



ELSEVIER

Disponible en ligne sur

ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte
www.em-consulte.com



RAPPORTS ET RECOMMANDATIONS DE L'ANM

Rapport 22-10. Anatomie à l'heure du numérique[☆]

Anatomy at digital era

V. Delmas*, A. Chays, D. Poitout, P. Vouhé, au nom des commissions VI (Numérique et Santé- Imagerie médicale) et XV (Enseignement-Recherche-Parcours de formation) de l'ANM

Académie nationale de médecine, 16, rue Bonaparte 75006 Paris, France

Disponible sur Internet le 16 juillet 2022

MOTS CLÉS

Anatomie ;
Enseignement ;
Dissection ;
Numerique

KEYWORDS

Anatomy ;
Teaching ;
Dissection ;
Digital

Résumé L'anatomie est une discipline essentielle pour le médecin, quel que soit le stade de sa formation d'initiale à continue et tout au long de son exercice. Le numérique est un nouvel outil complémentaire de ceux utiles à l'enseignement et l'apprentissage ; c'est un outil puissant pour l'application de l'anatomie à tous les aspects de la médecine. Il facilite l'interaction entre les anatomistes et les cliniciens, l'interactivité entre les enseignants et les étudiants. Les progrès technologiques en médecine apportent la preuve de la nécessité actuelle d'un savoir anatomique.

© 2022 Publié par Elsevier Masson SAS au nom de l'Académie nationale de médecine.

Summary Anatomy is an essential discipline for the medical doctor, whatever level of formation from initial to continued. Digital is a new tool of teaching, of training. It is a new way for anatomical applications in the progress of all the branches of medicine. It makes easier interaction between anatomists and clinicians, interactivity between teachers and students. With the progress in medical techniques, anatomy is still a basic science with the help of digital applications.

© 2022 Published by Elsevier Masson SAS on behalf of l'Académie nationale de médecine.

Introduction

L'anatomie est indispensable à l'exercice médical. Alphabet de la médecine [1] elle a depuis toujours participé aux progrès de la médecine car elle représente une symbiose anatomo-physio-clinique dans le but essentiel de développer l'intelligence et le raisonnement plutôt que la mémoire

[☆] Un rapport exprime une prise de position officielle de l'Académie nationale de médecine. L'Académie dans sa séance du mardi 28 juin 2022, a adopté le texte de ce rapport par 68 voix pour, 1 voix contre et 10 abstentions.

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : vdelmas39@gmail.com (V. Delmas).

des futurs médecins [2,3]. Science dominante les siècles derniers, son enseignement a été considérablement réduit en trois décennies ; le cours traditionnel avec dissection complète d'un cadavre en laboratoire pour tous les étudiants des années précliniques n'était plus que l'exception.

Toutefois depuis quelques années beaucoup d'écoles de médecine aux USA ont changé leur approche en augmentant le nombre des cours d'anatomie en lien avec la pratique et l'imagerie [4–7]. En outre, de nombreuses enquêtes auprès des étudiants montrent que l'anatomie est une des disciplines fondamentales les plus plébiscitées et qu'ils aspirent au développement des méthodes utilisant les technologies nouvelles [8].

Le but de ce travail est de montrer l'apport du numérique pour l'anatomie. Le numérique modifie et modifiera encore l'enseignement de cette discipline de l'image autorisant même des dissections virtuelles. L'accès aux données massives stockées avec la reconstruction en 3D permet d'ouvrir des champs de recherche en *anatomie* [9].

État des lieux

Historique récent de l'enseignement de l'anatomie

Progressivement l'anatomie est passée du statut d'une discipline reine à celui d'une matière jugée accessoire, facultative, voire inutile ; l'application du programme officiel a d'ailleurs été laissée, en l'absence de programme national d'anatomie, à la discrétion des facultés, donc de leurs doyens. Drake [3] aux USA en 2002 notait la même évolution ; Pais [10] en 2016 relevait le même déclin dans l'enseignement de l'anatomie pour les étudiants en médecine en Europe, en Afrique, en Inde et en Australie.

L'examen classant actuel de fin d'études médicales est basé sur des cas cliniques. En cours d'études, les réformes ont abouti à des cloisonnements de l'enseignement par cycles indépendants ciblés sur une pathologie d'organe prédominante : cet enseignement est devenu vertical, dénommé « silotage » et, en outre, sans réelle vérification d'un savoir anatomique.

État actuel

Au cours du premier cycle, le programme de 2009 réserve 60 heures de cours pour l'anatomie ; mais en pondération et ECTS, l'anatomie représente moins que d'autres disciplines et n'est pas suffisamment valorisée : 1/18 ECTS dans l'option santé. La précocité de l'enseignement de l'anatomie, dans le cursus en 60 heures, est inadaptée. Il doit être plus tardif et plus étalé dans le temps. L'enseignement doit être transversal, car vertical il est isolé du contexte du corps, qui devient fragmenté et éclaté.

Dans le texte de la réforme PASS/LAS [11], il n'y a pas de programme détaillé, le volume horaire d'anatomie est beaucoup moins cadré. Les objectifs et les items correspondant au tronc commun constituent une trame destinée à faciliter la réflexion des enseignants ainsi qu'une certaine harmonisation des programmes entre les universités ; mais il ne s'agit pas de la définition stricte d'un programme. Il persiste une disparité en fonction des universités. La réforme en cours individualise l'anatomie, en tant que discipline,

exclusivement dans le premier cycle : or l'enseignement de l'anatomie ne doit pas être limité à la première année, PAS isolément, ou aux DFMG 1 et 2 dans des modules cliniques.

Au cours du 2^e cycle, il n'y a pas d'enseignement spécifique en anatomie, car le prérequis du 1^{er} cycle est supposé acquis. Au terme du 2^e cycle, l'anatomie n'est pas un critère d'accès en spécialités soit vers les 44 DES dont 13 sont des filières chirurgicales.

Parmi les 323 items au programme actuel de l'ECN, 4 % seulement des questions relèvent de la chirurgie et pour les 8500 étudiants candidats, les postes de chirurgie ne représentent que 9 % des effectifs en 2020. Pour l'apprenant, l'anatomie est donc fort peu attractive car non valorisée lors des examens. Mais entériner ce constat, limitant l'intérêt de l'anatomie à la pratique chirurgicale, serait méconnaître l'obligation de maîtriser l'anatomie pour interpréter la moindre imagerie médicale, pour la pratique de la médecine interventionnelle et, bien au-delà, pour l'exercice médical dans son ensemble, tant séméiologique que thérapeutique.

En 3^e cycle, l'anatomie pour la formation d'un spécialiste serait l'apanage du chirurgien. Depuis 2004, l'obligation d'un DU d'anatomie était implicite (imposée par les coordonnateurs locaux des DES), mais n'était pas explicite sur les arrêtés, ainsi son application n'était pas uniforme ; il faut noter que, tant que ces DU ont existé, il n'y a jamais eu le moindre recours des étudiants contre ce dispositif, malgré des droits d'inscription élevés à payer. Ce DU avait de plus l'intérêt essentiel de donner l'accès aux dissections anatomiques, indispensables pour un chirurgien. Or depuis 2017 l'intérêt des étudiants pour les DU a disparu surtout du fait qu'aucun DU n'était plus exigé et que le choix fut fait d'intégrer, si nécessaire, l'enseignement de l'anatomie dans celui du DES.

Il n'y a donc pas de réelle évaluation, ni en début, ni en fin, de la formation en anatomie dans ce 3^e cycle puisqu'il n'y a pas de standardisation nationale, ce qui est consensuel (enseignant, responsable universitaire et enseigné) ; ceci permet d'éviter de devoir adhérer à un programme numérique : l'évolution s'est faite vers une formation en anatomie non obligatoire et non évaluée, donc bien souvent réduite à peu, voire absente.

Enfin, il ne faut pas oublier que si le DU est en grande partie une ressource budgétaire pour les Universités, il reste non reconnu par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (MESR). Il n'a donc pas sa place actuellement dans la formation officielle du chirurgien.

Des constats

Une détresse

Les internes - et leurs aînés - constatent chaque jour leur absence de connaissances anatomiques de base pour l'examen d'un patient, pour l'interprétation d'un examen d'imagerie, pour une dissection chirurgicale ou un abord interventionnel. Cela est vrai dans toutes les études portant sur la connaissance anatomique des résidents. L'enquête [12] menée en 2018 par l'Association française des urologues en formation (AFUF) auprès des internes se destinant à l'urologie est démonstrative : dans cette enquête, le même

examen d'anatomie par QCM, portant sur l'appareil urogénital pour les étudiants du 1^{er} cycle, DFGSM3, était soumis aux internes DES ; le résultat mettait en évidence l'ignorance des internes (2,5/20) par rapport aux étudiants (11,4/20). La formation initiale ne suffit donc pas : une formation spécifique en anatomie, continue et adaptée, est réclamée par 87 % des internes de cette même étude comme indispensable.

Il en est de même pour les internes d'orthopédie : une enquête montre le même besoin de formation en anatomie. L'enseignement d'anatomie souhaité associe des exposés courts ciblés sur des dossiers cliniques, des cours d'anatomie fonctionnelle, l'exposé des variations anatomiques pour la prévention des risques iatrogènes par ignorance de l'anatomie, des séminaires thématiques sur un segment de membre associant cours et dissections.

Cela est vérifié dans les autres pays : comme le montrent des articles publiés sur le niveau en anatomie des résidents venant des USA, Ainsi Sharma [13] de Harvard en 2016 montre qu'une connaissance inadéquate en anatomie est un facteur majeur de la baisse de la compétence opératoire des résidents en chirurgie et qu'un cours de simulation chirurgicale sur cadavre amène à une amélioration significative des performances opératoires de ceux qui en ont bénéficié. Insull [14] de Nouvelle Zélande, avait montré en 2006 que l'intérêt pour la chirurgie passe par un enseignement en anatomie.

D'une façon générale, après la réduction de l'enseignement depuis 2004, les étudiants souhaitent un renforcement de l'enseignement de l'anatomie dans la quatrième année à Ann Arbor comme le constate Bohl 2011 [15].

La place de l'anatomie dans les réformes actuelles doit donc être repensée en s'inspirant de ces constats.

Le danger d'une culture anatomique purement réservée au geste du chirurgien

Du fait du virage technologique mais aussi des progrès en anatomie, la chirurgie est devenue de plus en plus ciblée en même temps que plus performante. Le risque est donc à considérer que son seul besoin en connaissances anatomiques se limiterait au volume précis dans lequel elle s'effectue. Mais penser ainsi réduit l'exercice du chirurgien à celui d'un pur geste technique sans prise en charge globale du patient, réduction qui peut être intéressante à des fins pratiques et commerciales, parfois soutenue par certains industriels voire certains chirurgiens. Un jeune praticien ainsi privé de l'acquisition d'une véritable culture anatomique, dont l'intérêt a largement été rapporté plus haut, se retrouverait fort démuni pour prendre en charge son patient dans sa globalité.

Des niveaux différents

Plusieurs niveaux d'anatomie peuvent être considérés selon le besoin des connaissances en la matière.

L'anatomie de base dont a besoin tout professionnel de la santé nécessite environ 400 mots accompagnant la communication médicale, celle du médecin plus élaborée 2000 mots, celle du spécialiste 4000 mots car plus riche et plus précise. L'anatomie de l'anatomiste, selon le programme de l'épreuve pour l'inscription sur la liste

d'aptitude aux fonctions de MCU ou de PU couvrant les spécialités, comporte 6000 mots ceux de la nomenclature anatomique internationale (TA). Le discours anatomique doit donc s'adapter à celui que l'on veut former, mais le rôle de l'anatomiste est toujours de transmettre la même trame, la même logique, le même raisonnement, la même vision globale du corps humain, celles que devrait intégrer tout professionnel de santé.

La traduction pédagogique de ces différents niveaux aboutit à une grande disparité selon les facultés, selon les doyens, selon les DES : ceci amène à repenser, voire imposer la nécessité d'un programme national commun d'anatomie pour chaque niveau.

Un manque cruel d'enseignants anatomistes formés

Des enseignants formés et motivés sont évidemment indispensables, pour transmettre un niveau des connaissances adapté [16]. Les enseignants en anatomie doivent maîtriser les outils pédagogiques actuels, en particulier numérique.

Un parcours très exigeant pour les PU/MCU en anatomie exigé par le CNU

Il est difficile pour un candidat de mener en même temps une carrière qui est MIXTE : deux concours clinique et anatomique sont en effet nécessaires pour accéder aux postes de MCU ou PU. L'ensemble nécessite le passage devant deux CNU, chacun demandant un niveau d'excellence en enseignement, recherche et clinique.

Enfin, l'inscription sur la liste d'aptitude pour l'anatomie rassemble lors du concours une épreuve de pédagogie au tableau noir ou tablette graphique de qualité, une épreuve de dissection et une épreuve de titres et travaux. Le programme porte sur l'ensemble de l'anatomie humaine, sans lien avec la spécialité clinique.

Un manque de reconnaissance

La discipline est méconnue dans l'enseignement universitaire. L'anatomie est devenue un auxiliaire de la clinique sans compréhension de sa raison d'être : une vision du corps humain qui ne soit pas fragmenté.

La recherche en anatomie est également méconnue du fait de l'éclatement clinique et des fonctions mixtes HU ; pourtant, la recherche en anatomie existe toujours, basée avant tout sur la dissection soulignant l'importance du don du corps à la science. Les publications dans des revues à fort *impact factor* (points SIGAPS) rapportent nombre de travaux anatomiques récents ; la recherche est toujours active en neurochirurgie, pour les voies d'abord, en chirurgie plastique, en orthopédie, en microchirurgie, pour la neurotisation des nerfs, pour la greffe de visage, en anesthésie (bloc des nerfs), etc. ; il n'y a pas de progrès interventionnel (chirurgie, médecine, radiologie) qui ne reposent sur une nouvelle approche, une nouvelle vision de l'anatomie de la région en cause.

De nouvelles motivations pour les futurs formateurs

Les nouvelles technologies numériques modifient en profondeur l'enseignement de l'anatomie : à la faculté de Nice, par exemple, l'organisation des cours associe au même moment la théorie, la dissection, la pratique chirurgicale, la séméiologie ; des assistants, des moniteurs, des médecins, des chirurgiens participent activement et ensemble à cet enseignement. L'enseignement de l'anatomie devient multimodal [16]. Un autre exemple est celui de la reconnaissance d'images obtenues par coupes scanner ou IRM en vue d'une reconstruction 3D informatisée, instituée à Paris-Descartes, à Strasbourg avec les étudiants lors de leur stage, cet apprentissage est une initiation irremplaçable à la lecture anatomique des examens d'imagerie et leur intégration mentale en 3D.

L'implication précoce des étudiants en médecine pour un monitorat volontaire, en particulier de démonstration de dissection est organisée dans certaines facultés de médecine françaises. L'encadrement des étudiants par un moniteur, étudiant en médecine d'une année supérieure, est motivant pour les deux parties : la proximité de l'étudiant avec son moniteur permet une relation pédagogique sans contrainte et le moniteur bénéficie d'une immersion en anatomie pour comprendre. Le tout favorise des vocations chirurgicale et anatomique.

Les moyens d'enseigner à l'heure du numérique

Ils sont innovants et l'objet de publications. Une revue américaine mensuelle, organe de l'American Association for Anatomy, a été créée en 2011 « Anatomical Science Education » ; elle a un impact factor proche de 7. Elle témoigne de l'importance de l'éducation anatomique et des progrès pédagogiques en anatomie.

Les différents moyens pédagogiques en anatomie

a) *Les moyens « classiques » sont toujours d'actualité.*

Le livre a toujours une grande utilité, en littérature française (Rouvière, Testut et tous les feuillets–photocopiés imprimés d'anatomie) ou anglo-saxonne (Gray's anatomy, Netter). Les préparations anatomiques, les mannequins donnent un aspect de l'anatomie générale. Les supports numériques désormais nombreux viennent compléter ces outils : classique power point (Ppt), télé-enseignement, logiciels d'anatomie, YTUBE, réalité augmentée (*visible human* sur Ovid®, *project Esper* développé par 3D4Medical®).

Les méthodes pédagogiques sont variées : auto-apprentissage, enseignement encadré lors de cours magistraux au tableau en amphithéâtre par un PU ou un MCU, enseignement par petits groupes en TD (dirigé, inversé, mutuel), enseignement par des dissections sous l'autorité d'un PU ou MCU tuteur, enseignements par implication où l'étudiant réalise lui-même une dissection.

Mais les objectifs pédagogiques peuvent différer selon le cycle d'études.

b) *Le Cours Magistral*, classiquement, se fait à la craie et au tableau. Il est reconnu en anatomie comme un modèle fondamental d'enseignement quand il est donné par un professeur qui maîtrise l'anatomie et possède une vue d'ensemble du corps humain. En effet, il réalise une transmission du savoir par une démonstration audio-visuelle en présentant comment se construisent un organe, une région à partir de repères les plus fixes, « immuables ». Le tableau noir est difficilement visible du fond de l'amphithéâtre et non accessible hors de celui-ci ; il peut cependant être reproduit par une captation audiovisuelle retransmise sur écran dans l'amphithéâtre lui-même ou à distance. L'enseignant a de plus en plus souvent tendance à le remplacer par la transmission d'une image construite sur une tablette numérique, par exemple le logiciel Procreate 4+® sur mac (ipad) qui permet le passage du croquis au dessin final. L'image en cours de réalisation est projetée sur un écran, sur la tablette ou le portable de l'étudiant. D'autres logiciels existent tel Adobe illustrator® et ses 9 logiciels alternatifs gratuits qui s'aident du numérique. L'utilisation du simple power-point, reprenant des images de livres ou de cours sur internet a fait la preuve de son inefficacité pédagogique en anatomie, ne serait-ce que par la passivité de l'enseignant qui lit la diapositive et celle de l'étudiant : totalement inactif, il regarde passer les diapositives.

L'Enseignement Dirigé a pour but l'interactivité et la participation de l'étudiant. Le numérique permet, à côté de la description de la structure anatomique d'inclure des cas cliniques la concernant, des applications cliniques (séméiologie, imagerie, gestes médicaux). Moniteur et étudiant sont aussi activement impliqués dans leur réalisation et leur animation avec des questions réponses (quiz). c) *Les Travaux Pratiques* sont dans l'idéal pour un futur médecin : la dissection anatomique [17–19]. Difficile car dépendante de la possibilité de disposer de sujets anatomiques grâce au don du corps à la science pour l'enseignement et la recherche [20], elle serait alors en priorité réservée au 3^e cycle. Pour les étudiants des 1^{er} et 2^e cycles, les travaux pratiques comporteraient la lecture de coupes anatomiques, de pièces de plastination, d'images 3D manipulables sur écran. Une combinaison de coupes scanner de cadavre puis d'une dissection a été proposée [21]. Le mannequin en plastique, même sophistiqué et de grand intérêt pour apprendre, reste un succédané. **Le rapport du collège des professeurs d'anatomie sur la dissection de 2021 [22]** conclut : « *Le don du corps reste largement utilisé pour l'enseignement de l'anatomie mais aussi des gestes invasifs, par les professionnels de santé médecins ou non médecins. Ceci tient sans doute au fait que le corps humain reste le meilleur modèle, les méthodes de simulation informatique ne constituant finalement qu'une aide imparfaite. Un recours à des méthodes pédagogiques innovantes permettrait de limiter le nombre de spécimens anatomiques utilisés (retransmissions de dissections, enseignements hybrides alliant dissection et cours magistral...), d'améliorer le réalisme du modèle cadavérique pour la simulation (SIMLIFE...), ou encore de mieux préparer les étudiants à la dissection et aux voies d'abord (e-manuels anthropotomia et Simano).* »

d) *La formation initiale et continue* des chirurgiens et des praticiens ayant une activité interventionnelle est l'affaire de tous, anatomistes et cliniciens ; elle donne une plus grande confiance dans le geste interventionnel par une

meilleure connaissance de l'anatomie, une meilleure expertise en dissection [23,24] et une plus grande sécurité pour le patient [16]. Elle pourrait être réorganisée dans des « écoles de chirurgie » modernisées avec des anatomistes.

e) Pour tout étudiant en médecine, la formation anatomique en début d'étude donne une base de connaissance, mais l'enseignement de l'anatomie doit se faire tout au long du cursus universitaire à l'appui d'un contexte clinique [25].

Pourquoi utiliser le numérique en anatomie ?

Le numérique complète le mode de pensée et apporte un nouveau moyen pédagogique pour enseigner et comprendre l'anatomie.

a) *Pour l'étudiant, l'anatomie numérique* associe l'E-learning, des bases de données numériques sur les variations anatomiques, la dissection virtuelle selon différents procédés : table Anatomage^R de réalisme anatomique limité, Visible human, Anatomie 3D et les communautés internet de diffusion des modèles numériques, promenade et réalité virtuelle « immersive » (lunettes, casques et expérience sensorielle). b) *Pour le chirurgien ou le médecin intervenant*,

L'anatomie numérique, en préopératoire, associe la reconstruction numérique 3D de l'anatomie du patient et logiciel de planification de la stratégie chirurgicale ce que l'on désigne sous le nom de « réalité virtuelle » ; elle peut être complétée par l'impression 3D de l'anatomie personnalisée pour mieux simuler les étapes de la chirurgie.

L'anatomie numérique, en peropératoire, associe la chirurgie guidée par l'image numérique ce que l'on désigne sous le nom de « réalité augmentée ».

Quel que soit le stade, tout ce qui fait appel de près ou de loin à l'informatique est d'utilité pour :

- un enseignement anatomique de base avec l'aide d'algorithmes par formalisation des connaissances à base d'ontologie [26]. Une ontologie est une formalisation d'un domaine d'intérêt sous la forme d'un graphe de classe. Elle repose sur le triplé : Objets → Concepts → Termes¹.
- un enseignement mixte-couplé (théorique, pratique, sémiologique clinique par organe de compréhension,
- un enseignement adapté par spécialité médicale de haut niveau.

Mais, quel que soit l'outil, il convient de ne pas dissocier la connaissance théorique essentielle de la connaissance pratique dans l'apprentissage sur sujet anatomique.

Comment utiliser le numérique en anatomie ?

Le numérique en anatomie est d'abord un outil d'enseignement.

Cet outil fait appel à l'intelligence artificielle (IA). « L'IA » remplace-t-elle l'intelligence humaine ? L'acculturation du numérique reste sous le contrôle de l'intelligence humaine

¹ par exemple : *Le biceps est un muscle* → formalisation → *biceps ; est un ; muscle / Le biceps est une partie du bras* → formalisation → *biceps ; est une partie du ; bras*.

et donc d'un acquis anatomique préalable de base indispensable.

Il est nécessaire de maîtriser les outils modernes (futurs) d'aide à l'acte invasif qui imposent une gestuelle adaptée, pour « naviguer dans le corps de l'Homme », avec le rôle du modèle en simulation chirurgicale, mais le plus proche possible de celui d'un patient.

Les nouvelles technologies numériques viennent apporter la 3^e dimension, celle de notre monde : logiciel de reconstruction d'images 3D sous forme de table de dissection virtuelle, réalité virtuelle pour apprendre des gestes, hologramme avec casques Hololens. Ces reconstructions virtuelles peuvent être matérialisées avec un imprimante 3D.

Quelle place pour le numérique en tant qu'outil d'enseignement ?

Le développement actuel de l'enseignement numérique en anatomie est malheureusement le plus souvent incontrôlé : il existe de très nombreuses plateformes d'anatomie, mais qui les réalise ? qui les vérifie ? qui les surveille ?

Les plateformes sur internet sont souvent alléchantes dans leur présentation, mais elles n'ont souvent pas fait l'objet d'une relecture critique par des anatomistes sur leur contenu scientifique, ni sur leur méthode pédagogique. Il s'en crée des dizaines chaque mois de par le monde. Certaines sont universitaires, ouvertes ou limitées à une université ; d'autres, les plus nombreuses, sont commercialisées par des start-up informatiques dont l'intérêt est, avant tout, financier : leur vérification scientifique n'est pas garantie, comme en témoignent des erreurs diffusées en ligne.

Au total, elles ne peuvent donc être un guide pour l'étudiant qui se perd dans leur diversité et parfois dans leurs contradictions.

Les plateformes universitaires intranet sont réservées aux étudiants inscrits dans une faculté : elles comportent des référentiels par discipline qui ont remplacé les anciens photocopiés des cours. Elles permettent de suivre les cours en direct ou enregistrés en ligne ; elles y incluent les diaporamas ou textes des ED, les annales corrigées des examens de fin d'année.

Les cours en ligne d'autres universités peuvent parfois être accessibles en mode ouvert, dit « open access », et rejoignent l'intérêt des plateformes intranet.

Les MOOC utilisent le plus souvent un diaporama PowerPoint avec voix « off » d'un enseignant. Leur valeur pédagogique est actuellement discutée.

Les dissections virtuelles sur table sont séduisantes. La première, la plus connue, ANATOMAGE[®] a été créée par l'université Stanford Ca USA. Sur une table numérique à dimension humaine, elle se présente comme une table de dissection réelle. Elle en est à sa 8^e version incluant des cas cliniques et physiologiques ; neuf cents tables de ce type sont actuellement installées dans le monde, essentiellement aux Etats-Unis, Australie et Royaume-Uni, mais leur réalisme anatomique est limité. Alasmari [27] la juge plus interactive que la dissection sur cadavre qui reste pourtant la référence, dans la mesure où elle est répétable sur le même sujet anatomique. Actuellement, plus de 11 autres

tables de dissection virtuelle sont disponibles à des coûts et avec des performances très variées.

L'anatomie, science 3D, a à tirer parti du Métaverse comme elle le fait déjà avec les hologrammes interactifs et les lunettes Hololens (Microsoft) de visualisation dans l'espace. Le métaverse réalise une **immersion dans son environnement personnel** ; il permet des « voyages » à l'intérieur d'un corps : cavités, vaisseaux, conduits. Elles donnent une vision 3D immersive aux étudiants, en dissection virtuelle comme l'a développé entre autres la Case Western University de Cleveland Ohio USA), HoloAnatomy® Software Suite* en collaboration avec des anatomistes experts. La pandémie Covid, du fait des confinements, a entraîné un développement de toutes les techniques basées sur le métaverse.

À partir d'acquisition de coupes 2D, la **matérialisation 3D**, en polymères, d'images en taille réelle (1/1) ou en taille réduite (1/2) sont de plus en plus financièrement accessibles et sont utilisables en enseignement dirigé. La matérialisation permet de réaliser une reconstruction sélective par l'informatique de la ou des structures que l'on veut étudier. Elles rappellent les modèles en cire du XVIII^e siècle ou en plâtre (collection Nicolas-Augier-Roux de la faculté de médecine de Paris) du début du XX^e siècle. Fasel [28] adapte l'enseignement de l'anatomie en combinant dissection, imagerie médicale et impression 3D.

À partir d'images virtuelles, *le serious games* est un quiz d'images à légèrer ou à commenter en lien avec la clinique en enseignement dirigé, comme par exemple le logiciel gratuit *Google Body Browser*.

Zygote Body est un atlas d'anatomie 3D, gratuit, sur internet. Il permet de voir, d'isoler et d'apprendre les structures du corps humain. *Holo Eye Anatomy*, développé en Inde Prasad, est adapté pour l'apprentissage de l'anatomie de l'œil en application mixte de réalité donnant les structures de l'œil avec tous les détails.

Essential Anatomy 5 est une autre application d'anatomie 3D numérique avec de nombreuses possibilités d'interaction.

De nombreux logiciels d'anatomie virtuelle permettent de reconstruire en 3D à partir d'une acquisition 2D soit à partir de voxel d'une coupe d'imagerie médicale, soit à partir de pixel par analyse vectorielle d'une coupe plane. En chirurgie ils permettent de projeter (réalité augmentée) sur un organe in vivo l'image 3D reconstruite par réalité virtuelle. L'exemple de l'intérêt pédagogique pour les étudiants est particulièrement éclairant en enseignement dirigé, nous l'avons vu : l'étudiant apprend à lire une coupe en imagerie 2D pour aboutir à une reconstruction anatomique virtuelle. Ceci amène l'étudiant à être actif dans sa formation et lui permet d'acquérir une « anatomie personnalisée » : à partir de l'utilisation de chaque image en coupes IRM/Scanner qu'il apprend à analyser, il peut alors construire une image 3D et accéder à la connaissance de la structure anatomique étudiée dans l'espace.

Les modèles anatomiques doivent rester fonctionnels : pour l'anatomie et ses applications chirurgicales, le 3D doit toujours respecter la règle anatomique, partir des structures élémentaires : os, muscles, tissus mous, peau. Mais il permet, à partir d'eux, de créer des modèles fonctionnels intelligents. Il n'est donc pas seulement une « représentation », mais un formidable outil de compréhension des

formes et de leurs agencements, outil d'exploration et manipulation, outil de création et communications des idées. La simulation visuelle interactive est ainsi idéale pour comprendre les liens forme et fonction et les modifications de la forme lors de la fonction. En apprenant, « nous devenons ainsi notre propre livre d'anatomie ». Les recherches en cours sur ce type de modèle mathématique portent sur les croquis interactifs animés, les croquis 3D animés créés à partir de dessin 2D et la possibilité d'injecter des connaissances et des contraintes à la volée.

À chaque fois, il est fondamental de souligner qu'il s'agit d'applications du numérique à l'anatomie, variations techniques d'enseignement, sur le contenant, et non de l'anatomie elle-même, le contenu.

Le numérique un outil indispensable à la recherche en anatomie

L'anatomie n'est pas une simple accumulation de savoir, elle se construit à partir des « 12 anatomies » : l'anatomie est en effet plurielle. Au-delà de la description scientifique, de la topographie des organes, telle que montrée par les coupes (anatomie sectionnelle) ou les injections vasculaires indispensables à connaître pour la pratique médicale, l'anatomie n'est pas figée dans l'homme mature des traités d'anatomie, même mise en valeur par le 3D.

Elle est aussi celle des variations individuelles, celle de ses modifications au cours de la vie de l'organogenèse à la croissance, puis la sénescence que la biométrie permet de suivre et de quantifier, celle que fait vivre la fonction de la vie de relation (appareil locomoteur), celle de la vie végétative, en particulier circulatoire de tous les fluides corporels. L'anatomie cellulaire et métabolique est mise en évidence par l'IRM fonctionnelle. L'anatomie moléculaire et biochimique dynamique est utilisée pour la tractographie cérébrale. L'anatomie génétique et phénotypique crée le lien entre la morphologie et l'expression de certaines pathologies génétiques. L'anatomie comparée reste un domaine de recherche pour comprendre l'adaptation chez l'homme. L'anatomie des hommes fossiles est une ouverture à l'anatomie dans l'évolution.

Tout enseignement s'enrichit des nouvelles découvertes scientifiques grâce à la recherche. Comme l'a montré le passé et encore actuellement, la recherche sur sujet anatomique par la dissection est la définition même de l'anatomie. La dissection, sur le plan éthique, a toujours été pour les anatomistes l'objet d'un respect pour la reconnaissance du don, pour la valeur inestimable pour permettre une recherche la plus proche de ce que sera le patient à soigner. La dissection peut être isolée sur un organe ou complétée par des techniques adaptées à la structure étudiée : anatomie en coupes, anatomie des structures creuses (vaisseaux, conduits) par la technique d'injection/corrosion. Certaines de ces préparations ont pu être gardées (Musée Delmas-Orfila-Rouvière) donnant des pièces tridimensionnelles, comme les préparations du XIX^e siècle, les préparations du foie de Claude Couinaud [29] de 1956-58, du poumon de Christian Cabrol et Gaston Cordier de 1957-59, les reconstructions tridimensionnelles à la cire d'encéphale d'embryons de Charles Eyriès ou de modèle

tératologiques de Antoine Giroud à partir de lames microscopiques selon la méthode de Born.

La dissection reste plus que jamais d'actualité

Des avancées spectaculaires ont été liées et n'auraient pu être sans des études préalables sur sujet anatomique [17]. Encore aujourd'hui la greffe de visage en témoigne ou les progrès dans la formation pour les transplantations avec Simlife®.

Le rapport récent du collège des professeurs d'anatomie [22] montre l'importance de la recherche anatomique à partir du don du corps en France. Il est très clair sur la place primordiale de la dissection : « *Le don du corps est indispensable à la recherche anatomique fondamentale ou clinique, notamment chirurgicale, mais aussi à la mise au point et à la validation de modèles biomécaniques ou utilisés en traitement d'images. Les données obtenues directement à partir du don de corps servent alors de vérité terrain - ne pouvant par définition être simulée - à l'origine de prothèses innovantes ou de méthodes d'imagerie avancées.*

- *Les domaines de recherche sont hétérogènes mais traduisent en fait des compétences et histoires locales qui doivent être préservées et développées pour que l'utilisation de pièces anatomiques devienne un outil de recherche à part entière. Des collaborations entre laboratoires d'anatomie mais aussi avec des structures de recherche non anatomiques doivent de la même façon être encouragées ; de telles collaborations sont à l'origine de cycles vertueux qui donnent accès à des outils qui affinent la recherche anatomique, tout en fournissant des données indispensables à la mise au point des méthodes d'exploration.*
- *La production scientifique issue du don de corps traduit cette hétérogénéité, les articles utilisant le don de corps étant publiés dans des revues anatomiques, médicales ou chirurgicales ou encore relevant des sciences de l'ingénieur ou de l'imagerie. Le rang des revues peut sembler modeste (seulement 42 % des articles sont publiés dans des revues des premier et deuxième quartiles). Pourtant, les articles cliniques, d'imagerie ou de sciences de l'ingénieur utilisant le don du corps sont publiés dans des revues de rang plus élevé (environ 53 % de Q1 et Q2), traduisant une demande de publications anatomiques ou utilisant des pièces anatomiques par les revues non anatomiques. »*

Qu'apporte l'application du numérique à la recherche scientifique en anatomie ?

À partir des données morphologiques, le numérique est un outil qui donne un autre regard plus élargi, plus approfondi, plus précis sur les structures du corps humain, sur l'anatomie appliquée à la clinique ou à l'imagerie répondant à des questions pratiques de la médecine.

La variabilité : les bases de données descriptives des variations sont un domaine majeur en anatomie du fait de la multitude des variations individuelles : « tous pareils, tous différents » est l'une des grandes leçons que nous

apprend chaque jour l'anatomie pour différencier le normal du pathologique [30]. L'Intelligence Artificielle, par ses capacités de mémoire et de traitement des données, peut apporter une aide capitale. Ceci est de plus en plus important au moment de la médecine/radiologie interventionnelle qui nécessite plus que jamais de diagnostiquer ce qui est hors norme et de faire face à l'imprévu.

Le mouvement est appréhendé par l'anatomie fonctionnelle à partir de bases mathématiques. Le champ du 3D s'élargit grâce aux avancées récentes dans le domaine de la « Modélisation expressive » et de l'« IA créative » [31]. La création 3D par Simulation visuelle interactive (modèles manipulables), introduit par gestes (sculpture, copier-coller, dessin...) des modèles 3D « intelligents » (connaissance et apprentissage) qui apprennent et rajoutent. L'apport direct de l'IA « créative » se fait sous la forme d'animation à la simulation. En plus de la démonstration sur le dessin, non pas nécessaire mais obligatoire, l'autre démonstration est temporelle, sur le mouvement. Par libération de la contrainte du dessin 2D, le passage à la sculpture 3D vers l'anatomie fonctionnelle est possible grâce à des modèles mathématiques supports d'une modélisation expressive.

La dissection anatomique informatisée (Computerised anatomical dissection CAD) est devenue un nouvel outil de compréhension du corps humain [32] et peut être couplée à l'immunohistochimie par exemple : grâce au numérique, l'anatomie devient moléculaire. Pour reprendre, en l'adaptant à l'anatomie, ce qu'écrivait Brousset [33] pour l'anatomopathologie, l'anatomie est une discipline majeure de la médecine car elle reste basée sur une expertise longue à obtenir, mais surtout parce qu'elle est perméable à tous les développements des sciences biomédicales et fondamentales, cette interaction étant rendue plus aisée avec le numérique.

L'anatomie génétique fait le lien entre le génome et le morphome. En particulier pour le diagnostic des maladies génétiques, la génétique permet des regroupements de manifestations anatomiques autrefois dispersées en syndrome ou maladie.

Ainsi la double formation, au laboratoire et en compétence clinique, est à la base de la recherche en anatomie. Le « couple anatomiste-chirurgien » n'est pas le seul concerné, car beaucoup de disciplines médicales ont une base anatomique évidente pour certaines comme la médecine interventionnelle (incluant la radiologie) ou l'imagerie médicale diagnostique, mais d'autres réclament leur culture anatomique comme la rhumatologie, la réadaptation fonctionnelle et les spécialités médicales qui font appel à l'anatomie fonctionnelle telles la neurologie ou la psychiatrie. C'est à cela que prépare la formation en anatomie [34].

Conclusions

L'anatomie n'est pas seulement une discipline du programme officiel, elle est une structuration logique de la pensée médicale. Elle est donc indispensable à la formation du médecin. Or, son enseignement est en péril.

Le sujet est de grande actualité au moment où se met en place une réforme des études médicales. La question posée est celle de l'évolution de l'enseignement de l'anatomie compte tenu de sa variabilité selon les facultés. La réforme des cycles des études médicales doit permettre l'acquisition progressive, d'une anatomie générale au cours du premier cycle, intégrée ensuite par organes et s'adaptant in fine à la spécialisation médicale. Elle doit aboutir à un programme national standardisé.

Le numérique apporte de formidables outils complémentaires de la formation par la démonstration avec l'image construite qui reste la particularité de cette discipline morphologique. Leur multiplicité et la grande variabilité de leurs intérêts respectifs appellent une évaluation indépendante pour chacun d'entre eux. Ils doivent toujours assurer une participation active et personnelle de l'étudiant, seule garante de l'acquisition de ses connaissances qui doivent être régulièrement évaluées.

La dissection classique sur le cadavre obtenu par le don du corps à la science, dans le respect éthique qui a toujours été la règle chez les anatomistes est irremplaçable ; les « living dissection » démontrent qu'il faut revenir à l'anatomie de base, souhait exprimé par tous.

RECOMMANDATIONS

L'Académie nationale de médecine recommande :

RECOMMANDATION 1 : Le déclin de l'enseignement de l'anatomie doit cesser.

- sauver l'enseignement de l'anatomie de base, à ce jour en péril et l'organiser pour les futurs professionnels de santé : aucune spécialité médicale ne peut se passer de connaissance anatomique.
- réintroduire un enseignement de l'anatomie dans toutes les années du 2^e cycle et la rendre obligatoire à l'ECN. L'enseignement sera individualisé en évitant lors du contrôle la moyenne de la somme des notes qui gomme l'ignorance dans l'une d'entre elles.
- rendre obligatoire une formation anatomique spécifique selon les spécialités du 3^{ème} cycle, enseignement ciblé comportant un prérequis à vérifier pour entrer dans la spécialité.

RECOMMANDATION 2 : Cet enseignements facilité par la technologique numérique doit être maintenu en premier cycle, réintroduit dans toutes les années du second cycle et devenir obligatoire à l'ECN.

- en fin de 1^{er} cycle, organiser un examen individualisé d'anatomie.
- en fin de 2^e cycle, réaliser un contrôle de l'acquis par un examen d'anatomie préalable à l'ECN sur un module de synthèse anatomoclinique.
- au cours du 3^e cycle, organiser le contrôle du prérequis des connaissances anatomiques jugées nécessaires pour l'accès à certaines spécialités en particulier chirurgicales.

RECOMMANDATION 3 : les moyens d'enseigner doivent bénéficier d'un investissement

- en enseignant monitorat et assistantat AHU, formé au numérique, reconnu par un diplôme, pour encadrer les étudiants de tous les cycles.
- en matériel : coupes anatomiques en premier cycle, plastination-préparation 3D numérique en 2^e cycle, dissection en 3^e cycle.
- dans le cursus, au cours du 2^e cycle, enseigner l'anatomie de manière mixte, grâce au numérique, associant anatomiste (théorique et pratique) et clinicien ; y dispenser les connaissances physiologiques et fonctionnelles. L'enseignement de l'anatomie, par un enseignant du Collège d'anatomie, doit garder la vue d'ensemble qui donne sens au savoir en utilisant tous les moyens numériques.

RECOMMANDATION 4 : La formation apportée par dissection anatomique reste indispensable pour certaines spécialités en enseignement et recherche.

- À l'heure du numérique et en dépit des nombreux moyens d'enseignement mis à la disposition, l'académie rappelle le caractère indispensable et incontournable de la formation grâce à la dissection anatomique, en respectant les règles éthiques.
- Utiliser toutes les techniques numériques pour développer la recherche anatomique avec en particulier la recherche sur les sujets ayant fait don de leur corps à la science.

Remerciements

Remerciements pour leur relecture critique à Francis Michot, Gérard Benoit, Patrick Baqué, Thomas Bessède, Odile Plaisant et aux rapporteurs de l'Académie : Jacques Belghiti et Patrice Tran Ba Huy.

Annexe 1. Personnalités auditionnées

Patrick Baqué, Professeur d'anatomie, Président du Collège médical français des professeurs d'anatomie, Doyen de la faculté de médecine de Nice

Thomas Bessède, Professeur d'anatomie, urologie, AP-HP, Ecole de chirurgie de Paris

Pierre Bonfils, chirurgien ORL, AP-HP, membre de l'ANM
Marie-Paule Cani, Membre de l'Académie des Sciences. Présidente du département d'informatique de l'École Polytechnique. Présidente de la Société Informatique de France
Vincent Delmas, professeur émérite d'anatomie, université de Paris, membre de l'ANM et de l'ANC

Patrice Diot, Doyen de la faculté de médecine de Tours, Président de la Conférence des doyens des facultés de médecine

Olivier Farges, chirurgie digestive, AP-HP, Président des collèges universitaires de chirurgie, membre de l'ANC

Laurent Lantiéri, chirurgie plastique, AP-HP, membre de l'ANC

Jean-Denis Larédo, radiologie, AP-HP, membre de l'ANM et de l'ANC

Martin Luhaire, chirurgie plastique, AP-HP
 Carlos Alberto Mandarim de Lacerda, Département de Biologie, UERJ, Membre associé étranger de l'ANM
 Philippe Marre, Président de l'ANC
 Grégoire Moutel, médecine légale, Caen, référent du CCNE pour les CDC, Séméiologie et anatomie
 Olivier Palombi, Professeur d'anatomie, neurochirurgie, Grenoble, Chargé de mission du numérique pour la Conférence des Doyens de médecine.
 Alexis Régent, médecine interne, AP-HP, responsable de l'enseignement de la séméiologie à l'Université Paris Cité
 Jean-Pierre Richer, Professeur d'anatomie, Directeur de l'École de chirurgie de Poitiers, membre de l'ANC
 Jean Sibilia, Doyen de la Faculté de médecine de Strasbourg, ancien Président de la Conférence des Doyens des Facultés de Médecine
 Luc Soler, société Visible patient, IRCAD, Strasbourg, membre de l'ANC
 Jean Tamraz, neuroradiologie, Université Saint Joseph, Beyrouth, Membre associé étranger de l'ANM
 Jean-Marc Vital, professeur d'anatomie, chirurgie orthopédique, Bordeaux, membre de l'ANM et de l'ANC

Annexe 2. Liste des acronymes

AHU	Assistant Hospitalo-Universitaire
ANC	Académie nationale de chirurgie
ANM	Académie nationale de médecine
AP-HP	Assistance Publique-Hôpitaux de Paris
CDC	Centre du Don du Corps
CCNE	Comité Consultatif National d'Éthique
DFGSM	Diplôme de formation générale en sciences médicales
DES	Diplôme d'Études Spécialisées
DU	Diplôme d'Université
ECN	Examen Classant National
ECTS	European Credit Transfer and Accumulation System
IRCAD	Institut de Recherche contre les Cancres de l'Appareil Digestif
LAS	Licence Accès Santé
MCU	Maitre de Conférence des Universités
MOOC	Massive Open Online Course
PAS	Système d'interrogation, de gestion et d'analyse des publications scientifiques
TA	Terminologia Anatomica

Références

- [1] Cabanis A. L'anatomie, alphabet de la médecine. *Bull Acad Natl Med* 2020;204:1111–20.
- [2] Delmas A. L'enseignement médical. In *Rapport sur les Réformes hospitalo-universitaires discuté à l'Académie de médecine. Le malade au centre de toutes les préoccupations*. *Bull Acad Natl Med* 1986;170:369–72.
- [3] Delmas A. L'anatomie aujourd'hui. *Bull Acad Natl Med* 1990;174:1329–36.
- [4] Drake RL, Lowrie DJ, Prewitt CM. Survey of gross anatomy, microscopic anatomy, neuroscience, and embryology courses in medical school curricula in the United States. *Anat Rec* 2002;269:118–22.
- [5] Drake RL, Mc Bride JM, Lachman N, Pawlina W. Medical education in the anatomical sciences. The winds of change continue to blow. *Anat Sci Edu* 2009;2:253–9.
- [6] Drake RL, Mc Bride JM, Pawlina W. An update on the status of anatomical science education in United States medical schools. *Anat Sci Edu* 2014;7:321–5.
- [7] Mc Bride JM, Drake RL. National survey on anatomical sciences in medical education. *Anat Sci Edu* 2018;11:7–14.
- [8] Fredon F, Boisseau S, Cheyrou E, Hardy J, Durand-Fontanier S, Mabit C, et al. L'enseignement de l'anatomie: approches culturelles et ressenti des étudiants. Une étude internationale *Morphologie* 2021;105:535, <http://dx.doi.org/10.1016/j.morpho.2021.05.051>.
- [9] Uhl JF, Plaisant O, Ami O, Delmas V. La modélisation 3D en morphologie: méthodes, intérêt et résultats. *Morphologie* 2006;90:5–20.
- [10] Pais D, Casal D, Mascarenhas-Lemos L, Barata P, Moxham BJ, Goyri-O'Neill J. Outcomes and satisfaction of two optional cadaveric dissection courses: a 3-year prospective study. *Anat Sci Edu* 2017;10:127–36.
- [11] Arrêté du 22 mars 2011 relatif au régime des études en vue du diplôme de formation générale en sciences médicales. Dernière mise à jour des données de ce texte : 31 décembre 2021 NOR ESR51106857A. *JORF* 2011;0087.
- [12] Foulonneau V, Chantalat E, Prudhomme T, et al. Évaluation des connaissances en anatomie uro-génitale des urologues en formation. *Prog Urol* 2018;18, 11, CO-115.
- [13] Sharma G, Aycart MA, Najjar PA, van Houten T, Smink DS, Askari R, et al. A cadaveric procedural anatomy course enhances operative competence. *J Surg Res* 2016;201:22–8.
- [14] Insull PJ, Kejriwal R, Blyth P. Surgical inclination and anatomy teaching at the university of Auckland. *ANZ J Surg* 2006;76:1056–9.
- [15] Bohl MA, Gest TR. Resident perceptions of anatomy education: a survey of medical school alumni from two different anatomy curricula and multiple medical specialties. *Anat Sci Edu* 2011;4:126–31.
- [16] Sugand K, Abrahams P, Khurana A. The anatomy of anatomy: a review for its modernization. *Anat Sci Educ* 2010;3:83–93.
- [17] Mandressi R. *Le regard de l'anatomiste. Dissections et invention du corps en Occident*. Paris: Le Seuil Ed; 2003.
- [18] Plaisant O, Cabanis EA, Delmas V. Going back to dissection in a medical curriculum: the paradigm of Necker-Enfants Malades. *Surg Radiol Anat* 2004;26:504–11.
- [19] Flack NAMS, Nicholson HD. What do medical students learn from dissection? *Anat Sci Educ* 2018;11:325–35.
- [20] Delmas V. Le don du corps à la science. *Bull Acad Natl Med* 2001;185:849–56.
- [21] Kawashima T, Sakai M, Hiramatsu K, Sato F. Integrated anatomical practice combining cadaver dissection and matched cadaver CT data processing and analysis. *Surg Radiol Anat* 2022;44:335–43.
- [22] Destrieux C, Duparc F. Activités d'enseignement et de recherche des centres de don du corps Français. *Rapport du Collège médical français des professeurs d'anatomie*; 2021.
- [23] Kim SC, Fisher JG, Delman KA, Hinman JM, Srinivasan JK. Cadaver-based simulation increases resident confidence, initial exposure to fundamental techniques, and may augment operative autonomy. *J Surg Educ* 2016;73:e33–41.
- [24] Lovasik BP, Kim SC, Wang VL, Fay KT, Santore MT, Delman KA, et al. A longitudinal cadaver-based simulation curriculum creates sustainable increases in resident confidence and exposure to fundamental techniques: results of a 5-year program evaluation. *Amer J Surg* 2021;222:104–10.
- [25] Smith CF, Mathias HD. What impact does anatomy education have on clinical practice? *Clin Anat* 2011;24:113–9.
- [26] Palombi O, Ulliana F, Favier V, Léon J-C, Rousset M-C. *My Corporis Fabrica: an ontology-based tool for reasoning and*

- querying on complex anatomical models. *J Biomed Semantics* 2014;5:1–13.
- [27] Alasmari WA. Medical students' feedback of applying the virtual dissection table (anatomage) in learning anatomy: a cross-sectional descriptive study. *Adv Med Educ Pract* 2021;12:1303–7.
- [28] Fasel JHD, Aguiar D, Kiss-Bodolay D, Montet X, Kalangos A, Bojan V, et al. Osman Ratib 3Adapting anatomy teaching to surgical trends: a combination of classical dissection, medical imaging, and 3D-printing technologies. *Surg Radiol Anat* 2016;38:361–7.
- [29] Couinaud C. *Le foie, études anatomiques et chirurgicales*. Paris: Masson; 1957.
- [30] Canguilhem G. *Le normal et le pathologique*. Paris: PUF Ed; 2013.
- [31] Palombi O, Cani M-P, Pihuit A. 3D Modeling of branching vessels from anatomical sketches: towards a new interactive teaching of anatomy: Interactive virtual blackboard. *Surg Radiol Anat* 2011;33:631–6.
- [32] Uhl JF, Park JS, Chung MS, Delmas V. Three-dimensional reconstruction of urogenital tract from Visible Korean Human. *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol* 2006;288:893–9.
- [33] Brousset P. Émergence d'une spécialité médicale nouvelle: la pathologie. *Med Sci (Paris)* 2011;27:651–5.
- [34] Moxham BJ, Plaisant O. Quel est le but de l'anatomie dans le cursus médical ? Perception des étudiants de l'importance clinique de l'anatomie. *Morphologie* 2005;89:201–2.