Article original

La formation actuelle des chirurgiens orthopédistes militaires français déployés en opérations extérieures est-elle pertinente ?

O. BARBIER[(1)], É. BILICHTIN[(2)], S. AMAR[(3)], M. RACLE[(4)]

(1,2,3) Hôpital d'Instruction des Armées Bégin, Service de chirurgie orthopédique, Saint-Mandé
(4) 1er Centre Médical des Armées, 4e Antenne médicale, Saint-Mandé

Auteur correspondant : docteur.olivier.barbier@gmail.com

Open access DOI
10.17184/eac.7480

Reçu
le 31 août 2017

Accepté
le 14 décembre 2022

Publié
le 6 mars 2023

Conflit d'intérêt
Les auteurs ne déclarent pas de conflit d'intérêt.

Résumé :
Introduction : L'évolution actuelle des pratiques en chirurgie se fait de plus en plus vers l'hyperspécialisation.
En revanche, en opérations extérieures, les chirurgiens orthopédistes doivent faire face à des pathologies très diverses.
Ainsi, une formation spécifique des chirurgiens militaires projetables fut mise en place en 2007. Le but de cette étude était d'évaluer la pertinence de cet enseignement à la vue des pathologies rencontrées au cours des conflits actuels.
Matériel et méthodes : L'activité des chirurgiens orthopédistes déployés sur trois théâtres d'opérations extérieures récents (Afghanistan, Mali, République centrafricaine) a été rétrospectivement analysée et comparée aux enseignements délivrés.
Résultats : Cette étude montrait une grande variabilité des interventions réalisées en fonction des théâtres d'opérations. De nombreux actes non orthopédiques comme des réparations vasculaires et des craniectomies décompressives ont aussi été réalisés. Le traitement de l'ensemble des pathologies rencontrées avait été enseigné durant la formation initiale.
Discussion : La formation initiale des chirurgiens orthopédistes semble adaptée aux pathologies et traumatismes rencontrés sur les théâtres d'opérations actuels. L'enjeu est ensuite d'assurer le maintien de ces compétences techniques entre chaque mission par la formation continue.

Mots-clés : Enseignement. Chirurgie de guerre. Hyperspécialisation. Opérations extérieures. Pédagogie.

Abstract: IS THE TRAINING UNDERGONE BY FRENCH MILITARY ORTHOPAEDIC SURGEONS SENT IN OVERSEAS MISSIONS RELEVANT?
Introduction: Modern day surgeons tend to be more and more specialized in their field of work. However, orthopaedic surgeons face a wide panel of pathologies during their overseas missions. Thus, a specific training for military surgeons was set up in 2007. The aim of this study is to assess its relevance regarding the pathologies encountered in current conflicts. Material and methods: Surgical activity of orthopaedists on three recent theatres (Afghanistan, Mali, Central African Republic) was retrospectively analyzed and compared to the courses delivered. Results: Very different surgeries were performed from one theatre to another. Many non-orthopaedic procedures were performed such as vascular repair as well as decompressive craniectomy. Every surgical case encountered had been taught during the surgical course. Discussion: Orthopaedic surgeons' training seems suited to what awaits them on current theatres. The aim is, now, to ensure that these skills are upheld from one mission to another thanks to regular training.

Keywords: Teaching. War surgery. General surgery. Modern warfare. Pedagogy.

Introduction

De nos jours, l'évolution des pratiques en chirurgie se fait de plus en plus vers la spécialisation, voire l'hyperspécialisation. Les chirurgiens ne sont plus des chirurgiens généraux mais des mono-spécialistes. En ce qui concerne les chirurgiens orthopédistes militaires, leur pratique en métropole ne diffère pas de celle de leurs homologues civils. Ils travaillent dans des hôpitaux militaires et contribuent à l'offre de soins locale (chirurgie prothétique, chirurgie arthroscopique, traumatologie). En opérations extérieures (OPEX), les chirurgiens orthopédistes sont déployés au sein de *Role* 2 ou 3 et doivent faire face à des traumatismes spécifiques de guerre dont la gravité représente de véritables défis chirurgicaux. Ils doivent aussi être capables de faire face à des situations d'afflux massifs de blessés, qui peuvent s'avérer rapidement saturant dans ces structures aux capacités d'accueil limitées, avec nécessité de triage des blessés.
De plus, la chirurgie en OPEX ne se limite pas uniquement à la prise en charge des blessés de guerre : les chirurgiens doivent aussi assurer le soutien opérationnel élémentaire des militaires déployés et être en mesure de traiter tous types d'urgences chirurgicales, traumatiques ou non. De nombreux soins chirurgicaux sont aussi dispensés au profit des populations locales qui présentent souvent des pathologies spécifiques ou prises en charge tardivement. Ainsi, la préparation de ces chirurgiens est fondamentale afin d'acquérir l'ensemble des compétences nécessaires à ces missions (tab. 1).

Tab. 1 : Différences entre chirurgie orthopédique civile et militaire

Pratique civile	Pratique en mission
• Hyperspécialisée • Chirurgie réglée • Chirurgie en 1 temps • Chirurgie mini invasive et arthroscopique • Evidence Based Medecine • Aspesie rigoureuse	• Polyvalence / Neurochirurgie / Vasculaire • Traumatologie +++ • Fixateur externe • Mascal / Triage • Damage control Surgery • Voie d'abord large • Peu d'Evidence Based Medecine, études descriptives • Conditions austères de travail

Cependant, le maintien de la polyvalence des chirurgiens orthopédistes militaires est une exigence complexe. Elle repose sur une formation initiale chirurgicale générale associée à une formation médico-militaire spécifique mise en place en 2007 par l'École du Val-de-Grâce (EVDG) pour les chirurgiens avant leur déploiement. Cette formation comprend actuellement (2) :

- un semestre d'internat dans un service de chirurgie générale (abdominale et/ou thoracique), un semestre en chirurgie vasculaire et un semestre en neurochirurgie ;
- une mission à l'étranger de 2 mois au sein d'un *Role 2* sous la tutelle d'un chirurgien expérimenté ;
- la validation du cours de base de l'*Advanced Trauma Life Support* (ATLS) ;
- la validation du Cours avancé de chirurgie en mission extérieure (CACHIRMEX) suivi durant les deux dernières années de formation. Celui-ci comprend cinq modules de trois jours (tab. 2). Le but est d'enseigner les bases de la chirurgie traumatologique de guerre et les principes des soins apportés dans le cadre de l'Aide médicale aux populations (AMP). Chaque module se compose d'un enseignement théorique (conférences, cas cliniques et des retours d'expérience de chirurgiens revenant d'OPEX) et d'exercices pratiques de simulation sur cadavre ou animal vivant ;
- la participation à un module complémentaire de formation au travail en équipe destiné au personnel des antennes chirurgicales. Ce cours est basé sur des exercices de simulation de triage et de gestes techniques sur animal vivant.

Le but de ce travail était d'analyser les pathologies rencontrées par les chirurgiens orthopédistes en mission, puis d'évaluer la pertinence de leur formation initiale actuelle.

Tab. 2 : Contenu de l'enseignement dispensé au CACHIRMEX

Module	Thèmes
Module 1	• Généralités sur la chirurgie de guerre et sur l'organisation du Service de santé en opération extérieure • Présentation de l'équipement technique disponible dans les installations chirurgicales avant.
Module 2	• Gestion des plaies des tissus mous et des traumatismes des membres selon les principes du Damage Control orthopédique de guerre • Gestion du patient brûlé en aigu
Modules 3 et 4	• Rappels de base en chirurgie générale et apprentissage • des procédures de sauvetage de Damage control surgery • Craniotomie pour l'évacuation de l'hématome extradural ou sous-dural • Trachéotomie • Sternotomie, thoracotomie antérolatérale et thoracotomie de sauvetage • Contrôle des hémorragies intra-abdominales (clampage aortique, splénectomie, packing hépatique et pelvien) • Laparotomie écourtée et entérostase • Abord vasculaire des artères sous-clavière et fémorales, shunt artériel temporaire et la réparation artérielle définitive
Module 5	• Soins humanitaires dans le cadre de l'aide médicale à la population • Gestion des séquelles traumatiques en environnements austères • Rappel sur les maladies tropicales touchant les extrémistes rencontrées en Afrique subsaharienne (Buruli, Pied de Madura)

1 Matériels et méthodes

Il s'agit d'une étude rétrospective portant sur l'ensemble des actes opératoires réalisés par les chirurgiens orthopédistes français déployés en Afghanistan, au Mali et en République centrafricaine entre juillet 2013 et août 2015. En Afghanistan, les orthopédistes étaient déployés au sein d'un *Role 3* comprenant trois salles opératoires, une réanimation de six lits et une capacité d'hospitalisation de 50 lits environ. Cette structure était dotée d'un scanner et de moyens d'ostéosynthèse interne (clou, plaques). Au Mali, c'était un *Role 2+* situé dans une structure métallo-textile contenant un seul bloc opératoire, deux lits de réanimation et huit lits d'hospitalisation. En République centrafricaine, il s'agissait d'un *Role 2* déployé sous tentes avec des moyens techniques limités.

Les données ont été colligées à partir d'une base de données électronique Filemaker Pro (File Maker Inc., Santa Clara, CA, USA) complétée de manière prospective par les chirurgiens déployés, et contenant les comptes rendus opératoires des interventions réalisées. Ces données ont ensuite été recueillies sur une base de données Excel (Microsoft Corporation, US) pour être analysées.

Les variables étudiées comprenaient le pourcentage d'activité opératoire réalisé par le chirurgien orthopédiste par rapport à l'activité globale, les données démographiques des patients (âge, statut), les types de chirurgie et les interventions chirurgicales réalisées. Les patients ont été classés en quatre catégories suivant leur statut : militaires français, militaires étrangers, civils locaux et autres – contractuels, ambassades ou des organisations non gouvernementales (ONG). L'activité chirurgicale était subdivisée en quatre catégories : traumatismes de guerre ; urgences chirurgicales traumatiques de pratique civile (principalement accident de sport et de la voie publique) ; urgences chirurgicales non traumatiques (essentiellement infectieuses) et chirurgie réglée.
Les indications opératoires des différents actes étaient ensuite listées.

Ces données ont été comparées aux enseignements délivrés durant le CACHIRMEX.

2 Résultats

2.1 Opération PAMIR, Afghanistan (2009-2013)

Entre juillet 2009 et juillet 2013, le nombre total de patients pris en charge au Role 3 français de Kaboul était de 3 215 patients. L'activité des chirurgiens orthopédistes représentait 42 % de l'activité globale (1 319 patients). Parmi les patients traités, l'âge moyen était de 31 ans (min–max = 1 – 78 ans) et 17 % étaient des enfants âgés de moins de 15 ans. Quarante-sept pour cent des patients étaient des civils afghans opérés dans le cadre de l'AMP. Les militaires français représentaient 17 % des patients, les militaires étrangers 14 % des patients, les autres étaient des étrangers provenant de sociétés contractuelles, d'ambassades ou d'ONG. L'activité de chirurgie réglée représentait 44 %des patients. Les traumatismes de guerre (plaies balistiques, polycriblages, brûlures par explosion, accidents de véhicules blindés militaires) représentaient 38 % des patients et 18 % des patients ont été traités pour des traumatismes de pratique civile (accidents de la voie publique, accidents liés à la pratique du sport et aux activités quotidiennes). La moitié des interventions concernait les parties molles (parages de plaies, greffes de peau, pansements sous anesthésie générale avec ou sans utilisation de pansements à pression négative). Les ostéosynthèses représentaient 18 % des interventions comprenant des exofixation et des ostéosynthèses internes. L'exploration des plaies de la main représentait 9,6 % des actes opératoires (tab. 3, 4).

Tab. 3 : Mécanisme lésionnel

	Afghanistan	Mali	RCA
Traumatismes liés à la guerre	38 %	32 %	32 %
Traumatismes non liés à la guerre	10 %	30 %	48 %
Urgences non traumatiques	8 %	8 %	18 %
Chirurgie réglée	44 %	30 %	2 %

Tab. 4 : Analyse des actes opératoires effectués et enseignés au CACHIRMEX

Théâtre d'opération		Afghanistan	Mali	RCA
Ostéosynthèse	ostéosynthèse interne	11,1 %	3,7 %	6 %
	exofixation	7,2 %	18,6 %	8 %
lambeau de couverture		1,9 %	0,6 %	3 %
Chirurgies des parties molles (hors main)	parage de plaie	18,2 %	22,5 %	66 %
	greffe de peau	3,2 %	1,9 %	
	pansements/TPN	23 %	14,9 %	
	abcès/arthrite	3,8 %	4,2 %	
Plaies de la main et phlegmon		9,6 %	15,5 %	4 %
Cure de pseudarthrose (septique et aseptique)		4 %	1,2 %	0 %
Fasciotomie des loges		0,7 %	1,2 %	1 %
Amputation (dont main)		3,4 %	3,1 %	3 %
Cure d'ostéite		0,7 %	0,6 %	
Ablation de matériel		5,3 %	5 %	4 %
Chirurgie des séquelles (cal vicieux, plastie cutanée, krükenberg, transfert tendineux, libération musculaire, arthrolyse, greffe nerveuse…)		2,7 %	1,9 %	1 %
Chirurgie conventionnelle (traumatologie civile, butée d'épaule, neurolyse, tenoraphie…)		5,2 %	0,6 %	0 %
Chirurgie vasculaire		0 %	1,9 %	2 %
Craniectomie décompressive		0 %	2,5 %	1 %
Blocage intermaxillaire		0 %	0 %	1 %

2.2 Opération Serval, Mali (2013-2015)

Au cours des 18 mois de l'opération Serval au Mali, 268 patients ont été opérés au *Role 2+* de Gao. L'âge moyen des patients était de 29 ans (min–max = 0,7 – 60 ans). Parmi les patients opérés, la moitié était des civils, 17 % étaient des militaires français et 33 % étaient des militaires étrangers. L'activité de chirurgie orthopédique représentait plus de la moitié des patients opérés (53 %). La chirurgie réglée représentait 30 % des patients, réalisée essentiellement au profit de la population civile dans le

cadre de l'AMP, avec la réalisation de pansements itératifs des membres (15 %) et d'ablations de matériels d'ostéosynthèse (5 %). La part de la chirurgie réparatrice était faible avec seul un lambeau gastrocnémien latéral réalisé et trois greffes de peau. Les traumatismes de guerre représentaient 32 % des patients. Les blessés de guerre étaient dans 49 % des cas des militaires français et dans les autres cas des militaires étrangers (maliens et de forces de Nations Unies). Les ostéosynthèses représentaient 23 % des actes et ont été essentiellement réalisées par fixateur externe. Le taux d'amputation de membres en urgence était de 3 %. Trois réparations vasculaires par pontage et trois craniectomies décompressives ont été réalisées par le chirurgien orthopédiste. Les urgences traumatiques de pratique civile représentaient 30 % des patients. Elles correspondaient à des parages de plaies des parties molles (25 %) et des explorations de plaies de la main (31 %). Plusieurs fractures ouvertes et fermées ont été prises en charge avec six ostéosynthèses par broches et 11 exofixations. Un militaire étranger avec un traumatisme crânien secondaire à une chute a nécessité une craniotomie décompressive (tab. 3, 4). Les urgences infectieuses représentaient 8 % des actes avec des mises à plat d'abcès et des phlegmons de la main (tab. 3, 4).

2.3 Opération Sangaris, République Ccentrafricaine (2013 - 2015)

Durant les 18 premiers mois de l'intervention française en République centrafricaine, 431 interventions chirurgicales ont été réalisées au *Role* 2 (tab. 3, 4). Au cours de cette période d'étude, le chirurgien orthopédique a réalisé 34 % des interventions chirurgicales, essentiellement pendant les premiers mois du conflit. L'âge moyen des patients était de 34 ans. Un tiers des interventions chirurgicales en orthopédie concernait les patients locaux, un tiers des militaires étrangers et la moitié des militaires français. Les actes de chirurgie pour des traumatismes de guerre représentaient 32 % de son activité chirurgicale et la chirurgie réglée 2 %. Les actes de chirurgie pour des traumatismes de pratique civile et des urgences infectieuses représentaient respectivement 48 % et 13 % de son activité globale. La majorité (69 %) des interventions concernaient des lésions des tissus mous. Seuls 14 % des interventions concernaient des fractures avec neuf ostéosynthèses internes par broches pour des fractures du poignet (6 %) et 13 exofixations (8 %). Quatre amputations d'urgence se sont imposées pour des fracas de membre. Les plaies de la main avec des sutures de tendons ont été effectuées chez six patients (4 %) et six autres ont bénéficié d'une ablation de matériel (4 %). Des dermo-fasciotomies pour syndrome compartimental aigu ont été réalisées dans un cas. Les autres gestes effectués par le chirurgien orthopédiste étaient une craniotomie, un blocage intermaxillaire, trois réparations vasculaires des membres (2 %) et quatre lambeaux de couverture (3 %) (tab. 3, 4).

2.4 Pertinence des enseignements reçus

Les résultats de cette étude montrent que les objectifs de formation du CACHIRMEX semblent adaptés aux besoins des chirurgiens militaires opérationnels en ce qui concerne la prise en charge du blessé de guerre (tab. 4). Cependant, certains gestes ne font pas partie des objectifs pédagogiques comme les ostéosynthèses internes. Certaines pathologies tropicales spécifiques ou infectieuses (pseudarthrose septique, ostéite, chirurgie reconstructrice) fréquentes en OPEX étaient peu abordées au cours de la formation initiale. Le programme des modules 2 et 5 ont ainsi récemment été revus dans ce sens

et un cours spécifique pour la chirurgie des lambeaux a été mis en place depuis un an en plus des modules initiaux.

3 Discussion

Les chirurgiens orthopédistes peuvent être déployés dans différents contextes opérationnels. Les *Role* 2 sont des structures mobiles, proches des combats, qui ont pour vocation de stabiliser un blessé selon les principes du *damage control chirurgical.*
Les *Role 3* sont mieux équipés (présence d'un scanner et de moyens d'ostéosynthèse interne) et permettent de prendre en charge en primaire et en secondaire des blessés mais aussi de réaliser de la chirurgie réglée et de l'AMP (7, 11-13). L'analyse comparative de l'activité chirurgicale des chirurgiens orthopédistes au sein de ces différentes structures révèle une grande disparité à la fois dans le volume opératoire, le type de chirurgie et les actes réalisés en fonction du contexte. Ces données sont comparables à celles des autres séries de la littérature en termes de volume opératoire, de patients, et de lésions. Ainsi, dans les *Role 3* dotés de moyens diagnostiques et thérapeutiques importants, l'activité chirurgicale globale est plus importante qu'au sein des structures chirurgicales avancées de *Role 2* (8-10). La chirurgie réglée représente, en effet, environ la moitié de l'activité des *Role 3* (8-10). Au contraire, les *Role 2* réalisent plus de 70 % de leur activité en urgence (7, 11-13).

D'autre part, les conflits actuels asymétriques sont responsables de nombreuses victimes civiles expliquant la part importante de l'activité d'AMP pendant ces missions.

Aussi, pour les chirurgiens orthopédistes, la prise en charge des traumatismes de guerre représente entre un tiers et la moitié de l'activité en OPEX. Cette particularité s'explique par la qualité des équipements actuels de protection, limitant l'atteinte du tronc et de la tête, mais laissant les membres encore vulnérables. Aussi, une meilleure médicalisation de l'avant et des capacités d'évacuation rapide (3, 14-18) font que les chirurgiens sont confrontés à des survivants fortement mutilés au niveau des membres et qui représentent de véritables défis chirurgicaux (19-21).

Une autre particularité notable est la part importante d'enfants opérés (environ 20 % de l'activité) qui sont souvent des victimes collatérales d'explosions (22-24).

La diversité des interventions tous théâtres confondus est importante, allant de l'urgence à la chirurgie de reconstruction et des séquelles (greffes, lambeaux, plasties,…) sans omettre la chirurgie réglée conventionnelle (25-27). Près de 50 % des actes concernent les parties molles (parages de plaies, pansements, greffes cutanées) alors que les fractures représentent un peu moins de 20 % des interventions (14). Les ostéosynthèses internes ne sont disponibles que dans les *Role 3* ou les *Role 2+* (Tchad essentiellement) car les conditions d'asepsie y sont suffisantes. La place de la chirurgie de la main est aussi importante (28-29).

De plus, au niveau des *Role 2*, les chirurgiens orthopédistes doivent être en mesure de réaliser des actes relevant d'autres spécialités (craniectomies décompressives, réparations vasculaires, trachéotomie,…) alors que des chirurgiens spécialisés (neurochirurgiens, ORL, ophtalmologistes) sont présents au niveau des *Role 3.* Cette polyvalence est aussi bien rapportée dans la littérature pour les *Role 2* américains déployés en Irak et en Afghanistan (7, 16, 35-36).

Les orthopédistes possèdent ainsi une activité numériquement importante et qualitativement diverse. Leur place à tous les niveaux de la chaine santé, bien que discutée, n'est pas remise en question et cela justifie une formation spécifique.

À la vue de ces données, de la diversité des interventions et des contextes variés, les orthopédistes militaires déployés se doivent d'être hautement qualifiés et avoir une expérience de la chirurgie et des traumatismes complexes, ainsi que celle du traitement des séquelles et complications de ces pathologies. Des connaissances en neurochirurgie, chirurgie générale et/ou vasculaire sont aussi nécessaires. Ces données mettent en avant la complexité de la formation des chirurgiens militaires qui, parallèlement à l'hyperspécialisation du milieu civil, se doit de rester généraliste et centrée sur l'urgence (37-39).

En France, en 2007, l'EVDG a mis en place le CACHIRMEX afin de fournir à tous les chirurgiens militaires une formation spécifique pour la chirurgie rencontrées en opération extérieure. Cette formation pratique apparaît plus que nécessaire à la vue de ces données et de la littérature, afin de combler l'écart entre la bonne connaissance théorique et la faible expérience chirurgicale (38).

Cette étude tend à démontrer que le point fort de cette formation reste son adéquation entre les objectifs de formation et les besoins des chirurgiens militaires opérationnels en ce qui concerne la prise en charge du blessé de guerre (tab. 4).

Cependant, son point faible est le manque de temps attribué à certains gestes, soit parce qu'ils sont considérés comme acquis dans la cadre de la formation universitaire soit parce qu'ils sont non réalisables ou à ne pas réaliser en situation précaire comme les ostéosynthèses internes, par exemple.

Certains axes d'améliorations apparaissent ainsi. Certaines procédures mériteraient un enseignement complémentaire comme la formation dans certaines pathologies tropicales spécifiques ou infectieuses (pseudarthrose septique, ostéite, chirurgie reconstructrice), car la formation initiale et continue des orthopédistes est inégale dans ces domaines en fonction de la formation et de l'orientation qu'ils ont choisie.

Enfin, cette formation s'inscrit dans la période pré-déploiement et se base sur l'acquisition du Savoir avec des cours théoriques, du Savoir-faire avec des ateliers pratiques et du Savoir-être, c'est-à-dire la capacité à poser la bonne indication au bon moment en prenant du recul sur une situation rencontrée, avec des retours d'expériences de chirurgien revenant de mission. Le CACHIRMEX représente donc une avancée indéniable et sa force pour les chirurgiens orthopédistes est d'abord cette acquisition du Savoir avec toutes les pathologies non enseignées, notamment tropicale ou de guerre, et surtout du Savoir-être, notamment lors du module 5 et les indications en AMP. En revanche, le Savoir-faire est peu enseigné et pourrait faire l'objet d'améliorations. Aussi, aucune formation complémentaire n'est faite pendant et après le déploiement afin de permettre une réactualisation des connaissances. Le maintien des compétences chirurgicales techniques entre les missions est nécessaire (39). En effet, les blessés de guerre présentent le plus souvent des traumatismes sévères complexes et les patients pris en charge dans le cadre de l'AMP présentent des pathologies tropicales et des séquelles traumatiques rarement rencontrées en France. De plus, au cours des missions,

le volume d'activité étant parfois faible, c'est un moment propice pour la formation individuelle mais aussi en équipes constituées.

Les outils modernes de formation et d'enseignement pourraient être utiles. Le développement des formations en ligne, appelées e-formations ou e-learning ou encore MOOC pour *Massive Open Online Course*, pourrait être mis en place à partir d'une plateforme numérique informatique, de manière à répondre aux problématiques logistiques et aux contraintes opérationnelles et être accessibles à tout chirurgien déployé (40-44). Il faudrait aussi utiliser largement les nouvelles technologies d'enseignement basées sur l'utilisation de mannequins et de la réalité virtuelle, ou « *serious game* », comme cela est déjà fait pour le sauvetage au combat. Ainsi, la 3D viendrait au secours du chirurgien orthopédiste déployé et isolé s'il n'y a pas d'Internet par exemple avec des logiciels, aussi bien sur ordinateur que sur tablettes ou smartphones, voire même des systèmes 3D passifs ou actifs (avec lunettes) sur télévision ou vidéoprojecteur.
Ces technologies de simulation et les « *serious games* » s'inscrivent parfaitement dans le perfectionnement du savoir-être, grandement facilité par le fait qu'ils permettent de faire des erreurs sans conséquences (45-51).

La limite de ce travail est que, même si les objectifs de formation sont appropriés à l'activité rencontrée en OEPX, la qualité de cette formation reste à évaluer en termes d'acquisition des gestes et de satisfaction des praticiens. Cela pourra faire l'objet d'une autre étude.

Conclusion

La formation actuelle des chirurgiens orthopédistes est complexe car elle s'inscrit entre la nécessité de s'adapter à un monde civil tourné vers l'hyperspécialisation précoce et le besoin d'acquérir des compétences généralistes nécessaires à la prise en charge des blessés sur les théâtres d'opérations.

Ainsi, la formation d'un chirurgien orthopédiste militaire moderne doit reposer sur une formation chirurgicale initiale adaptée, orientée vers l'acquisition des bases de la chirurgie générale et de la traumatologie de guerre tout en permettant une formation spécialisée en chirurgie orthopédique. Par la suite, l'activité hospitalière des chirurgiens orthopédistes étant exclusivement orientée vers la chirurgie orthopédique et la traumatologie, une formation chirurgicale continue aux pathologies rencontrées en OPEX est nécessaire.

Remerciements aux linguistes relecteurs : Camille de Lambilly et Jean Godron.

Références

1. Bonnet S, Gonzalez F, Mathieu L, Boddaert G, Hornez E, Bertani A, *et al.* The French Advanced Course for Deployment Surgery (ACDS) called Cours Avancé de Chirurgie en Mission Extérieure (CACHIRMEX) : history of its development and future prospects. J R Army Med Corps. 2015 (13).

2. Mathieu L, Joly B, Bonnet S, Bertani A, Rongiéras F, Pons F, *et al.* Modern teaching of military surgery : why and how to prepare the orthopaedic surgeons before deployment ? The French experience. Int Orthop [Internet]. 2015 Mar 25 ;39(10) :1887–93.

3. Mathieu L, Bazile F, Barthélémy R, Duhamel P, Rigal S. Damage control orthopaedics in the context of battlefield injuries : the use of temporary external fixation on combat trauma soldiers. 2011 Dec ;97(8) :852–9.

4. Andersen RC, Ursua VA, Valosen JM, Shawen SB, Davila JN, Baechler MF, *et al.* Damage control orthopaedics : an in-theater perspective. J Surg Orthop Adv. 2010 ;19(1) :13–7.

5. Falzone E, Pasquier P, Hoffmann C, Barbier O, Boutonnet M, Salvadori A, *et al.* Triage in military setting :. Anaesth Critical Care Pain Med. 2016 Aug 3 ; :1–36.

6. Rigal S, Pons F. Triage of mass casualties in war conditions : realities and lessons learned. Int Orthop. 2013 Jun 23 ;37(8) :1433–8.

7. Malgras B, Barbier O, Petit L, Rigal S, Pons F, Pasquier P. Surgical challenges in a new theater of modern warfare : The French *Role 2* in Gao, Mali. Injury. 2015 Aug 3 ;0(0).

8. Bonnet S, Gonzalez F, Poichotte A, Duverger V, Pons F. Lessons learned from the experience of visceral military surgeons in the French *Role 3* Medical Treatment Facility of Kabul (Afghanistan) : an extended skill mix required. Injury. 2012 ;43(8) :1301–6.

9. Brisebois RJ, Tien HC. Surgical experience at the Canadian-led *Role 3* Multinational Medical Unit in Kandahar, Afghanistan. J Trauma. 2011 ;71(5 Suppl 1) :S397–400.

10. Barbier O, Malgras B, Versier G, Pons F, Rigal S, Ollat D. French surgical experience in the *Role 3* medical treatment facility of KaIA (Kabul International Airport, Afghanistan) : the place of the orthopedic surgery. 2014 ;100(6) :681–5.

11. Mann-Salinas EA, Le TD, Shackelford SA, Bailey JA, Stockinger ZT, Spott MA, *et al.* Evaluation of *Role 2* (R2) Medical Resources in the Afghanistan Combat Theater. Journal of Trauma and Acute Care Surgery. 2016 ;1–26.

12. Parker PJ, Adams SA, Williams D, Shepherd A. Forward surgery on Operation Telic–Iraq 2003. J R Army Med Corps. 2005 ;151(3) :186–91.

13. Malgras B, Barbier O, Pasquier P, Petit L, Polycarpe A, Rigal S, *et al.* Initial deployment of the 14th Parachutist Forward Surgical Team at the beginning of the operation Sangaris in Central African Republic. military medicine. 2015 ;180(5) :533–8.

14. Belmont PJ, McCriskin BJ, Hsiao MS, Burks R, Nelson KJ, Schoenfeld AJ. The Nature and Incidence of Musculoskeletal Combat Wounds in Iraq and Afghanistan (2005–2009). J Orthop Trauma. 2013. 27(5) :e107–13.

15. Schoenfeld AJ. The combat experience of military surgical assets in Iraq and Afghanistan : a historical review. Am J Surg. 2012 ;204(3) :377–83.

16. Lin DL, Kirk KL, Murphy KP, McHale KA, Doukas CRWC. Orthopedic Injuries during Operation Enduring Freedom. military medicine. 2006 ;169(10) :807–9.

17. Brown KV, Guthrie HC, Ramasamy A, Kendrew JM, Clasper J. Modern military surgery : lessons from Iraq and Afghanistan. J Bone Joint Surg Br. 2012 Apr ;94(4) :536–43.

18. Owens BD, Kragh JF, Macaitis J, Svoboda SJ, Wenke JC. Characterization of extremity wounds in Operation Iraqi Freedom and Operation Enduring Freedom. J Orthop Trauma. 2007 Apr ;21(4) :254–7.

19. Rigal S. Extremity amputation : how to face challenging problems in a precarious environment. Int Orthop. 2012 ;36(10) :1989–93.

20. Baechler MF, Groth AT, Nesti LJ, Martin BD. Soft Tissue Management of War Wounds to the Foot and Ankle. Foot Ankle Clin. 2010 ;15(1) :113–38.

21. Covey DC, Aaron RK, Born CT, Calhoun JH, Einhorn TA, Hayda RA, *et al.* Orthopaedic war injuries : from combat casualty care to definitive treatment : a current review of clinical advances, basic science, and research opportunities. Instr Course Lect. 2008 ;57 :65–86.

22. Barbier O, Mathieu L, Bertani A, Pons F, Ollat D. Réflexions à propos de la chirurgie pédiatrique de guerre pratiquée par le Service de santé des armées français en opérations extérieures. Med Sante Trop. 2015 ;25(2) :122–4.

23. Mathieu L, Bertani A, Rongiéras F, Chaudier P, Mary P, Versier G. Wartime paediatric extremity injuries : experience from the Kabul International Airport Combat support hospital. J Pediatr Orthop B. 2015 May ;24(3) :238–45.

24. Neff LP, Cannon JW, Charnock KM, Farmer DL, Borgman MA, Ricca RL. Elective pediatric surgical care in a forward deployed setting : What is feasible vs. what is reasonable. J Pediatr Surg. 2015 Sep 15.

25. Mathieu L, Gaillard C, Pellet N, Bertani A, Rigal S, Rongiéras F. Soft tissue coverage of war extremity injuries : the use of pedicle flap transfers in a combat support hospital. Int Orthop. 2014 Jun 25 ;38(10) :2175–81.

26. Klem C, Sniezek JC, Moore B, Davis MR, Coppit G, Schmalbach C. Microvascular reconstructive surgery in Operations Iraqi and Enduring Freedom : the US military experience performing free flaps in a combat zone. J Trauma Acute Care Surg. 2013. 75(2 Suppl 2) :S228–32.

27. Tintle SM, Gwinn DE, Andersen RC, Kumar AR. Soft tissue coverage of combat wounds. J Surg Orthop Adv. 2010 ;19(1) :29–34.

28. Penn-Barwell JG, Benett PM, Powers D, Standley D. Isolated Hand Injuries on Operational Deployment : An Examination of Epidemiology and Treatment Strategy. military medicine. 2011 ;176(12) : 1404–7.

29. Mathieu L, Bertani A, Gaillard C, Ollat D, Rigal S, Rongiéras F. Wartime upper extremity injuries : experience from the Kabul International Airport combat support hospital. Chir Main. 2014 ;33(3) :183–8.

30. Parker PJ. Damage control surgery and casualty evacuation : techniques for surgeons, lessons for military medical planners. J R Army Med Corps. 2006 ;152(4) :202–11.

31. Schreiber MA. The beginning of the end for damage control surgery. Br J Surg. 2012 ;99 Suppl 1 :10–1.

32. Mathieu L, Marty A, Ramaki A, Najib A, Ahmadzai W, Fugazzotto DJ, *et al.* Current issues with lower extremity amputations in a country at war : experience from the National Military Hospital of Kabul. Eur J Orthop Surg Traumatol. 2013 ;40(3) :387–93.

33. Doukas CRWC, Hayda CRRA, Frisch HM, Andersen CRC, Mazurek CMT, Ficke CJR, *et al.* The Military Extremity Trauma Amputation/Limb Salvage (METALS) Study. J Bone Joint Surg Am. 2013 Jan 16 ;95(2) :138.

34. Covey DC. Conversion From Limb Salvage to Late Amputation : Lessons Learned From Recent Battlefields With Application to Civilian Trauma. J Surg Orthop Adv. 2015 ;24(3) :170–3.

35. Barbier O, B M, Racle M, Pasquier P, A P, Poly. Bilan de l'activité de l'antenne chirurgicale implantée à Gao (Mali) au cours de l'opération « Serval ». Medecine et Armées. 2016 Jan 9 ; :1–6.

36. Bear JR, McKay P, Nanos G, Fleming M, Rich N. Vascular injury and concomitant long-bone fracture in war wounds. J Vasc Surg. ; 2012 ;56(6) :1795–8.

37. Hoencamp R, Tan ECTH, Idenburg F, Ramasamy A, van Egmond T, Leenen LPH, *et al.* Challenges in the training of military surgeons : experiences from Dutch combat operations in southern Afghanistan. Eur J Trauma Emerg Surg. 2014 ;40(4) :421–8.

38. Eardley WGP, Taylor DM, Parker PJ. Training in the practical application of damage control and early total care operative philosophy–perceptions of UK orthopaedic specialist trainees. Ann R Coll Surg Engl. 2010 ;92(2) :154–8.

39. Bertani A, Launay F, Candoni P, Mathieu L, Rongiéras F, Chauvin F. Teleconsultation in paediatric orthopaedics in Djibouti : evaluation of response performance. 2012 ;98(7) :803–7.

40. Hoy MB. MOOCs 101 : an introduction to massive open online courses. Med Ref Serv Q. 2014 ;33(1) : 85–91.

41. Pilcher J. Education and learning : what's on the horizon ? Neonatal Netw. 2014 Jan ;33(1) :24–8.

42. Kellogg S. Online learning : how to make a MOOC. Nature. 2013 ;499(7458) :369–71.

43. Gyles C. Is there a MOOC in your future ? Can Vet J. 2013 ;54(8) :721–4.

44. Selzer R, Tallentire VR, Foley F. The effects of utilizing a near-patient e-learning tool on medical student learning. Med Teach. 2015 ;37(6) :558–65.

45. Pasquier P, Mérat S, Malgras B, Petit L, Queran X, Bay C, *et al.* A Serious Game for Massive Training and Assessment of French Soldiers Involved in Forward Combat Casualty Care (3D-SC1) : Development and Deployment. JMIR Serious Games. 2016 ;4(1) :e5.

46. Pasquier P, Swiech A, Boutonnet M, de Rudnicki S, de Saint Maurice GP. Use of serious games to facilitate the predeployement training of Combat Life Savers. Injury. 2016 Jun ;47(6) :1357–8.

47. Aïm F, Lonjon G, Hannouche D, Nizard R. Effectiveness of Virtual Reality Training in Orthopaedic Surgery. Arthroscopy. 2015

48. Rahm S, Wieser K, Wicki I, Holenstein L, Fucentese SF, Gerber C. Performance of medical students on a virtual reality simulator for knee arthroscopy : an analysis of learning curves and predictors of performance. BMC Surg. 2016 ;16 :14.

49. Kellicut DC, Kuncir EJ, Williamson HM, Masella PC, Nielsen PE. Surgical Team Assessment Training : improving surgical teams during deployment. Am J Surg. 2014 ;208(2) :275–83.

50. Picard F, Moholkar K, Gregori A, Deep K, Kinninmonth A. (vii) *Role* of computer assisted surgery (CAS) in training and outcomes. Orthopaedics and Trauma. 2014 ;28(5) :322–6.

51. Kirkpatrick AW, Tien H, LaPorta AT, Lavell K. The marriage of surgical simulation and telementoring for damage-control surgical training of operational first responders : A pilot study. J Trauma. 2015.