Kanga cloths to smartphones: how should we measure blood loss in the operating room?

Ahmad Alli, MD · Gregory M. T. Hare, MD, PhD

Received: 30 September 2020 / Accepted: 18 October 2020 / Published online: 17 November 2020
© Canadian Anesthesiologists' Society 2020

Accurate assessment and treatment of acute surgical blood loss has been an important focus of anesthesiologists for many decades. As reviewed by Bonica and Lyter in 1951, “*The amount of blood lost during surgical operations is usually more than that estimated by the surgical team. Unless an adequate amount is replaced, shock may ensue, and the postoperative morbidity is prolonged*”.¹ In most adults, clinical signs of inadequate organ perfusion or shock present only when a significant amount of blood loss (> 750 mL) has already occurred,² and these signs can be masked in patients under anesthesia. Early detection of hemorrhage (occult or obvious), and the volume replacement for such hemorrhage, is considered one of the primary responsibilities of the anesthesiologist. Another important aspect to consider is that the numerical value of estimated blood loss (EBL) as charted on the anesthetic or surgical record is used widely for outcome prediction and research purposes. Non-standardized or inaccurate measures of EBL therefore have the potential to cause bias in research and may in themselves result in adverse clinical outcomes due to unnecessary blood transfusion or lack thereof.

Accurately quantifying blood loss in the operating room has been a problem from the very beginnings of modern anesthesia.¹ As reviewed by Tran *et al.*,³ direct measurement, gravimetric assessment, and formula-based

assessments have been utilized. One of the earliest and easiest methods is visual estimation, by examining blood-soaked sponges and suction canisters, which has been utilized to assess blood loss in obstetrics to minimize maternal morbidity and mortality.⁴ The main advantages of visual assessment are that it is readily accessible, rapid to perform, and cheap. This makes it particularly useful in resource-limited settings. In Tanzania, for example, Prata *et al.*, reported the use of a locally made pre-cut piece of cloth, the *kanga*, to assess EBL after delivery in an obstetric out-of-hospital setting. Two blood-soaked *kangas* would prompt further management or referral.⁵ Similarly, in the operating room, soaked surgical sponges of certain sizes represent corresponding amounts of blood volume. Unfortunately, there is large heterogeneity in the methodology of studies analyzing this method, and this is reflected in the conflicting results of these studies. Visual assessment combined with direct measurement remains the recommendation of the American Society of Anesthesiologists.⁶ Empirically, the gravimetric assessment is performed by calculating the mass difference between dry and soaked sponges, taking into account the volume of irrigation fluid used. One gram of mass gain is considered equivalent to approximately one millilitre of blood lost (this assumes that blood has roughly an equal density to water). This method has been utilized to direct point of care coagulation testing in cardiac surgery, with the goal of reducing blood product utilization and improving patient outcomes.⁷

In this issue of the *Journal*, Tran *et al.* present a well-conducted systematic review and meta-analysis of the available literature comparing commonly used techniques used to quantify EBL in a non-cardiac surgery setting.³ After a systematic search, 26 studies totalling 3,297 patients met the criteria to be included in the analysis. As

A. Alli, MD
Department of Anesthesia, St. Michael's Hospital, University of Toronto, Toronto, ON, Canada

G. M. T. Hare, MD, PhD (✉)
Department of Anesthesia and Physiology, University of Toronto, St. Michael's Hospital, 30 Bond Street, Toronto, ON M5B 1W8, Canada
e-mail: greg.hare@unityhealth.to

there is no agreed-upon gold standard for EBL assessment, studies comparing techniques against each other were selected. Most studies were from Europe and North America and encompassed mostly orthopedic, urology, and general surgical procedures. Techniques of EBL assessment were divided into three groups and compared against each other. The three groups were visual estimation, formula-based estimation, and *other*. The *other* group comprised gravimetric, colorimetric, and pictographic assessment techniques. They found that the three groups differed from each other, with pooled mean differences of an excess 303 mL loss estimated with formula-based estimation than with visual estimation; and an excess of 262 mL loss estimated with formula-based estimation than with *other* means of assessment. These values of variation approach the volume of a unit of packed red cells (330 mL), which portends significant clinical consequences.

The authors noted significant case-by-case variation within each technique for a given surgical procedure. The results of the review are obviously limited by the quality of the included studies, which the authors have adequately compensated for. They conclude that formula estimation (including variables such as hematocrit, hemoglobin, and patient characteristics) is the most consistently applicable technique reducing inter-observer variability. A formula developed by Ross *et al.* takes these variables into account and is recommended in the study.⁸

This study highlights the fact that, currently, the most widely used techniques for estimating blood loss during surgery may be little more than educated guesswork. There is no doubt there is a need for improvement in this arena.

Establishing an accurate and practical “gold standard” methodology would greatly enhance the utilization of blood loss estimates to guide clinical care and research. Based on the current study, it is most likely that visual or formula-based techniques will remain the mainstay of EBL estimation. Such formulaic approaches may include a combination of data including EBL, changes in hemoglobin concentration and/or hematocrit, patient demographics, and physiologic parameters including changes in mean arterial pressure and heart rate. The development of a “blood loss index” combining clinical patient variables, such as hemodynamics and hemoglobin, with EBL assessment variables, from formulas and visual assessment, should be a research priority in this area. Without an accurate reference standard, the value of incorporating current EBL measures into research projects will continue to be limited. Clinical usefulness of this important variable may be improved by developing a pragmatic, validated formula-based calculation.

Toward achieving this goal, utilization of new technologies, including smartphone-based applications,

may assist in simplifying data integration and analysis and providing real-time analysis to guide clinical care. In the current age of automation, the frontier of machine vision beckons; use of objective measures could reduce inter-observer variability associated with subjective human visual processing, thereby sharpening the accuracy of clinical assessment and improving the capacity for clinical decision-making. For example, the Triton system (Gauss Surgical Inc, Los Altos, CA, USA) utilizes images of blood-soaked sponges captured by a mobile smartphone or tablet operated by a wireless foot pedal. The images are then processed to normalize lighting conditions and other features. These processed images are uploaded to a remote server where they undergo further processing and analysis. The proprietary software algorithm matches clusters of pixels with a database of images of soaked sponges of known hemoglobin concentration. It then displays an estimation of the volume of blood loss based on the hemoglobin, sponge size, and count. It can also assess containers of blood such as suction canisters. The accuracy of the Triton system has been assessed in both simulated and clinical settings.^{9,10} The final validation of this or other new methodology would require assessment in adequately powered clinical trials in which an impact on important patient outcomes is established.

Finally, consideration should be given to the availability of resources when researching and developing tools and techniques for blood loss estimation. Even without considering the limited resource setting, rapid hemoglobin and hematocrit measurement devices are not yet universally available in high-income countries’ operating rooms. Smartphone use and internet connectivity is increasing across the globe and image processing software is becoming ever more sophisticated and mobile. Perhaps it is time to combine the objective quantitative capacity of devices such as the smartphone with the more subjective but invaluable component of clinical judgement, exemplified by the *kanga* in the quest for a more accurate quantification of surgical blood loss.

Des tissus *kanga* aux téléphones intelligents : comment mesurer les pertes sanguines en salle d’opération?

Depuis plusieurs décennies, l’évaluation précise et le traitement des pertes sanguines chirurgicales est l’une des préoccupations centrales des anesthésiologistes. Comme le

soulignaient Bonica et Lyter en 1951, « *La quantité de sang perdue pendant une opération chirurgicale est en général supérieure à l'estimation qu'en fait l'équipe chirurgicale. À moins qu'une quantité adéquate ne soit remplacée, un choc peut s'ensuivre, et la morbidité postopératoire s'en trouvera prolongée* ». ¹ Chez la plupart des adultes, les signes cliniques d'une perfusion inadéquate des organes ou d'un choc ne se manifestent que lorsqu'une quantité significative (> 750 mL) de pertes sanguines est déjà survenue, ² et ces signes peuvent être masqués chez les patients sous anesthésie. La détection précoce d'une hémorragie (occulte ou visible) et le remplacement du volume sanguin pour une telle hémorragie sont considérés comme l'une des principales responsabilités de l'anesthésiologiste. Un autre aspect important dont il faut tenir compte est que la valeur numérique de la perte sanguine estimée (PSE) telle que documentée au dossier anesthésique ou chirurgical est fréquemment utilisée à des fins de prédiction des devenir et de recherche. Des mesures non standardisées ou inexacts de la PSE ont dès lors le potentiel de créer un biais de recherche et pourraient en soi entraîner des devenir cliniques néfastes en raison de transfusions sanguines non données ou inutiles.

La quantification précise des pertes sanguines en salle d'opération constitue un problème depuis les tout débuts de l'anesthésie moderne. ¹ Comme l'ont décrit Tran *et coll.*, ³ la mesure directe, l'évaluation gravimétrique et les évaluations fondées sur des formules ont toutes été utilisées. L'une des premières méthodes à voir le jour et des plus faciles à appliquer est l'estimation visuelle, soit l'étude des éponges imbibées de sang et des contenants d'aspiration. Cette méthode a été utilisée pour évaluer les pertes sanguines en obstétrique afin de minimiser la morbidité et la mortalité maternelles. ⁴ Les principaux avantages de l'évaluation visuelle sont qu'elle est immédiatement disponible, rapide à réaliser, et peu onéreuse. Cela rend cette méthode particulièrement utile dans les contextes où les ressources sont limitées. En Tanzanie, par exemple, Prata *et coll.* ont rapporté l'utilisation d'un tissu pré-coupé fabriqué localement, le *kanga*, pour évaluer les PSE post-accouchement dans un cadre obstétrical hors hôpital. Si deux *kangas* sont imbibés de sang, une prise en charge ou une consultation supplémentaires seront demandées. ⁵ De même, en salle d'opération, une éponge chirurgicale imbibée d'une certaine taille correspondra à une quantité donnée de volume sanguin. Malheureusement, la méthodologie des études analysant cette méthode de calcul est très hétérogène, ce qui se reflète dans les résultats contradictoires de ces études. L'évaluation visuelle combinée à la mesure directe reste la recommandation de l'*American Society of Anesthesiologists*. ⁶ Empiriquement,

l'évaluation gravimétrique est effectuée en calculant la différence de masse entre les éponges sèches et imbibées, en tenant compte du volume de fluide d'irrigation utilisé. Un gramme de plus de masse est considéré comme équivalent à environ un millilitre de sang perdu (cela suppose que le sang a une densité à peu près égale à l'eau). Cette méthode a été utilisée pour guider les tests de coagulation au point d'intervention en chirurgie cardiaque, avec pour objectif de réduire l'utilisation des produits sanguins et d'améliorer les devenir des patients. ⁷

Dans ce numéro du *Journal*, Tran *et coll.* présentent une revue systématique et une méta-analyse rigoureuses de la littérature disponible comparant les techniques couramment utilisées pour quantifier les PSE dans un contexte de chirurgie non cardiaque. ³ Après une recherche systématique, 26 études incluant un total de 3297 patients répondaient aux critères d'inclusion pour l'analyse. Comme il n'existe pas de méthodes références consensuelles pour l'évaluation des PSE, les études comparant des techniques les unes aux autres ont été retenues. La plupart des études provenaient d'Europe et d'Amérique du Nord et portaient principalement sur des interventions en orthopédie, en urologie et en chirurgie générale. Les techniques d'évaluation des PSE ont été divisées en trois groupes et comparées les unes aux autres. Les trois groupes étaient l'estimation visuelle, l'estimation basée sur des formules, et les *autres techniques*. Le groupe *autres techniques* comportait des techniques d'évaluation gravimétriques, colorimétriques et pictographiques. Les auteurs ont constaté que les trois groupes se distinguaient, avec des différences moyennes regroupées d'une perte excédentaire estimée de 303 mL lors d'une estimation basée sur des formules vs une estimation visuelle, et une perte excédentaire estimée de 262 mL lors d'une estimation basée sur une formule vs d'*autres* méthodes d'évaluation. Ces valeurs de variation sont proches du volume d'une unité de culot globulaire (330 mL), ce qui laisse présager d'importantes conséquences cliniques.

Les auteurs ont noté une variation significative pour chaque technique d'évaluation utilisée lors d'une intervention chirurgicale donnée. Les résultats de la revue sont évidemment limités par la qualité des études incluses, ce dont les auteurs ont tenu compte et qu'ils ont adéquatement compensé. Les auteurs concluent que l'estimation basée sur une formule (qui comprend des variables telles que l'hématocrite, l'hémoglobine et les caractéristiques propres au patient) est la technique la plus systématiquement applicable pour réduire la variabilité inter-observateur. Une formule développée par Ross *et coll.* tient compte de ces variables et est recommandée dans l'étude. ⁸

Cette étude met en évidence le fait que, à l'heure actuelle, les techniques les plus fréquemment utilisées pour

estimer les pertes sanguines pendant une chirurgie pourraient n'être que des approximations éclairées. Il ne fait aucun doute qu'il y a un besoin d'amélioration dans ce domaine.

La création d'une méthodologie précise et pratique d'une « norme de référence » améliorerait grandement l'utilisation des estimations de pertes sanguines comme guide des soins cliniques et de la recherche. Selon l'étude actuelle, il est fort probable que les techniques visuelles ou basées sur des formules resteront les piliers de l'estimation des PSE. De telles formules peuvent inclure une combinaison de données, y compris les PSE, les changements dans la concentration d'hémoglobine et/ou d'hématocrite, les caractéristiques démographiques des patients ainsi que des paramètres physiologiques, notamment les changements de la tension artérielle moyenne et de fréquence cardiaque. L'élaboration d'un « indice des pertes sanguines » combinant des variables cliniques propres au patient, telles que les données d'hémodynamie et l'hémoglobine, à des variables d'évaluation des PSE, à partir de formules et d'une évaluation visuelle, devrait être une priorité de recherche dans ce domaine. En l'absence d'une norme de référence précise, l'utilité de l'intégration des mesures actuelles des PSE dans les projets de recherche continuera d'être limitée. L'utilité clinique de cette variable importante peut être améliorée en mettant au point un calcul pragmatique et validé basé sur des formules.

Pour atteindre cet objectif, l'utilisation des nouvelles technologies, y compris des applications basées sur les téléphones intelligents, pourrait simplifier l'intégration et l'analyse des données tout en fournissant des analyses en temps réel qui guideront les soins cliniques. À l'ère actuelle de l'automatisation, la frontière de la vision numérique nous interpelle; l'utilisation de mesures objectives pourrait réduire la variabilité inter-observateur associée à l'évaluation visuelle humaine, nécessairement subjective; ainsi, l'exactitude de l'évaluation clinique serait plus précise et la capacité de prise de décision clinique améliorée. Par exemple, le système Triton (Gauss Surgical Inc, Los Altos, CA, États-Unis) utilise des images d'éponges imbibées de sang capturées par un téléphone intelligent ou une tablette actionnée par une pédale sans fil. Les images sont ensuite traitées pour en normaliser les conditions d'éclairage et d'autres caractéristiques. Ces images traitées sont téléversées à un serveur distant où elles font l'objet d'un traitement et d'une analyse supplémentaires. L'algorithme logiciel breveté associe ensuite des grappes de pixels à une base de données d'images d'éponges imbibées d'une concentration d'hémoglobine connue. Il affiche alors une estimation du volume de la perte sanguine basée sur l'hémoglobine, la taille de l'éponge, et le décompte. Il peut également

évaluer les volumes de sang tels que dans les contenants d'aspiration. L'exactitude du système Triton a été évaluée dans des contextes de simulation et des milieux cliniques.^{9,10} La validation finale de cette méthodologie ou de toute autre nouvelle méthode nécessiterait son évaluation dans le cadre d'essais cliniques possédant la puissance nécessaire et dans lesquels un impact sur les devenir importants pour les patients serait établi.

Enfin, il convient de tenir compte de la disponibilité des ressources lors de la recherche et de l'élaboration d'outils et de techniques d'estimation des pertes sanguines. Sans même prendre en considération les environnements où les ressources sont limitées, les dispositifs de mesure rapide de l'hémoglobine et de l'hématocrite ne sont pas encore universellement disponibles dans toutes les salles d'opération des pays à revenu élevé. L'utilisation des téléphones intelligents et la connectivité à l'Internet augmentent à travers le monde, et les logiciels de traitement d'images deviennent de plus en plus sophistiqués et mobiles. Peut-être est-il temps de combiner les capacités quantitatives objectives de dispositifs tels que les téléphones intelligents à la composante plus subjective mais non moins précieuse qu'est le jugement clinique, comme l'illustre le *kanga*, dans la recherche d'une quantification plus précise des pertes sanguines chirurgicales.

Disclosures None.

Funding statement Department of Anesthesia Merit Award, University of Toronto.

Editorial responsibility This submission was handled by Dr. Philip M. Jones, Associate Editor, *Canadian Journal of Anesthesia*.

Déclaration Aucune.

Déclaration de financement Bourse de mérite du département d'anesthésie, Université de Toronto.

Responsabilité éditoriale Cet article a été traité par Dr Philip M. Jones, rédacteur adjoint, *Journal canadien d'anesthésie*.

References

1. Bonica JJ, Lyter CS. Blood loss during surgical operations. *Anesthesiology* 1951; 12: 90-9.
2. Mutschler M, Paffrath T, Wölfl C, et al. The ATLS® classification of hypovolaemic shock: A well established teaching tool on the edge? *Injury* 2014; 45(Suppl 3): S35-8.
3. Tran A, Heuser J, Ramsay T, et al. Techniques for blood loss estimation in major, non-cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis. *Can J Anesth* 2021; DOI: <https://doi.org/10.1007/s12630-020-01857-4>.
4. The American College of Obstetricians and Gynecologists. Quantitative Blood Loss in Obstetric Hemorrhage | ACOG.

- Available from URL: <https://www.acog.org/clinical/clinical-guidance/committee-opinion/articles/2019/12/quantitative-blood-loss-in-obstetric-hemorrhage> (accessed October 2020).
5. Prata N, Mbaruku G, Campbell M. Using the kanga to measure postpartum blood loss. *Int J Gynecol Obstet* 2005; 89: 49-50.
 6. American Society of Anesthesiologists Task Force on Perioperative Blood Management. Practice guidelines for perioperative blood management: an updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Perioperative Blood Management. *Anesthesiology* 2015; 122: 241-75.
 7. Karkouti K, Callum J, Wijeyesundera DN, et al. Point-of-care hemostatic testing in cardiac surgery: a stepped-wedge clustered randomized controlled trial. *Circulation* 2016; 134: 1152-62.
 8. Ross SW, Christmas AB, Fischer PE, et al. Defining dogma: quantifying crystalloid hemodilution in a prospective randomized control trial with blood donation as a model for hemorrhage. *J Am Coll Surg* 2018; 227: 321-31.
 9. Konig G, Waters JH, Hsieh E, et al. In vitro evaluation of a novel image processing device to estimate surgical blood loss in suction canisters. *Anesth Analg* 2018; 126: 621-8.
 10. Rubenstein AF, Block M, Zamudio S, et al. Accurate assessment of blood loss during cesarean delivery improves estimation of postoperative hemoglobin. *Am J Perinatol* 2019; 36: 434-9.

Publisher's Note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.