



HAL
open science

Quelles conclusions tirer d'un simulateur d'arthroscopie de genou utilisé lors d'un cours européen? Étude prospective sur 34 chirurgiens en formation

Quentin Baumann

► **To cite this version:**

Quentin Baumann. Quelles conclusions tirer d'un simulateur d'arthroscopie de genou utilisé lors d'un cours européen? Étude prospective sur 34 chirurgiens en formation. Chirurgie. 2020. dumas-02867993

HAL Id: dumas-02867993

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02867993v1>

Submitted on 15 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITE DE PICARDIE JULES VERNE

FACULTE DE MEDECINE D'AMIENS

ANNEE 2020

N°2020-3

**QUELLES CONCLUSIONS TIRER D'UN SIMULATEUR D'ARTHROSCOPIE DE
GENOU UTILISE LORS D'UN COURS EUROPEEN ?
ETUDE PROSPECTIVE SUR 34 CHIRURGIENS EN FORMATION.**

THESE

POUR LE DOCTORAT EN MEDECINE (DIPLOME D'ETAT)

Présentée et soutenue publiquement

Le 30 janvier 2020

Par

Quentin BAUMANN

Président du Jury : Monsieur le Professeur Patrice MERTL

Juges :
Monsieur le Professeur Olivier JARDE
Monsieur le Professeur Antoine GABRION
Monsieur le Professeur Richard GOURON
Madame le Docteur Céline KLEIN

Directeur de Thèse : Monsieur le Docteur Olivier COURAGE

A mon Maître et Président de Jury

Monsieur le Professeur Patrice MERTL

Professeur des Universités-Praticien Hospitalier
Chirurgie Orthopédique et Traumatologique
Chef du Service d'Orthopédie et Traumatologie
Membre associé de l'Académie de Chirurgie
Responsable du Pôle Bloc Opératoire
Président de la Société Française de la
Hanche et du Genou

Il est des grâces que les mots ne suffisent pas à exprimer. Jamais je ne vous remercierai assez de m'avoir accordé l'accès à la chirurgie orthopédique. L'accueil et la proximité dont vous faites preuve dans votre bureau ont éclairé des générations d'orthopédistes. Merci d'avoir compris mes choix passés et à venir.

Votre aisance chirurgicale n'a d'égal que votre adresse oratoire. C'est une lourde responsabilité que d'être le fruit de votre école. Merci de m'accorder l'honneur de Présider mon Jury.

Soyez assuré de ma reconnaissance et de mon profond respect.

A mon Maître et Juge

Monsieur le Professeur Olivier JARDE

Professeur des Universités-Praticien Hospitalier

Chirurgien orthopédiste

Médecine Légale

Membre de l'Académie Nationale de Chirurgie

Membre de l'Académie Nationale de Médecine

Chevalier dans l'Ordre de la Légion d'Honneur

Chevalier dans l'Ordre des Palmes

Académiques

Merci pour votre engagement politique et universitaire. Votre expertise dans la chirurgie du pied, votre implication dans l'organisation du DIU de Chirurgie du Pied est pour nous chirurgiens en formation une chance inouïe. Vos réflexions de chirurgiens, d'enseignants et de médecins légistes ont permis de faire avancer l'organisation de la recherche médicale en France. Votre engagement public au-delà de votre profession est une source d'inspiration.

*Je vous remercie de me faire l'honneur de juger ce travail.
Soyez assuré de ma reconnaissance et de mon profond respect.*

A mon Maître et Juge

Monsieur le Professeur Antoine GABRION

Professeur des Universités-Praticien Hospitalier
Chirurgie Orthopédique et Traumatologique

Votre finesse technique, votre souci du détail, votre polyvalence et vos connaissances sont pour n'importe quel chirurgien des idéaux à atteindre.

Merci d'avoir été à l'initiative de faire d'Amiens un centre en avance dans l'apprentissage par simulateur virtuel en orthopédie.

C'est toujours un réel plaisir de vous assister au bloc opératoire.

Je vous remercie de me faire l'honneur de juger ce travail.

Soyez assuré de ma reconnaissance et de mon profond respect.

A mon Maître et Juge

Monsieur le Professeur Richard GOURON

Praticien Hospitalier
Chirurgie Infantile

C'est par la chirurgie pédiatrique que j'ai débuté mon externat, cette discipline m'a donné le goût de la chirurgie et du bloc opératoire. C'est dans ma dernière année d'internat que je la redécouvre. Par l'étendue de vos connaissances et votre implication auprès de vos patients qui vous caractérisent vous en êtes un illustre représentant. Votre enthousiasme et votre bienveillance nous donne le goût d'apprendre à vos côtés. Ces valeurs rejaillissent sur vos équipes dans leurs projets et réussites.

Merci d'avoir accepté de juger ce travail.

A mon Maître et Juge

Madame le Docteur Céline KLEIN

Praticien Hospitalier

Chirurgie Infantile

Par ton énergie et ta pugnacité dans l'enseignement et la recherche tu nous permets de rendre notre formation chirurgicale et scientifique complète et entière. Merci de ton investissement auprès de chacun de tes étudiants, internes et collègues selon leurs spécificités. Toi seul parviens à créer avec aisance cette proximité et cette confiance te permettant de nous dispenser enseignements et conseils opportuns. J'admire ton parcours et ton combat pour un équilibre personnel et professionnel, individuel et collectif. Ta détermination à nous élever et nous dépasser intellectuellement.

Merci d'avoir accepté de juger ce travail.

A mon Directeur de Thèse

Monsieur le Dr Olivier Courage

Praticien Hospitalier

Chirurgie Orthopédique et Traumatologique

Cher ami et cher Maître, cette locution prend ce jour tout son sens.

Merci d'avoir accepté de diriger ce travail.

Certaines rencontres marquent d'autres forger. Vous avez forgé mon esprit, mon sens critique et mes appétences bien au-delà de la chirurgie depuis que je suis rentré en salle d'opération à vos côtés avant l'Université. La manière dont vous dirigez votre bloc opératoire avec fermeté et labeur mais également enthousiasme et allégresse rend votre travail efficient, votre intuition consacrée, vos collaborateurs meilleurs.

Vous êtes de ceux qui honorent l'enseignement jusqu'à le hisser au rang d'art. Il est aussi agréable de vous voir opérer que de vous voir apprendre à opérer.

Votre ingéniosité et votre entrain m'ont guidé dans la création de la SFAJ. Merci de continuer à vulgariser la chirurgie arthroscopique et de former des générations entières d'élèves. Votre école de chirurgie, la HASS nous offrent la possibilité de poursuivre et de transmettre à notre tour l'enseignement dont nous sommes si fiers.

Merci d'avoir accepté de diriger ce travail.

A ma famille

A mes parents. Leur amour inaltérable et inconditionnel est la plus grande force de leurs enfants. Sans une si solide conviction, nul succès n'aurait été possible.

A mes sœurs : Julia avec laquelle Offworld a scellé notre complicité, Géraldine

A mon filleul Eliott, pour lequel je serai honoré d'être au premières loges lorsqu'on lui remettra l'épitoge.

A mes nièces pour leur innocence et la joie qu'elles nous procurent

A la Famille Cohen-Sors pour leur accueil chaleureux au sein de leur tribu.

A ma famille alsacienne et les générations qui les ont précédées, que je n'ai pas assez connue mais dont les prénoms, valeurs, qualités et défauts m'ont été transmis et leur ont survécu.

A Raphaëlla

Merci de partager ma vie, de remettre en ordre mes priorités et de magnifier le quotidien.

Tu ignores tout de l'assurance que ta présence me confère et de l'admiration que j'ai pour ton intelligence. Cette candeur sublime encore d'avantage ton élégance.

Cet été même la cantatrice chauve dansera en basket. Je t'aime

A mes amis

Une sélection de grains nobles qui se déguste à chaque fois avec plaisir. Leur amitié est un fil d'Ariane précieux pour s'élancer et retrouver son chemin. Merci de partager maintenant à distance mon quotidien et les étapes de ma vie.

Léo et Margaux, mes amis d'enfance avec lesquels la rue était notre territoire, la rue Bossuet notre piste noire. Je n'aurai pu avoir meilleurs amis pour grandir bien entouré jusqu'au lycée. Charles, merci pour sa camaraderie chevaleresque, ses mises en garde romanesques. C'est à la lumière de notre balcon qu'on a écrit les plus belles utopies. Les plus beaux chapitres restent à écrire.

Constant, une amitié outrancière héritière des colonies, explorateur qui survole le globe et la Pléiade. Merci pour ta générosité ta fidélité et ta définition de l'amitié.

Richard, une dose d'esthétisme en terra incognita, de Creil à la rue Blasset.

Charlotte, pour sa vivacité et son pragmatisme en toute circonstance.

Marty, pour les années passées dans l'ombre du taureau rouge. Que d'aventures ensemble.

A Jeanne, la Stakhanov des internes de chirurgie, la bonne humeur en plus. Merci d'avoir embelli la Rue Blasset pendant ces années de collocation.

A Mike, premier sous-colleur de France, sans toi je n'aurais jamais été orthopédiste.

Merci aux amis de l'externat (Ben, Marion, Hugo, Arthur, Arthur, Édouard, Julien, Othman, Johann, Camille, Émilie, Axel, Benoit, Paul, Julia, Geneviève, Kevin) pour ces années de fêtes, de rires, de projets les plus fous puis de stages, de stress, de colles, d'examens. C'est ensemble que nous sommes devenus adultes et médecins en partageant en groupe les aléas de ces années. Quel plaisir à chaque fois de vous retrouver où qu'il soit.

Amescointernes

Benjamin, Solal, Samuel, Alexandrine, Elodie, Matthieu, Moustapha, Antoine-Guy, Jeanne, Simon, Olivier, Octave, Henry, Riadh, Mathilde, Lou, Anass, Pierre, Judie, Ouri, Emile, Reema

A cette promotion de chirurgie avec lequel tout a commencé : Jeanne, Sophie, Hugo, Damien, Matthieu, Edouard et tous les internes et amitiés construites au gré des gardes, des internats et des bloc opératoires : Alex, Rodolphe, Lina, Lola, Amaury, François, Sophie, Gonzague, Pierre Antoine, Gwendoline, Abeer, Yassine, Mathieu, Leslie, Clémence, Inès, Karim, Noémie

A mes chefs anciens et actuels

Les Docteurs : Laya

El Yazid (pour sa vision de la PTH et du Moyen-Orient), Rouane (pour sa tenue assidue des petits carnets), Mahmoud, Renard (pour ses bons moments passés aux restaurants ...), Gianfermi

Moughabghab, Lebeau, Benaïssa, Henry, Bayle, Hustin

David, Maes, Rotari, Ferrari, El-Yagoubi, El-Fatayri, Bulaid, Benkacem, Djebbarra, Benazech Dehl, Brunschweiler, Plancq, Deroussens (tu lui feras un LCA-robot au petit fils du Président Macron)

Au Pr Imhoff et son équipe,

Merci pour votre accueil en Bavière. De la Drachenboat-Rennen à Tremosine la rigueur de votre enseignement et l'importance que vous attachez à développer le travail d'équipe font de votre service une référence européenne en chirurgie du sport et arthroscopique.

Excellence et cadre de vie s'y conjuguent à merveille. J'emporte dans mes valises autant de précieux conseils chirurgicaux que de management.

A la SFA :

Merci à cette société savante de m'avoir laissé prendre place à bord de ce navire. Par sa physionomie et son dynamisme elle m'a donné bien plus que j'ai pu lui rendre.

Merci pour toutes ces opportunités, fellowship, bourses. C'est un honneur d'avoir contribué à faire grandir sa société junior au côté des brillants Alexandre Hardy, Thibault Noailles, Kevin Andrieux, Elise Looock, Corentin Pangaud, Aurore Blancheton, Charles Grob, Charles Pioger, Marion Benard, Harold Common, Edouard Harly.

Ce groupe est lié bien au-delà de la SFAJ.

Merci aux différents Présidents avec qui j'ai pu travailler et qui m'ont honoré de leur confiance : Pr Francois Sirveaux, Nicolas Graveleau, Johann Barth.

Merci également à Corine pour sa disponibilité, personne ne peut mieux qu'elle incarner et représenter la SFA.

Merci aux représentants de l'industrie :

Thierry Caron, Odyle Vanysacker, Nadim Daher, Mohamed Belkebir, Martina Vitz, Magid Haddouchi, Eric Blassel.

Pour leur accompagnement dans notre formation et leur professionnalisme.

Aux chirurgiens qui m'ont fait l'honneur de les remplacer.

Merci pour votre confiance et vos conseils qui ont participé à mon autonomisation

Aux infirmiers et infirmières du bloc opératoire et des services qui nous accompagnent et nous aident au quotidien. Plus particulièrement : Sabine Marty, Malika Maloum, Nicolas Hiver, Marie-Odile Barbizet, Aurélien, Mickael, Raynald, Aurélie Coulombel, l'équipe de la Clinique Saint Odile, du CHAM, du Tampon, les secrétaires de consultation, à Nathalie Marcq

Merci aux Couragettes pour leur conseils et leur accueil à l'HPE. Leur instrumentation est un balai élégant qui se passerait presque de chef d'orchestre.

A l'administration hospitalière pour sa bienveillance

“S’schaffe het betteri wurzle, awer suessi frucht”

TABLE DES MATIERES

Introduction	13
Matériel et méthodes.....	14
Concept de l'étude	
Prothèse	
Caractéristiques de la population	
Technique opératoire	
Protocole d'évaluation clinique et radiologique	
Évaluation statistique	
Résultats	18
Clinique et scores	
Patients – clinique et scores	
Reprise chirurgicale	
Résultats radiographiques	
Discussion	32
Conclusion	34
Références bibliographiques.....	35
Annexes	37
Résumé	39

Introduction

L'avènement de la simulation virtuelle est une avancée majeure dans tous les secteurs de la pédagogie et plus particulièrement dans l'apprentissage médical et chirurgical.

Ce type d'enseignement plébiscité par les enseignants et les étudiants ¹ tend grâce à la volonté du Collège des Enseignants et des sociétés savantes à être de plus en plus présent dans la formation initiale, le post-internat et la formation continue ².

En orthopédie, la simulation virtuelle est particulièrement adaptée à l'arthroscopie. Des auteurs comme Avland et coll. ³ ont étudié l'hétérogénéité de la dextérité initiale des internes, d'autres comme Garjfeld et coll.⁴ ou Howells et coll. ⁵ ont validé la possibilité de transférer une tâche apprise en simulation virtuelle vers un geste technique au bloc opératoire. Ce type d'entraînement permet d'apprendre l'anatomie chirurgicale en s'affranchissant de la nécessité de pièces anatomiques, peu disponibles, coûteuses et dont la réglementation est lourde. En 2012, l'HAS (Haute Autorité de Santé) a publié un rapport « Simulation en Santé état des lieux et perspective de développement »⁶ concluant à dix propositions pour augmenter la qualité et la sécurité des soins. Cela suggère l'intégration de programmes de simulation dans tous les programmes de santé avec le mot d'ordre « jamais la première fois sur un patient ».

Ainsi il est suggéré de laisser aux sociétés scientifiques la liberté d'identifier les programmes de simulations opportuns à leurs disciplines, de les évaluer et de développer des réseaux de recherches sur ce thème. Le cours avancé d'arthroscopie de l'European Paediatric Orthopaedic Society (EPOS) s'est déroulé à la Swiss foundation for Innovating and Training in Surgery (SFITS) les 25 et 26 janvier 2018 à Genève. Le cours comprenait deux journées associant des cours théoriques d'arthroscopie et deux sessions sur cadavre animées par des chirurgiens seniors reconnus en arthroscopie, membres de l'EPOS Sports Med Study group.

La présence d'un simulateur d'arthroscopie a permis l'enregistrement de paramètres métriques quantifiables produites par le chirurgien opérant en simulation. Ces paramètres étaient jusque lors non mesurables en situation réelle au bloc opératoire ou lors d'entraînement sur pièce anatomique.

L'objectif principal était d'étudier le comportement d'une cohorte de chirurgiens avant et après un cours théorique et pratique d'arthroscopie à l'aide d'un simulateur d'arthroscopie de genou. L'hypothèse de travail est que la participation à un cours théorique et pratique augmenterait significativement la note obtenue. Puis nous avons cherché à identifier les paramètres les plus influencés par cet enseignement et à relever toute information pertinente pour la formation en arthroscopie.

Matériel et méthodes

Pour mieux appréhender l'apprentissage de l'arthroscopie et ses difficultés, les participants ont été évalués par un simulateur d'arthroscopie (ArthroS VirtaMed™). Le simulateur attribuait à chaque participant une note globale à la fin de l'exercice (« *composite overall score* ») mais relevait aussi plusieurs paramètres tels que : la durée de réalisation de l'exercice, la distance parcourue par les instruments (caméras et crochet palpeur), la surface de cartilage lésé lors de l'arthroscopie, et le pourcentage de chaque élément anatomique visualisé.

1) Population

Trente-quatre participants ont été inclus prospectivement (17 hommes et 17 femmes). L'âge moyen de la population était de 37.5 ± 6.1 ans (28; 52). La durée moyenne depuis le début de l'activité chirurgicale était de 7 ± 5.9 ans (1; 21).

La plupart des participants étaient des chirurgiens pédiatriques uniquement (88%), travaillant au moins en partie dans des centres universitaires (53%). Toutes les caractéristiques de la population sont résumées dans le tableau 1.

Pour des raisons statistiques, les participants ont été divisés en deux groupes : Groupe A >20 arthroscopies par an et groupe B <20 arthroscopie par an. Le nombre d'arthroscopies réalisées était déclaré par chaque participant via un questionnaire distribué avant le cours.

Tableau 1 :

Caractéristiques de la population étudiée		
Sexe	Femme	17 (50%)
	Homme	17 (50%)
Nombre d'arthroscopies/an	>20	12 (35.4%)
	10	11 (32.3%)
	<5	11 (32.3%)
Type d'activité	Adulte	4 (11.8%)
	Pédiatrique	30 (88.2%)
	Exclusivement orthopédique	3 (8.8%)
	Exclusivement traumatologique	1 (2.9%)
Lieu d'exercice*	Mixte	30 (88.3%)
	Universitaire	18 (52.9%)
	Hôpital public	11 (32.4%)
	Hôpital privé	10 (29.4%)

* la somme des 34 participants excède 100% car certains participants travaillent dans plusieurs structures

2) Programme et cours :

L'enseignement était délivré sur deux jours par 5 membres de l'EPOS Sports Med Study Group (Annexe 1)

Les sujets portaient sur : réparation méniscale, fracture des épines tibiales, réparation et reconstruction du LCA et LCP, fixation et reconstruction d'ostéochondrite disséquante. Les sujets théoriques étaient traités par cours magistraux et vidéo pratiques (3h) puis des discussions de cas étaient organisées (4h) s'en suivait une session pratique sur pièce anatomique (3h). La partie pratique consistait en une démonstration par un enseignant puis la réalisation par chaque participant d'une technique.

3) Simulation :

Le simulateur utilisé était un module de simulation de genou. Les participants (Fig1) étaient invités à réaliser une exploration arthroscopique d'un genou droit sain avant et après les 2 jours de formation. L'exploration était réalisée par les participants, sans aide extérieure ni l'aide du module dit « Task Manager » intégré au simulateur permettant de guider le participant. Les structures anatomiques suivantes devaient être identifiées et visualisées entièrement : corne postérieure, segment moyen et corne antérieure du ménisque internes et externe, insertion proximale et distale du LCA, LCP, tendon poplité, rampe condylienne interne, gorge trachéenne, surface articulaire de la patella et le cul de sac quadricepsal. La qualité de l'observation était exprimée en pourcentage de la structure visualisée. Pour être entièrement vue (100% de la structure vue), l'opérateur devait centrer les différentes parties de l'élément anatomique demandé au milieu de l'écran. Un score composite était également assigné après chaque simulation, composé des variables suivantes : le temps nécessaire à l'exploration, le pourcentage de surface visualisée pour chacune des structures anatomiques, la distance parcourue par la caméra et le crochet palpeur ainsi que le pourcentage de lésions iatrogènes causées au fémur et au tibia.



Fig 1 : Participante lors de l'EPOS Arthroscopy Advanced Course

4) Tests statistiques :

Les statistiques ont été réalisées utilisant Excel pour Mac 14.7.1 (Microsoft Redmond, Washington, USA). Les résultats sont présentés avec les moyennes, les déviations standard, le minimum et le maximum. Les groupes sont comparés en utilisant un test de Student. Une valeur de $p < 0.05$ était considérée comme significative.

Nous avons également réalisé une étude en sous-groupe selon le nombre d'arthroscopies réalisées chaque année.

Résultats

Le score global après participation au cours augmentait significativement d'une moyenne de $199 \pm 7,5$ points (175 ; 208) à $203 \pm 3,8$ points (192; 208) ($p = 0,02$). La durée moyenne pour la réalisation de l'exercice diminuait de $185,8 \pm 91,2$ sec (49,9 ; 439,3) à $115,9 \pm 57,4$ sec (20,2 ; 259) ($p < 0,01$).

La distance parcourue pour la visualisation des structures anatomiques ainsi que la distance parcourue par le crochet palpeur diminuaient passant respectivement de $85,2 \pm 39,6$ cm (29,3; 176,1) à $49,2 \pm 60,7$ cm (0; 225,1) et de $65,5 \pm 38,2$ cm (20,7; 211,6) à 15 ± 28 cm (0; 109,1) avec ($p = 0,03$) et ($p < 0,01$).

Tableau 2 : Principaux paramètres relevés avant et après la formation

	Avant	Après	P
	$199 \pm 7,5$	$203 \pm 3,8$	
Score global	(175; 208)	(192; 208)	0,02
	$17,2 \pm 3,5$	$19,3 \pm 1,3$	
Note	(7; 20)	(15; 20)	<0,01
	$185,8 \pm 91,2$	$115,9 \pm 57,4$	
Temps (s)	(49,9; 439,3)	(20,2; 259)	<0,01
Distance			
camera	$85,2 \pm 39,6$	$65,5 \pm 38,2$	
(cm)	(29,3; 176,1)	(20,7; 211,6)	0,03
Distance	$49,2 \pm 60,7$	15 ± 28	
crochet (cm)	(0; 225,1)	109,1)	0,03

On retrouvait une amélioration significative de ce score de $18,5 \pm 2,1$ points (13; 20) à $19,5 \pm 1,1$ (14; 20) ($p = 0,02$). Plus particulièrement, une diminution des dommages sur le cartilage tibial $2,7\%$ de la surface totale $\pm 1,7\%$ (0; 6,7) contre $1,8 \pm 1,8\%$ (0; 7) ($p = 0,03$) était retrouvée. Cette diminution n'était pas statistiquement significative concernant le cartilage fémoral $4,4 \pm 1,8\%$ (1,9; 8,8) contre $4 \pm 1,5\%$ (1,9; 6,7).

Le Tableau 3 représente la qualité de l'observation arthroscopique de chaque élément anatomique.

Tableau 3 : % de surface visualisée et éléments anatomiques

Score détaillé de visualisation	Avant la formation	Après la formation	p
Score globale	$16,2 \pm 3$ (7; 24)	$14,9 \pm 3,2$ (4; 22)	n.s
Patella (%)	$11,4 \pm 21,4\%$ (0; 91,6)	$9,4 \pm 19,2\%$ (0; 82,6)	n.s
Cul de sac quadricipital	$12,3 \pm 27,9\%$ (0; 89,9)	$7,5 \pm 17,6\%$ (0; 73,7)	n.s
Tendon poplité	$18,3 \pm 4,8\%$ (0; 23,8)	$11,9 \pm 4,1\%$ (0; 22,7)	n.s
Gorge trochléenne	$13,8 \pm 22,9\%$ (0; 86,9)	$17,3 \pm 23,7\%$ (0; 87,9)	n.s
Récessus medial	$8,9 \pm 17,9\%$ (0; 64,2)	$11,3 \pm 22,8\%$ (0; 77)	n.s
Corne antérieure du MI	$75,1 \pm 35,9\%$ (0; 100)	$75,6 \pm 24,2$ (29,5; 100)	n.s
Segment moyen du MI	$86 \pm 29,2\%$ (1,8 ;100)	$82 \pm 28,6\%$ (1,4 ;100)	n.s
Corne postérieure du MI	$92,2 \pm 23,3\%$ (0,4; 100)	$83,8 \pm 30,1\%$ (0; 100)	n.s
Ligament croisé postérieur	$66,2 \pm 10,7\%$ (42; 82,5)	$61,2 \pm 12,5\%$ (27,3; 79,6)	n.s
Insertion tibiale du LCA	$91,1 \pm 13,2\%$ (60,8; 100)	$92 \pm 16,6\%$ (10,7; 100)	n.s
Insertion proximale du LCA	$97,1 \pm 5,2\%$ (82; 100)	$96,2 \pm 7,2\%$ (68,2; 100)	n.s
Corne antérieure du ME	$95,5 \pm 10,1\%$ (54,7 ;100)	$91,6 \pm 13,6\%$ (52,4 ;100)	n.s
Segment moyen du ME	$79 \pm 29,8\%$ (0; 100)	$60,9 \pm 33,1\%$ (1,8; 99,7)	0,02
Corne postérieure du ME	$76,9 \pm 29,8\%$ (0; 100)	$72,2 \pm 30,5\%$ (0.1; 100)	n.s

Concernant l'analyse en sous-groupe : pour le groupe A le seul paramètre significativement amélioré après le programme de formation était la durée de réalisation de l'exercice passant $130,45s \pm 46$ (61,05 – 197,35) à $95,08 \pm 42,22$ (39,67- 181,85) ($p < 0,05$).

Dans le groupe B, on retrouvait en revanche une amélioration des paramètres suivants : score global, durée de l'exercice, épargne de mouvements de la caméra et du crochet palpeur.

En comparant les deux groupes, une différence significative était retrouvée lors de la première évaluation concernant le score total, la durée de réalisation de l'exercice et la distance parcourue par la caméra. En revanche, à la seconde évaluation, les groupes A et B ne présentaient plus de différences significatives concernant le score global et la durée de réalisation de l'exercice.

Tableau n°4 : Étude des paramètres en sous-groupe selon le nombre d'arthroscopie.

Nombre d'arthroscopie/an	Score totale	Note globale	Durée de l'exercice (sec)	Score d'épargne des mouvements	Distance parcourue / caméra (cm)	Score distance caméra (cm)	Distance parcourue/ crochet (cm)	Score de visualisation	
GROUPE A	>20		<i>RESULTATS DU GROUPE A AVANT LA FORMATION</i>						
Moyenne	203,4	19,4	130,4	19,2	61,8	19,2	49,5	15,08	
STD	2,81	0,9	46,1	1,8	26,2	1,8	56,5	2,1	
Min	197		61	14	29,2	14	0	12	
Max	208	17 20	197,3	20	126,6	20	135,5	18	
GROUPE A	>20		<i>RESULTATS DU GROUPE A APRES LA FORMATION</i>						
Moyenne	203,3	19,6	95	19,8	45,5	19,8	18,7	14	
STD	2,9	0,6	43,2	0,5	17,6	0,5	30,7	2,2	
Min	198	18	39,6	18	22,3	18	0	10	
Max	208	20	181,8	20	91,2	20	78,7	18	
GROUPE A	>20		<i>COMPARAISON DES RESULTATS DU SOUS GROUPE AVANT ET APRES LA FORMATION</i>						
T TEST	0,4	0,2	0,04	0,3	0,07	0,3	0,1	0,6	
GROUPE B	<20		<i>RESULTATS DU GROUPE B AVANT LA FORMATION</i>						
Moyenne	197	16,0	215,9	16,3	97,9	16,3	49	16,7	
STD	8,2	3,7	96,1	4,2	40,2	4,2	64,1	3,3	
Min	175	7	49,9	7	32,9	7	0	7	
Max	208	20	439,3	20	176,1	20	225,1	24	
GROUPE B	<20		<i>RESULTATS DU GROUPE B APRES LA FORMATION</i>						
Moyenne	202,1	19,1	128,3	18	77,2	18	12,8	15,4	
STD	4,1	1,5	6,9	3,9	42,3	3,9	26,7	3,6	
Min	192	15	20,2	3	20,7	3	0	4	
Max	206	20	259,0	20	211,5	20	109,1	22	
GROUPE B	<20		<i>COMPARAISON DES RESULTATS DU SOUS GROUPE AVANT ET APRES LA FORMATION</i>						
T.TEST	0,01	0,001	0,0008	0,1	0,1	0,1	0,01	0,2	
T.TEST	AVANT 0,01	<i>COMPARAISON DES GROUPE A ET B AVANT LA FORMATION</i>						0,9	0,1
T.TEST	APRES 0,3	<i>COMPARAISON DES GROUPE A ET B APRES LA FORMATION</i>						0,5	0,2

Discussion

Le résultat principal de cette étude est que la répétition de l'exercice et la participation au cours de l'EPOS améliore significativement les scores obtenus par une cohorte de chirurgien européenne hétérogène lors d'un exercice diagnostique sur un simulateur d'arthroscopie de genou : $199 \pm 7,5$ points (175; 208) à $203 \pm 3,8$ points (192; 208) ($p = 0,02$).

Le paramètre le plus significativement amélioré étant la vitesse de réalisation de l'exercice passant de $185,8 \pm 91,2$ sec (49,9 ; 439,3) à $115,9 \pm 57,4$ sec (20,2 ; 259) ($p < 0,01$) pour réaliser un bilan diagnostique de genou sain.

Quand on le compare à la littérature relative à la simulation en arthroscopie de genou, on ne retrouve que peu de chiffres publiés concernant les résultats des cohortes semblables.

La plupart des études sont construites en comparant deux groupes, l'un recevant un enseignement de simulation virtuelle, l'autre non. L'étude de Cyhocz et coll.⁷ est la seule retrouvée nous donnant accès aux données récoltées sur le même type de simulateur et sur le même exercice. Il s'agissait d'étudiants en médecine ($n=43$), initialement évalués sur un simulateur d'arthroscopie de genou puis séparés en deux groupes : l'un recevant une formation par simulateur d'arthroscopie, l'autre non. Lors de la seconde évaluation, le seul score significativement amélioré était le score global. Les autres paramètres n'étaient pas significativement améliorés. En utilisant un autre simulateur, des auteurs Australiens⁸ constataient également une diminution significative de la vitesse de réalisation d'un exercice diagnostique de simulation de genou chez une population de chirurgiens en formation.

Le choix d'utiliser un simulateur de type VirtaMed Simulator⁶ a été fait car il s'agit d'un simulateur de réalité virtuelle déjà utilisé dans ce type d'études^{9,10,11} et présentant selon l'étude de Martin et coll. un aspect extérieur le plus proche de la réalité. Des études précédentes ont démontré la relation entre l'expérience chirurgicale et les notes obtenues sur simulateur d'épaule et de genou¹². La méta-analyse de Shantz et coll.¹³ réalisée en 2014 retrouvait 13 études relatives à la simulation arthroscopique. En moyenne, les séries comprenaient 29,5 participants, les populations étudiées étaient le plus souvent des internes de chirurgie orthopédique mais aucune de ces études n'avaient été réalisée avec un simulateur VirtaMed. Les résultats observés dans notre étude ajoutent aux paramètres les plus étudiés (durée de l'exercice, note globale, distance parcourue par la caméra et le crochet palpeur, atteinte iatrogène du cartilage) celui de la qualité de la visualisation des éléments anatomiques.

Une série américaine de 14 cas tend à démontrer qu'en comparant deux groupes recevant soit une formation par simulateur d'arthroscopie soit une formation théorique, la réalisation d'une tâche contrôlée sur une pièce anatomique était 30% plus rapide chez le groupe ayant bénéficié d'une formation sur simulateur ¹⁴. De plus, les progrès acquis sur un simulateur d'arthroscopie semblent transférables sur une pièce anatomique¹⁵ mais également in vivo¹⁶⁻¹⁸. Waterman et coll. ^{19,20} a démontré que les interventions chirurgicales étaient plus rapides et plus sûres lorsque l'on compare deux cohortes : l'une entraînée par simulateur d'arthroscopie et l'autre non, en les évaluant par la suite au bloc opératoire.

La série de l'Arthroscopie Association of North America (AANA) ²¹ est une des études les plus robustes portant sur la simulation en arthroscopie. 48 internes étaient évalués sur un simulateur d'arthroscopie d'épaule avant de bénéficier d'une période de formation semblable à celle de notre étude. Cette étude retrouve également une amélioration significative des résultats sur simulateur (durée des exercices, distance parcourue par la caméra et le crochet palpeur) après une période de formation théorique et pratique.

Nos résultats apportent les mêmes conclusions concernant une population de chirurgiens européens avec une formation très hétérogène et évalués sur un simulateur d'arthroscopie de genou.

L'étude en sous-groupe retrouve un bénéfice pour chacun des groupes dans le programme de formation et la répétition de l'exercice sur simulateur mais plus particulièrement pour le groupe des débutants. Le groupe des débutants améliore significativement plusieurs paramètres majeurs (note globale, durée de l'exercice, distance parcourue par la caméra et le crochet palpeur) alors que le groupe confirmé améliore plus particulièrement le temps nécessaire pour la réalisation de l'exercice.

Ces résultats corrélerent ceux de l'étude Dammerer et coll. ²² qui retrouve également ces résultats en comparant un groupe d'étudiants en médecine à un groupe d'internes soumis aux mêmes évaluations et au mêmes programmes d'entraînement. Ainsi dans notre étude pour deux groupes d'expérience différente, la participation à ce cours et la répétition de l'exercice sur simulateur tend à rendre ces groupes homogènes.

Concernant la capacité à visualiser l'intégralité d'une structure anatomique, notre étude ne retrouve pas de différence significative dans la qualité de la visualisation avant et après le cours. Néanmoins, il est important de noter que lors de la réalisation de l'exercice, les opérateurs

tenaient à considérer certaines structures anatomiques comme « vues » alors qu'elles n'étaient en réalité que partiellement vues. En particulier concernant la visualisation des surfaces articulaires de la patella et de la gorge trochléenne dont moins de 20% de la surface visible était identifié. Cela peut faire redouter le risque de sous diagnostic de lésions ostéochondrales fémoro-patellaires.

Ainsi comme l'étude de l'ANAA et celle de Cychosz et coll. ⁷ évaluant les programmes de formation pour les internes, nous pouvons désormais évaluer de manière scientifique la qualité d'un programme de formation en comparant les résultats des participants sur simulateur.

Il existe des biais de sélection car les participants sont volontaires dans leur entraînement et sont donc probablement plus enclins à réussir les exercices. L'étude comporte un biais de reproductibilité et de mémorisation évident car une fois l'exercice réalisé l'étudiant retient ses erreurs et améliore ses résultats lors de la session suivante. Ce biais pourrait être affranchi en réévaluant les participants à distance. Par ailleurs, un groupe contrôle indépendant ne bénéficiant pas de cet entraînement pourrait permettre de mieux comprendre la courbe d'apprentissage naturelle et d'améliorer encore les programmes de formation.

Conclusion

La participation au cours théorique et pratique d'arthroscopie de l'EPOS a permis d'évaluer une cohorte de chirurgiens européens. Après réalisation de ce cours, les scores obtenus sur un exercice d'arthroscopie de genou étaient significativement améliorés et plus particulièrement la durée de réalisation de l'exercice et l'épargne des mouvements. Ces résultats sont plus prononcés chez les chirurgiens débutants. L'étude spécifique de la visualisation des structures anatomiques retrouvent une visualisation non satisfaisante des surfaces articulaires de la trochlée et de la patella. Le simulateur de genou semble être utile dans les programmes de formation et leur évaluation. D'autres études sont nécessaires et un groupe contrôle apporterait plus de puissance à l'étude.

Références bibliographiques

- [1] **Pioger C, Harly É, Rattier S, Blancheton A, Looek E, Grob C, et al.** Arthroscopy training in France: A resident perception and self-assessment. *Orthop Traumatol Surg Res* 2019;
- [2] **Walbron P, Thomazeau H, Sirveaux F.** [Virtual reality simulation in orthopedics and trauma surgery in France : Current status and perspectives]. *Unfallchirurg* 2019;
- [3] **Alvand A, Auplish S, Gill H, Rees J.** Innate arthroscopic skills in medical students and variation in learning curves. *J Bone Joint Surg Am* 2011;93:e115(1-9).
- [4] **Garfield Roberts P, Alvand A, Gallieri M, Hargrove C, Rees J.** Objectively Assessing Intraoperative Arthroscopic Skills Performance and the Transfer of Simulation Training in Knee Arthroscopy: A Randomized Controlled Trial. *Arthroscopy* 2019;35:1197-1209.e1.
- [5] **Howells NR, Gill HS, Carr AJ, Price AJ, Rees JL.** Transferring simulated arthroscopic skills to the operating theatre: a randomised blinded study. *J Bone Joint Surg Br* 2008;90:494–9.
- [6] **Stunt JJ, Kerkhoffs GMMJ, van Dijk CN, Tuijthof GJM.** Validation of the ArthroS virtual reality simulator for arthroscopic skills. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2015;23:3436–42.
- [7] **Cychoz CC, Tofte JN, Johnson A, Gao Y, Phisitkul P.** Fundamentals of Arthroscopic Surgery Training Program Improves Knee Arthroscopy Simulator Performance in Arthroscopic Trainees. *Arthroscopy* 2018;34:1543–9.
- [8] **An VVG, Mirza Y, Mazomenos E, Vasconcelos F, Stoyanov D, Oussedik S.** Arthroscopic simulation using a knee model can be used to train speed and gaze strategies in knee arthroscopy. *Knee* 2018;25:1214–21.
- [9] **Pedowitz R, Nicandri G, Tuchschnid S.** Asymmetry in Dominant / Non-Dominant Hand Performance Differentiates Novices from Experts on an Arthroscopy Virtual Reality Serious Game. *Stud Health Technol Inform* 2016;220:289–94.
- [10] **Middleton RM, Alvand A, Garfield Roberts P, Hargrove C, Kirby G, Rees JL.** Simulation-Based Training Platforms for Arthroscopy: A Randomized Comparison of Virtual Reality Learning to Benchtop Learning. *Arthroscopy* 2017;33:996–1003.
- [11] **Martin KD, Akoh CC, Amendola A, Phisitkul P.** Comparison of Three Virtual Reality Arthroscopic Simulators as Part of an Orthopedic Residency Educational Curriculum. *Iowa Orthop J* 2016;36:20–5.
- [12] **Tofte JN, Westerlind BO, Martin KD, Guetschow BL, Uribe-Echevarria B, Rungprai C, et al.** Knee, Shoulder, and Fundamentals of Arthroscopic Surgery Training: Validation of a Virtual Arthroscopy Simulator. *Arthroscopy* 2017;33:641-646.e3.
- [13] **Slade Shantz JA, Leiter JRS, Gottschalk T, MacDonald PB.** The internal validity of arthroscopic simulators and their effectiveness in arthroscopic education. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 2014;22:33–40.
- [14] **Rebolledo BJ, Hammann-Scala J, Leali A, Ranawat AS.** Arthroscopy skills development with a surgical simulator: a comparative study in orthopaedic surgery residents. *Am J Sports Med* 2015;43:1526–9.
- [15] **Henn RF, Shah N, Warner JJP, Gomoll AH.** Shoulder arthroscopy simulator training improves shoulder arthroscopy performance in a cadaveric model. *Arthroscopy* 2013;29:982–5.

- [16] **Frank RM, Wang KC, Davey A, Cotter EJ, Cole BJ, Romeo AA, et al.** Utility of Modern Arthroscopic Simulator Training Models: A Meta-analysis and Updated Systematic Review. *Arthroscopy* 2018;34:1650–77.
- [17] **Cannon WD, Garrett WE, Hunter RE, Sweeney HJ, Eckhoff DG, Nicandri GT, et al.** Improving residency training in arthroscopic knee surgery with use of a virtual-reality simulator. A randomized blinded study. *J Bone Joint Surg Am* 2014;96:1798–806.
- [18] **Boutefnouchet T, Laios T.** Transfer of arthroscopic skills from computer simulation training to the operating theatre: a review of evidence from two randomised controlled studies. *SICOT J* 2016;2:4.
- [19] **Waterman BR, Martin KD, Cameron KL, Owens BD, Belmont PJ.** Simulation Training Improves Surgical Proficiency and Safety During Diagnostic Shoulder Arthroscopy Performed by Residents. *Orthopedics* 2016;39:e479-485.
- [20] **Rashed S, Ahrens PM, Maruthainar N, Garlick N, Saeed MZ.** The Role of Arthroscopic Simulation in Teaching Surgical Skills: A Systematic Review of the Literature. *JBJS Reviews* 2018;6:e8.
- [21] **Martin KD, Patterson DP, Cameron KL.** Arthroscopic Training Courses Improve Trainee Arthroscopy Skills: A Simulation-Based Prospective Trial. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery* 2016;32:2228–32.
- [22] **Dammerer D, Putzer D, Wurm A, Liebensteiner M, Nogler M, Krismer M.** Progress in Knee Arthroscopy Skills of Residents and Medical Students: A Prospective Assessment of Simulator Exercises and Analysis of Learning Curves. *J Surg Educ* 2018;75:1643–9.

Annexes

Annexe 1 : Affiche du Cours Avancé de l'EPOS

EPOS Sport's Med
Advanced Course

Cadaver workshop

Knee and ankle joints in children and adolescents

Thursday 25 January
Friday 26 January 2018

S

EPOS
European Paediatric Orthopaedic Society

EPOS FOUNDATION

SWISS FOUNDATION FOR INNOVATION AND TRAINING IN SURGERY 

Annexe 2 : Présentation des résultats à l'exercice par le simulateur

Summary | Report Nr: 65

Simulation overview

Description	Measured	Goal value	Score
Procedure time	02:41	≤ 02:30	19/20

Safety

Description	Measured	Goal value	Score
Arthroscopy instruments movement observed	100 %		11/20
Misalignment time of scope horizon	5 %		8/10
Scratching of femur cartilage	8 %	≤ 6 %	8/10
Scratching of tibia cartilage	7 %	≤ 3 %	3/10

Economy

Description	Measured	Goal value	Score
Camera path length	78.8 cm	≤ 80 cm	20/20
Probe path length	0 cm		20/20
Grasper path length	0 cm		20/20
Punch path length	0 cm		20/20
Shaver path length	0 cm		20/20
Burr path length	0 cm		20/20
Electrocautery device path length	0 cm		20/20

Tasks

- ✓ Knee diagnostics
- ✓ Patella
- ✓ Suprapatellar pouch
- ✓ Popliteus insertion
- ✓ Trochlear groove
- ✓ Medial gutter
- ✓ Medial meniscus anterior horn
- ✓ Medial meniscus midbody
- ✓ Medial meniscus posterior horn
- ✓ PCL
- ✓ Distal ACL
- ✓ Proximal ACL
- ✓ Lateral meniscus posterior horn
- ✓ Lateral meniscus midbody
- ✓ Lateral meniscus anterior horn

143/218

19/20

65/130

Questionnaire answer Diagnostic XIII

Correct answers: 15/16

Movie

Femur Overview Tibia Overview

The time used for this procedure.

Trial	Time (s)
1	~120
2	~100
3	~100
4	~100
5	~100

QUELLES CONCLUSIONS TIRER D'UN SIMULATEUR D'ARTHROSCOPIE DE GENOU UTILISE LORS D'UN COURS EUROPEEN D'ARTHROSCOPIE : ETUDE PROSPECTIVE SUR 34 CHIRURGIENS EN FORMATION.

Résumé

Introduction : Les simulateurs d'arthroscopies permettent de proposer un entraînement sûr et reproductible aux nouvelles générations de chirurgiens. Les données collectées par ces appareils permettent également de mieux comprendre la courbe de progression de ces chirurgiens.

Objectif : Étudier le comportement d'une cohorte de chirurgiens avant et après un cours européen à l'aide d'un simulateur d'arthroscopie de genou. Identifier les tâches les aptitudes modifiées grâce à cet enseignement. L'objectif principal est d'objectiver une amélioration du score général obtenu avant et après la période de formation.

Méthode : Trente-quatre chirurgiens ont été inclus dans cette étude de niveau III, lors du cours avancé d'arthroscopie de l'European Paediatric Orthopaedic Society (EPOS) en Janvier 2018. Une première évaluation des participants a été réalisée à l'aide du ArthroS™ Arthroscopy Simulator lors d'un exercice diagnostique d'arthroscopie de genou avant le cours. Les participants ont ensuite été évalués à l'issue du cours. Deux sous-groupes ont été étudiés : le groupe A (non débutant) et le groupe B (débutant). Les données collectées suivantes ont été comparées : la note globale, la durée de réalisation de l'exercice, le pourcentage de lésions iatrogènes, la distance parcourue par les instruments ainsi que l'identification des structures anatomiques.

Résultats : Avant la réalisation du cours, la note globale à l'exercice diagnostique était de 199, après la période de formation elle passe à 203 ($p = 0.02$). La durée de réalisation de l'exercice était significativement raccourcie de 185 à 115.9 secondes ($p < 0.01$). La distance parcourue par la caméra et le crochet palpeur diminuait de 85.2 à 49.2 et 65.5 à 15 ($p < 0.05$). Concernant les lésions iatrogènes, le cartilage tibial était moins lésé $2.7 \pm 1.7\%$ (0 ; 6.7) versus $1.8 \pm 1.8\%$ (range, 0-7) ($p = 0.03$);

Conclusion : La participation au cours a amélioré les résultats globaux. Cette amélioration était particulièrement profitable aux participants débutants en arthroscopie. Après répétition de l'exercice certaines structures anatomiques importantes n'étaient pas complètement considérées par le simulateur comme correctement visualisées.

Mots clés : Simulation - Arthroscopie – EPOS – Virtamed- Genou

Abstract

Introduction : Arthroscopy simulators offer safe and reproducible training to orthopaedic residents, thereby obviating the need for cadaver specimens. In addition, they collect data that can serve to investigate learning curves and evaluate training programmes with the goal of improving the quality of arthroscopy teaching. In this study, a cohort of surgeons was evaluated before and after a European theoretical and practical training programme that used a knee arthroscopy simulator. The primary objective was to assess whether the overall performance score was improved by the training programme. The secondary objectives were to determine which tasks and skills were improved by the programme, to compare a novice group to an experienced group, and to identify targets for improvement.

Hypothesis : A theoretical and practical training course improves the scores achieved on an arthroscopy simulator task.

Methods : A prospective comparative study was performed in 34 surgeons during the advanced arthroscopy training course organised by the European Paediatric Orthopaedic Society (EPOS) in January 2018. All participants performed a diagnostic task on the VirtaMed ArthroS™ simulator before and after the programme. The participants were divided into two groups based on number of knee arthroscopies performed each year, i.e., >20 (experienced group) vs. ≤ 20 (inexperienced group). The following parameters were compared between the two groups: overall score, operative time, percentage of iatrogenic injuries, camera and hook path lengths, and success in identifying anatomical structures.

Results : The overall score on the diagnostic task was 199 before and 203 after the training programme ($p = 0.02$). The operative time decreased significantly, from 185 to 115.9 seconds ($p < 0.01$). Camera path length decreased from 85.2 to 49.2 cm and hook path length from 65.5 to 15.0 cm ($p < 0.05$). The mean proportion of arthroscopies with iatrogenic tibial cartilage injuries diminished from $2.7\% \pm 1.7\%$ (range, 0-6.7) to $1.8\% \pm 1.8\%$ (range, 0-7) ($p = 0.03$);

Conclusion : Participation in the training programme improved overall performance, and the gains were greatest in the inexperienced group. During the post-training evaluation, some of the major anatomical structures were classified by the simulator as incompletely visualised.

Keywords: Arthroscopy. Pediatric surgery. Surgical simulation. Knee disorders. Sports medicine. Sports surgery