

# Krevní ztráta u otevřených páteřních operací – peroperační odhad vs. realita

## Blood Loss in Open Spine Surgeries – Preoperative Estimate vs Reality

JIŘÍ SKÁLA-ROSENBAUM<sup>1</sup>, JAKUB JEŽEK<sup>1</sup>, PETR KAFKA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ortopedicko-traumatologická klinika 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice Královské Vinohrady, Praha

<sup>2</sup>Klinika anestezie a resuscitace 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice Královské Vinohrady, Praha

Věnováno k výročí 70. narozenin prof. MUDr. Martina Krbce, CSc.

### Korespondující autor:

Prof. MUDr. Jiří Skála-Rosenbaum, Ph.D., MHA  
Ortopedicko-traumatologická klinika 3. LF UK a FNKV  
Šrobárova 50  
100 00 Praha 10

[jrosenbaum@volny.cz](mailto:jrosenbaum@volny.cz)

Skála-Rosenbaum J, Ježek J, Kafka P. Krevní ztráta u otevřených páteřních operací – peroperační odhad vs. realita. Acta Chir Orthop Traumatol Cech. 2026;93:189-193.

## SUMMARY

Intraoperative blood loss represents a critical challenge in spinal surgery, with the potential to increase morbidity, mortality, and healthcare costs. Significant blood loss is associated with postoperative complications such as respiratory failure, infections, and hematomas. This paper evaluates current methods of estimating blood loss and highlights the discrepancy between intraoperative clinical estimates and the actual total blood loss, with a specific focus on the phenomenon

of hidden blood loss (HBL). The concept of Total Blood Loss (TBL) is analyzed as the sum of Visible Blood Loss (VBL), consisting of blood in suction canisters, sponges, and drains, and HBL, which results from hemolysis and sequestration of blood into tissues. Mathematical formulas, specifically the Gross equation and Nadler's formula for patient blood volume, are discussed as tools for calculating TBL based on hematocrit changes. Visual estimation is consistently shown to be inaccurate, often leading to significant underestimation, especially in losses exceeding 1,000 ml. Research indicates that in major spinal procedures, approximately 21% of the total intraoperative blood loss is captured in surgical

sponges. For practical intraoperative monitoring, a „28% coefficient“ should be added to the volume in the suction canister to provide a realistic estimate of the blood trapped in textiles. Furthermore, HBL accounts for at least 30% of the total perioperative loss. In extensive posterior thoracolumbar fusions, the visible blood in the suction canister may represent about half of the actual TBL only. Younger patients are paradoxically more susceptible to higher HBL due to more dynamic transcappillary refill and greater vascular compliance.

**Key words:** spine surgery, total blood loss, hidden blood loss, gravimetry, Gross formula, patient blood management.

## ÚVOD

Peroperační krevní ztráta představuje v chirurgické praxi zásadní problém vzhledem ke svému potenciálu zvyšovat morbiditu a mortalitu, prodlužovat hospitalizaci a výrazně zvyšovat finanční náklady na léčbu (1). Spondylochirurgie, zejména rozsáhlé otevřené rekonstrukční výkony typu korekce deformit, patří mezi výkony s jedním z nejvyšších rizik krevních transfuzí (1, 13). Zvýšená krevní ztráta je prokazatelně spojena s vyšším výskytem pooperačních komplikací, jako jsou respirační selhání, tvorba hematomů a infekce (6, 18).

Přesná identifikace velikosti krevní ztráty je nezbytná pro zajištění správného monitoringu a včasné a adekvátní reakce. Podhodnocení ztrát vede k nedostatečné náhradě objemu, což může vyústit v hemoragický šok, orgánové poškození

a zhoršenou tkáňovou oxygenací. Naopak výrazné nadhodnocení ztrát může vést k podání zbytečných a nákladných alogenních transfuzí, které samy o sobě nesou riziko imunomodulace a dalších kardiopulmonálních komplikací (9). Moderní management krevních ztrát (Patient Blood Management) vyžaduje posun od pouhého odhadu k exaktnějšímu měření a pochopení fyziologických procesů, které krevní ztrátu provázejí.

## ROZDĚLENÍ KREVŇÍCH ZTRÁT

Celková krevní ztráta (Total Blood Loss – TBL) je dána součtem viditelných krevních ztrát (Visible Blood Loss – VBL), mezi

keré patří krev v kanystru sání, v rouškách z operační rány a odpady do drenů a skrytých krevních ztrát (Hidden Blood Loss – HBL), která vzniká únikem krve do okolních tkání a hemolýzou. Platí tedy, že

$$\text{TBL} = \text{VBL} + \text{HBL}, \text{ přičemž } \text{VBL} = (\text{Ww} + \text{Vs} + \text{Rd}) - (\text{Wd} + \text{Si} + \text{Bt})$$

(Ww – hmotnost nasáté gázy, Vs – objem krve v kanystru sání, Rd – objem tekutiny v Redonově drenu, Wd – hmotnost suché gázy, Si – objem roztoků použitých k proplachu rány, Bt – transfuze krve).

Odhad krevních ztrát je založen na poklesu hemoglobinu či hematokritu v rámci peroperačního a pooperačního monitoringu, nicméně reakce na takový vývoj může být značně zpožděná. Proto vzniklo několik metod, které zpřesňují odhadovanou krevní ztrátu (Estimated Blood Loss – EBL), jejíž aproximace bývá součástí perioperačních bezpečnostních protokolů (Surgical Safety Checklist).

## VÝVOJ METOD ODHADU KREVŇÍCH ZTRÁT

Historicky byl v ortopedické praxi dominantní **vizuální odhad** krevní ztráty, který vychází z odhadu množství krve v rouškách a přesnějšího měření tekutiny v odsavném kanystru. Studie však opakovaně potvrzují, že vizuální odhad bývá zatížen významnou chybou a často vede k výraznému podhodnocení celkových ztrát (15, 17, 22). Je třeba zdůraznit, že tento nesoulad je nejmarkantnější u ztrát přesahujících 1 000 ml (3).

V průběhu vývoje se pozornost přesunula k objektivnějším metodám (4, 21).

- **Gravimetrická metoda.** Principem je vážení chirurgických roušek a gáz před a po použití. Tato metoda je považována za mnohem přesnější než vizuální odhad, zejména u operací s větší krevní ztrátou. Metoda je založena na předpokladu, že každý gram nárůstu hmotnosti gázy odpovídá 1 ml krve. Vždy je potřeba v rámci čistoty metody odečítat tekutinu použitou pro výplach rány. Problémem je i používání hemostatik (Gelaspon). Pokud jsou hemostatika vážena společně s gázou, jejich vlastní hmotnost (a případně tekutina v nich obsažená) je chybně započítána jako ztracená krev, což vede k nadhodnocení výsledků.
- **Kolorimetrická metoda.** Spočívá v měření hemoglobinu v chirurgických rouškách a porovnání těchto hodnot s předoperační hladinou krevního barviva.
- **Piktografická metoda.** Rychlá a levná technika, ale velmi orientační a spočívá ve vizuálním porovnání barvy roušek nasáklých krví s diagramem různě nasáklých textilií.
- **Matematické modely.** Moderní a velmi přesný trend v určování krevních ztrát umožňuje identifikovat i krev, která není viditelná v odsávačce ani na gázách. Výpočet celkové krevní ztráty (TBL) probíhá buď na základě změny hemoglobinu (Meunierův vzorec), častěji však podle změn hematokritu

(např. Grossův vzorec, Mercurialiho rovnice) a odhadu celkového objemu (Total Blood Volume – TBV) krve pacienta (Nadlerův vzorec) (5, 7, 14). Nadler používá rozdílné koeficienty pro mužské a ženské pohlaví a dále pracuje s výškou a hmotností pacienta. Přesnější hodnotu by ukázala scintigrafie se značenými erytrocyty, ale tato technika naráží na etické, finanční a provozní problémy.

## Současný stav a optimalizace peroperačního měření

Současná praxe se v páteřní chirurgii opírá primárně o kombinaci vizuální techniky a gravimetrie. Recentní studie zdůrazňují, že pro dosažení přesného klinického obrazu je nutné oba tyto parametry brát v úvahu a systematicky vyhodnocovat (8).

Výzkum ukazuje, že u větších páteřních výkonů (např. víceetážová zadní dekomprese a instrumentovaná fúze, korekce thorakolumbální deformity) se průměrně **21% celkové intraoperační krevní ztráty nachází v chirurgických gázách** (8). Nicméně pro praktické využití během operace, kde anesteziolog často sleduje pouze objem v odsávací nádobě, platí tzv. „**koeficient 28 %**“, což je procento nutné k přičtení k aktuální viditelné ztrátě v kanystru sání. Tím se získá reálný odhad krevní ztráty zachycené do odsavných roušek (8).

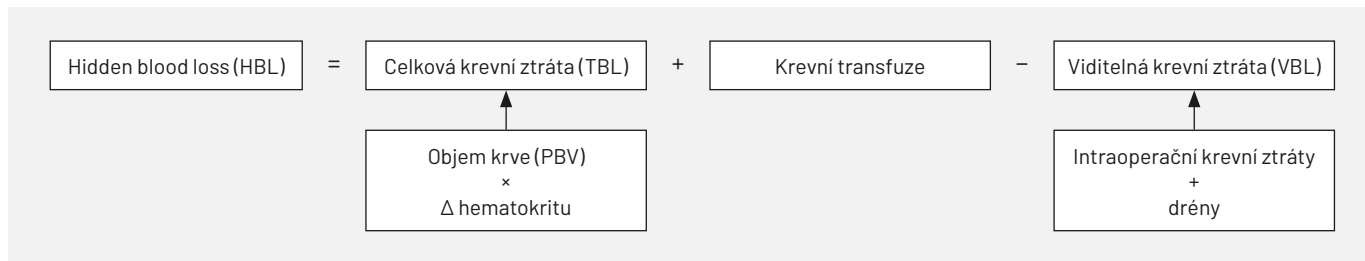
Analýza faktorů ovlivňujících viditelnou ztrátu potvrzuje, že vyšší ztráty jsou spojeny s těmito faktory:

- **Operace pouze na zadním sloupci.** Do předního sloupce se obvykle roušky nezasouvají, a to z důvodu lepší vizualizace operačního pole a rizika pozapomenutí textilií v ráně.
- **Operace do 180 minut.** Při delším trvání je absorpční kapacita gázy dříve naplněna a následné krvácení je detekovatelné v kanystru sání.
- **Ženské pohlaví.** Ženské pohlaví je obecně prokázáný nezávislý rizikový faktor větších krevních ztrát a nutností transfuzí (hormonální změny, menší objem krve).

A právě u těchto známých rizikových faktorů představuje „**koeficient 28 %**“ spodní hranici a ztráty v rouškách rostou nad 30 %. Naopak další faktory jako pohlaví, BMI, počet operovaných segmentů a klasifikace ASA, obecně známé jako rizikové pro větší celkové krevní ztráty, nemají na podíl krve v gázách signifikantní vliv, což svědčí o konzistentní absorpční schopnosti krytí bez ohledu na charakteristiky pacienta (8).

## Moderní koncept: Fenomén skryté krevní ztráty (HBL)

Zásadním posunem v chápání perioperačního managementu je koncept **skryté krevní ztráty (Hidden Blood Loss – HBL)**, která vzniká zejména na podkladě hemolýzy a extravazace krve do okolního intersticia. HBL definujeme jako rozdíl mezi celkovou krevní ztrátou (TBL) a viditelnou krevní ztrátou



Graf 1. Schéma výpočtu skryté krevní ztráty (bliže v textu).

Chart 1. Calculation scheme for hidden blood loss (see text for details).

(VBL – součet odsáté krve, krve v operačních gázách a pooperačního odpadu do drénů). Přehledné schéma výpočtu HBL ukazuje graf 1.

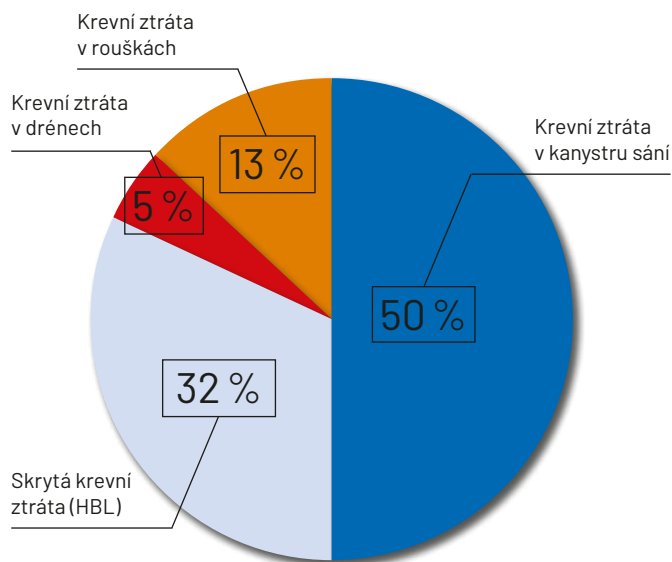
Pro výpočet skryté ztráty (HBL) je nejprve nutné stanovit celkovou krevní ztrátu (TBL). K tomu se nejčastěji používá **Grossova rovnice**:

$TBL = PBV \times (Hct_{pre} - Hct_{post}) / Hct_{ave}$ , kde PBV (Patient Blood Volume) představuje objem krve pacienta získaný Nadlerovou rovnicí a dalším hodnoceným parametrem jsou hodnoty hematokritu (Hct). Použití průměrné hodnoty Hct ( $Hct_{ave}$ ) dobře reflektuje dynamiku změn v krevním řečišti během perioperačního období. Grossův vzorec díky použití objemu krve poskytuje komplexní odhad celkové krevní ztráty, bere v úvahu tělesnou konstituci pacienta a dále koriguje efekt podávání infuzních roztoků. Jeho nevýhodou je nespolehlivost při masivních ztrátách nad 3 litry, kdy by tato lineární metoda mohla ztrátu nadhodnotit. Ke zjištění skryté krevní ztráty pak již stačí jednoduchá rovnice:

$$HBL = TBL - VBL.$$

První, kdo přišel s konceptem HBL, byli Sehat a kol., kteří na souboru 63 TEP kolenního kloubu měřili perioperační a pooperační krevní ztráty a porovnávali je s poklesem hemoglobinu a hematokritu, který překvapivě neodpovídal vzniklým ztrátám. Zjistili, že skryté krevní ztráty představují 50 % z celkových krevních ztrát (19). Další práce rozpor v poklesu hladin Hb a Hct a viditelných ztrát potvrdily, a to i v páteřní chirurgii (11, 16), dokonce i u miniinvazivních výkonů (12, 23). Naměřené a vypočítané hodnoty HBL tvořily v různých souborech 30–50 % z objemu celkových ztrát (20). Kolz a kol. zjistili u operací adolescentní idiopatické skoliózy, že HBL po uzavření rány je větší než perioperační měřitelná ztráta (10).

U rozsáhlých zadních thorakolumbálních fúzí představuje **skrytá krevní ztráta minimálně 30 % z celkové perioperační ztráty**. To znamená, že téměř jedna třetina krve, o kterou pacient přijde, není v průběhu operace ani v bezprostředním pooperačním období vizuálně zaznamenána. Tento fenomén vysvětluje, proč u některých pacientů dochází k výraznému poklesu hemoglobinu a rozvoji pooperační anémie i v případech,



Graf 2. Rozdělení složek perioperační krevní ztráty. Relativní podíl perioperační krevní ztráty zachycené odsáváním, krve v operačních gázách, pooperačního odpadu z drénů a skryté krevní ztráty (HBL), která tvoří přibližně třetinu celkové krevní ztráty (volně podle Kafka a kol. (8)).

Chart 2. Distribution of perioperative blood loss components. The figure illustrates the relative proportions of intraoperative blood loss captured by suction, blood in surgical sponges, postoperative drainage output, and hidden blood loss (HBL), which accounts for approximately one-third of the total blood loss (adapted from Kafka et al. (8)).

kdy odhadovaná ztráta (EBL) působila přijatelně. Celkové složení perioperační krevní ztráty přehledně zobrazuje graf 2, ze kterého je zřejmé, že přibližně polovinu celkové ztráty tvoří krev zachycená v odsávacím systému během operace, menší část představuje krev absorbovaná v operačních gázách (~10–20 %) a pooperační odpad z drénů (~5 %). Zbývající podíl pak představuje skrytá krevní ztráta (~30 %), která není přímo měřitelná. Z klinického hlediska to znamená, že skutečná celková krevní ztráta může být přibližně až dvojnásobná oproti samotnému objemu krve zachycenému v odsávacím kanystru, což je nutné zohlednit při perioperačním hodnocení krevních ztrát (8).

## Mechanismus vzniku HBL

Pochopení mechanismů HBL je klíčové nejen pro zpřesnění podílu jednotlivých příčin, ale i pro rozvoj nových terapeutických strategií. Moderní literatura uvádí tři hlavní pilíře:

1. **Tkáňová sekvestrace.** Krev prosakuje do intersticiálního prostoru, paraspinalních svalů, epidurálního a retroperitoneálního prostoru.
2. **Hemolýza.** Mechanické trauma při preparaci měkkých tkání, ale i při opracování obratlů, vede k destrukci erytrocytů. Uvolněné tukové mikroemboly z kostní dřevě mohou navíc aktivovat osmotický stres oxidací poškodit membrány červených krvinek, které jsou následně vychytávány a odstraňovány slezinou (tzv. splenic clearance).
3. **Transkapilární refill.** Jde o fyziologický mechanismus, kdy se v reakci na ztrátu krve přesouvá tekutina z intersticia do cévního řečiště. Tento proces sice stabilizuje hemodynamiku, ale zároveň vede k naředění cirkulujících erytrocytů (diluce), což v matematických modelech zvyšuje vypočítanou hodnotu skryté ztráty, i když k dalšímu aktivnímu krvácení nedochází (2).

## Klinický význam HBL

**Mladší pacienti** vykazují vyšší podíl skrytých krevních ztrát především kvůli více dynamickému mechanismu **přesunu intersticiální tekutiny do vaskulárního prostoru** za účelem obnovy objemu plazmy po krvácení. Tento proces sice stabilizuje hemodynamiku, ale zároveň **výrazně ředí koncentraci hemoglobinu**, což v matematických modelech zvyšuje vypočítanou hodnotu HBL. Mladší jedinci mají dále **vyšší denzitu kapilár**, lepší **vaskulární compliance** (poddajnost cév) a **větší intersticiální rezervy** a v souhrnu toto usnadňuje extravazaci krve do okolních tkání. Také robustnější paraspinalní svalovina je při otevřeném přístupu náchylnější k sekvestraci krve a navíc je u mladších menší tendence k hyperkoagulačním stavům, které limitují skryté krvácení. Tento „věkový paradox“ negativní korelace velikosti HBL s věkem vede spolu s výše uvedenými faktory k tomu, že mladší pacienti mohou být **náchylnější**

## Literatura

1. Aeschbacher P, Nguyen TL, Dorn P, Kocher GJ, Lutz JA. Surgical site infections are associated with higher blood loss and open access in general thoracic practice. *Front Surg.* 2021;25:8. doi:10.3389/fsurg.2021.656249.
2. Dull RO, Hahn RG. Transcapillary refill: the physiology underlying fluid reabsorption. *J Trauma Acute Care Surg.* 2021;90:e31-39. doi:10.1097/TA.0000000000003013.
3. Elgafy H, Bransford RJ, McGuire RA, Dettori JR, Fischer D. Blood loss in major spine surgery. *Spine (Phila Pa 1976).* 2010;35(9 Suppl):S47-56. doi:10.1097/BRS.0b013e3181d833f6.
4. Gerdessen L, Meybohm P, Choo-ropoikayil S, Herrmann E, Taeuber I, Neef V, Raimann FJ, Zacharowski K, Piekarski F. Comparison of common perioperative blood loss estimation techniques: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Monit Comput.* 2021;35:245-258. doi:10.1007/s10877-020-00579-8.
5. Gibon E, Courpied JP, Hamadouche M. Total joint replacement and blood loss: what is the best equation? *Int Orthop.* 2013;37:735-739.
6. Glance LG, Dick AW, Mukamel DB, Fleming FJ, Zollo RA, Wissler R, Salloum R, Meredith UW, Osler TM. Association between intraoperative blood transfusion and mortality and morbidity in patients undergoing noncardiac surgery. *Anesthesiology.* 2011;114:283-292. doi:10.1097/ALN.0b013e3182054d06.

**k rozvoji pooperační anémie** i při zdánlivě přijatelných viditelných krevních ztrátách.

Faktory jako BMI, pohlaví nebo ASA klasifikace nevykazují u HBL tak silnou asociaci, což naznačuje, že skrytá ztráta je spíše odrazem individuální fyziologické reakce organismu a rozsahu chirurgického traumatu než bazálních demografických parametrů.

## ZÁVĚR A DOPORUČENÍ PRO PRAXI

Vzhledem k rizikům vzniklým z větší krevní ztráty je zřejmé, že **management operačního času a snaha o jeho zkrácení jsou zásadní pro minimalizaci perioperačního krvácení a následných komplikací.** Přesný odhad ztrát u delších operací je kritický pro správné a včasné rozhodování o transfuzích a pooperační péči.

Efektivní management krevních ztrát se v moderní chirurgii pohybového aparátu již nemůže spoléhat na vizuální odhady. Pro klinickou praxi z dostupných poznatků vyplývají tato doporučení:

- **Implementace gravimetrie.** Rutinní vážení gáz by mělo být standardem u všech výkonů s očekávanou ztrátou nad 500 ml.
- **Aplikace korekčního faktoru.** Pokud není vážení gáz dostupné, je nutné k viditelnému objemu v odsávačce přičíst 28 % pro získání reálnějšího obrazu o intraoperační ztrátě.
- **Povědomí o HBL.** Je nutné počítat s tím, že celková ztráta bude o cca 31 % vyšší, než kolik činí součet odsávání a gáz. Tento fakt musí být zohledněn v pooperačním monitoringu.
- **Individuální přístup k mladším pacientům.** U mladších jedinců podstupujících rozsáhlé operace je riziko skrytých ztrát a následné anémie paradoxně vyšší než u starších pacientů se stejným nálezem.

Zohlednění všech komponent celkové krevní ztráty – viditelné i skryté – umožňuje optimalizovat transfuzní strategii, předcházet anémii a zlepšit celkové pooperační výsledky u pacientů podstupujících náročné spondylochirurgické výkony. ■

7. Gross JB. Estimating allowable blood loss: corrected for dilution. *Anesthesiology*. 1983;58:277-280.
8. Kafka P, Jezek J, Svec J, Odstrcilova I, Skala-Rosenbaum J. Spine surgery and major blood loss: how accurate is suction canister estimation? *Eur Spine J*. 2026;35:2089-2094. doi: 10.1007/s00586-025-09361-3. Epub 2025 Sep 13.
9. Kim JL, Park JH, Han SB, Cho IY, Jang KM. Allogeneic blood transfusion is a significant risk factor for Surgical-Site Infection following total hip and knee arthroplasty: a meta-analysis. *J Arthroplasty*. 2017;32:320-325.
10. Kolz JM, Neal KM. Hidden blood loss in adolescent idiopathic scoliosis surgery. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2022;108:103216. doi:10.1016/j.otsr.2022.103216.
11. Lei F, Li Z, He W, Tian X, Zheng L, Kang J, Feng D. Hidden blood loss and the risk factors after posterior lumbar fusion surgery. *Medicine*. 2020;99:e20103. doi:10.1097/MD.00000000000020103.
12. Lin S, Liu S, Li Y, Yan Y, Ye H. Hidden blood loss of minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion of lumbar degenerative diseases in patients with osteoporosis: a retrospective study. *J Orthop Surg Res*. 2024;19:798. doi:10.1186/s13018-024-05297-4.
13. Montroy J, Lavallée LT, Zarychanski R, Fergusson D, Houston B, Cagiannos I, Morash C, Tinmouth A, Hutton B, Mallick R, Flaman A, Breau RH. The Top 20 surgical procedures associated with the highest risk for blood transfusion. *Br J Surg*. 2020;107:e642-643. doi:10.1002/bjs.12005.
14. Nadler SB, Hidalgo JH, Bloch T. Prediction of blood volume in normal human adults. *Surgery*. 1962;51:224-232.
15. Nowicki PD, Ndika A, Kempainen J, Cassidy J, Forness M, Satish S, Hassan N. Measurement of intraoperative blood loss in pediatric orthopaedic patients: evaluation of a new method. *JAAOS: Global Research and Reviews*. 2018;2:e014. doi:10.5435/JAAOSGlobal-D-18-00014.
16. Ogura Y, Dimar II JR, Gum JL, Crawford CH 3rd, Djurasovic M, Glassman SD, Carreon LY. Hidden blood loss following 2- to 3-level posterior lumbar fusion. *Spine J*. 2019;19:2003-2006. doi: 10.1016/j.spinee.2019.07.010.
17. Ram GG, Suresh P, Vijayaraghavan PV. Surgeons often underestimate the amount of blood loss in replacement surgeries. *Chin J Traumatol*. 2014;17:225-228.
18. Rybaczek M, Kowalski P, Mariak Z, Grabala M, Suszczyńska J, Łysoń T, Grabala P. Safety in spine surgery: risk factors for intraoperative blood loss and management strategies. *Life*. 2025;15:1615. doi:10.3390/life15101615.
19. Sehat KR, Evans R, Newman JH. How much blood is really lost in total knee arthroplasty? *Knee*. 2000;7:151-155.
20. Smorgick Y, Baker KC, Bachison CC, Herkowitz HN, Montgomery DM, Fischgrund JS. Hidden blood loss during posterior spine fusion surgery. *Spine J*. 2013;13:877-881.
21. Stoker AD, Binder WJ, Frasco PE, Morozowich ST, Bettini LM, Murray AW, Fah MK, Gorlin AW. Estimating surgical blood loss: a review of current strategies in various clinical settings. *SAGE Open Med*. 2024;12:20503121241308304. doi: 10.1177/20503121241308302.
22. Tran A, Heuser J, Ramsay T, Mclsaac DI, Martel G. Techniques for blood loss estimation in major non-cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis. *Can J Anaesth*. 2021;68:245-255.
23. Yang Y, Zhang L, Liu B, Pang M, Xie P, Chen Z, Wu W, Feng F, Rong L. Hidden and overall haemorrhage following minimally invasive and open transforaminal lumbar interbody fusion. *J Orthop Trauma*. 2017;18:395-400. doi: 10.1007/s10195-017-0464-9.