozdíl v počtu podaných transfuzí. U žádného pacienta nebyla zaznamenána komplikace spojená s podáním tranexamové kyseliny.

## Literatura

1. Arun-Kumar V, Naresh-Babu J. Is there a role for preoperative local infiltration of tranexamic acid in elective spine surgery? A prospective randomized controlled trial analyzing the efficacy of intravenous, local infiltration, and topical administration of tranexamic acid. *Global Spine J.* 2021;11:2127.
2. Bao X, Lu H, Gao Z, Wu Z, Chen Y, Chen Y, Cheng Q. Meta-analysis of the efficacy and safety of tranexamic acid in spinal surgery. *Comput Math Methods Med.* 2022;2022:9406497.
3. Farrokhi MR, Kazemi AP, Eftekharian HR, Akbari K. Efficacy of prophylactic low dose of tranexamic acid in spinal fixation surgery: a randomized clinical trial. *J Neurosurg Anesthesiol.* 2011;23:290–296.
4. Hui S, Xu D, Ren Z, Chen X, Sheng L, Zhuang Q, Li S. Can tranexamic acid conserve blood and save operative time in spinal surgeries? A meta-analysis. *Spine J.* 2017;18:1325–1337.
5. Ker K, Edwards P, Perel P, Shakur H, Roberts I. Effect of tranexamic acid on surgical bleeding: systematic review and cumulative meta-analysis. *BMJ.* 2012;344:3054.
6. Liu ZG, Yang F, Zhu YH, Liu GC, Zhu QS, Zhang BY. Is tranexamic acid beneficial in open spine surgery? and its effects vary by dosage, age, sites, and locations: a meta-analysis of randomized controlled trials. *World Neurosurg.* 2022;166:141–152.
7. Marik PE, Corwin HL. Efficacy of red blood cell transfusion in the critically ill: a systematic review of the literature. *Crit Care Med.* 2008;36:2667–2674.
8. Ng W, Jerath A, Wasowicz M. Tranexamic acid: a clinical review. *Anaesthesiol Intensive Ther.* 2015;47:339–350.
9. Perel P, Ker K, Morales Uribe CH, Roberts I. Tranexamic acid for reducing mortality in emergency and urgent surgery. *Cochrane Database Syst Rev.* 2013;2013:CD010245.
10. Peters A, Verma K, Slobodyanyuk K, Cheriyan T, Hoelscher C, Schwab F, Lonner B, Huncke T, Lafage V, Errico T. Antifibrinolytics reduce blood loss in adult spinal deformity surgery: a prospective, randomized controlled trial. *Spine (Phila Pa 1976)* 2015;40:443–449.
11. Qi MT, Wang SY, Wang LT, Chen XW, Zhan WH, Zhu XF, Wang H. [Effects of oral and intravenous tranexamic acid on perioperative blood loss after lumbar spinal canal decompression and fusion]. *Zhongguo Gu Shang.* 2022;35:736–739.
12. Rahmani R, Singleton A, Fulton Z, Pederson JM, Andreshak T. Tranexamic acid dosing strategies and blood loss reduction in multilevel spine surgery: a systematic review and network meta-analysis: tranexamic acid for multilevel spine surgery. *N Am Spine Soc J.* 2021;8:100086.
13. Raksakietisak M, Sathitkarnmanee B, Srisaen P, Duangrat T, Chinachoti T, Rushatamukayanunt P, Sakulpacharoen N. Two doses of tranexamic acid reduce blood transfusion in complex spine surgery: a prospective randomized study. *Spine (Phila Pa 1976)* 2015;40:1257–1263.
14. Raman T, Varlotta C, Vasquez-Montes D, Buckland AJ, Errico TJ. The use of tranexamic acid in adult spinal deformity: is there an optimal dosing strategy? *Spine J.* 2019;19:1690–1697.
15. Tengborn L, Blombäck M, Berntorp E. Tranexamic acid – an old drug still going strong and making a revival. *Thromb Res.* 2015;135:231–242.
16. Xiong Z, Wu K, Zhang J, Leng D, Yu Z, Zhang C, Yi P. Different dose regimens of intravenous tranexamic acid in adolescent spinal deformity surgery: a systematic review and meta-analysis. *BioMed Res Int.* 2020;2020:1–16.
17. Yuan L, Zeng Y, Chen ZQ, Zhang XL, Mai S, Song P, Tao LY. Efficacy and safety of antifibrinolytic agents in spinal surgery: a network meta-analysis. *Chin Med J (Engl).* 2019;132:577–588.
18. Zhao Y, Xi C, Xu W, Yan J. Role of tranexamic acid in blood loss control and blood transfusion management of patients undergoing multilevel spine surgery: a meta-analysis. *Medicine (Baltimore).* 2021;100:24678.

## Korespondující autor:

MUDr. Štefan Trnka

Neurochirurgická klinika Fakultní nemocnice Olomouc  
a Lékařské fakulty Univerzity Palackého v Olomouci  
Zdravotníků 248/7

779 00 Olomouc

E-mail: stefan.trnka@fnol.cz