



HAL
open science

Santé numérique et “ cancer hors les murs ”, Big Data et intelligence artificielle

Francois Bertucci, Anne-Gaëlle Le Corroller-Soriano, Audrey Monneur, Sylvain Fluzin, Patrice Viens, Dominique Maraninchi, Anthony Gonçalves

► To cite this version:

Francois Bertucci, Anne-Gaëlle Le Corroller-Soriano, Audrey Monneur, Sylvain Fluzin, Patrice Viens, et al.. Santé numérique et “ cancer hors les murs ”, Big Data et intelligence artificielle. Bulletin du Cancer, 2020, 107 (1), pp.102-112. 10.1016/j.bulcan.2019.07.006 . hal-02505031

HAL Id: hal-02505031

<https://hal.science/hal-02505031v1>

Submitted on 18 May 2021

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.

Santé numérique et « cancer hors les murs », Big Data et intelligence artificielle

E-health and “Cancer outside the hospital walls”, Big Data and artificial intelligence

François BERTUCCI^{1,2}, Anne-Gaëlle LE CORROLLER-SORIANO³,

Audrey MONNEUR¹, Sylvain FLUZIN⁴, Patrice VIENS^{1,2},

Dominique MARANINCHI^{1,2}, Anthony GONCALVES^{1,2},

1) Département d’Oncologie Médicale, Institut Paoli-Calmettes, Marseille, France

2) Centre de Recherche en Cancérologie de Marseille, INSERM U1068-CNRS U7258-Aix-Marseille Université, Marseille, France

3) Aix-Marseille Univ, INSERM UMR912, SESSTIM, Sciences Economiques & Sociales de la Santé & Traitement de l’Information Médicale, Marseille, France

4) Direction du Système d’Information et de l’Organisation, Institut Paoli-Calmettes, Marseille, France

Corresponding author : Pr François BERTUCCI, Oncologie Médicale, Institut Paoli-Calmettes, 232 Bd. Sainte-Marguerite, 13009 Marseille, FRANCE. Tel: 33 (0)4 91 22 35 37. Fax: 33 (0)4 91 22 36 70. Email: bertuccif@ipc.unicancer.fr

Travail présenté en partie au **Débat Public de l’IPC** « Le cancer hors les murs... de l’hôpital » qui s’est tenu le 27 Juin 2016 à l’Institut Paoli-Calmettes et est accessible en vidéo sur www.lesdebatspublicsdelipc.com ou www.institutpaolicalmettes.fr

RESUME

Soigner autrement en Cancérologie est devenu un impératif de Santé Publique et un impératif économique en France. Aujourd'hui, les patients peuvent vivre l'essentiel de leurs soins hors des murs de l'hôpital avec une prise en charge de plus en plus ambulatoire. Ce virage ambulatoire va bénéficier de la révolution numérique et du développement de la santé numérique ou e-santé. La recherche va également en bénéficier avec le *Big Data* et l'intelligence artificielle qui collectent en réseau et analysent une masse de données considérable. Dans cette Synthèse, nous décrivons les différents outils d'e-santé et leurs impacts potentiels en Cancérologie aux niveaux de l'éducation et l'information des patients et soignants, la prévention, le dépistage et le diagnostic, le suivi sous traitement, la surveillance et la recherche. Quelques études randomisées ont déjà démontré le bénéfice clinique. Des gros projets de *Big Data* tels que ConSoRe et Health Data Hub ont été mis en place en France. Nous discutons les enjeux et les limites du «cancer hors les murs et e-santé» du point de vue des patients, des professionnels de la santé, des établissements de santé et des pouvoirs publics. Cette nouvelle organisation devra permettre un accompagnement à distance «hors des murs» assurant soins et suivi de qualité, continus et prolongés en toute sécurité et équité. Les essais cliniques randomisés en cours et futurs devront démontrer de manière définitive les domaines d'intérêt, les avantages et inconvénients non seulement pour les patients, mais également pour les soignants, les établissements de santé et les pouvoirs publics.

Mots-clés : ambulatoire, cancer, e-santé, numérique, télémédecine.

ABSTRACT

To heal otherwise in oncology has become an imperative of Public Health and an economic imperative in France. Patients can therefore receive live most of their care outside of hospital with more ambulatory care. This ambulatory shift will benefit from the digital revolution and the development of digital health or e-health. Cancer research will also benefit with Big Data and artificial intelligence, which gather and analyze a huge amount of data. In this Synthesis, we describe the different e-health tools and their potential impacts in oncology, at the levels of education and information of patients and caregivers, prevention, screening and diagnosis, treatment, follow-up, and research. A few randomized studies have already demonstrated the clinical benefit. Large Big Data projects such as ConSoRe and Health Data Hub have been launched in France. We also discuss the issues and limitations of "cancer outside the hospital walls and e-health" from the point of view of patients, health care professionals, health facilities and government. This new organization will have to provide remote support "outside the walls" with care and follow-up of quality, continuous and prolonged in total safety and equity. Ongoing and future randomized clinical trials will need to definitively demonstrate areas of interest, advantages and drawbacks not only for patients, but also for caregivers, health facilities and governments.

Key words : outpatient, cancer, e-health, digital, telemedecine

INTRODUCTION

En France, le poids du cancer reste lourd, et l'incidence brute augmente en raison du vieillissement de la population. Les traitements ont profondément changé, devenant moins «invasifs», plus précis et plus efficaces. Les patients vivent plus longtemps, avec des traitements de plus en plus durables, et le nombre de patients « guéris » à suivre augmente. Les patients, plus avides d'informations et mieux informés, deviennent de plus en plus impliqués et acteurs dans la décision du traitement et sa réalisation. Leurs exigences et celles des proches se sont accentuées. L'évolution des traitements fait que le médecin et le pharmacien de ville se sentent insuffisamment formés et peu à l'aise face aux patients. Ces évolutions entraînent une saturation des établissements de santé. Les oncologues voient les files actives de patients augmenter ainsi que leurs besoins de formation. Les établissements voient les lits, les blocs opératoires et les appareils de radiothérapie saturés. Soigner autrement est devenu un impératif de santé publique. C'est également un impératif économique en raison des difficultés à financer des dépenses de santé sans cesse croissantes en termes de séjours hospitaliers, de séances hospitalières de traitement, de transports, d'absentéisme professionnel et de baisse de productivité. Développer le traitement ambulatoire est devenu crucial.

L'étude EVOLPEC « Quelle prise en charge des cancers en 2020 au sein des Centres Anti-Cancéreux » réalisée par Unicancer a identifié six évolutions structurantes dans la prise en charge, dont cinq vont dans le sens du « cancer hors les murs » : la chirurgie ambulatoire, la radiothérapie hypofractionnée, le développement des chimiothérapies et thérapies ciblées orales, l'extension de la caractérisation moléculaire des tumeurs, et le développement de la radiologie interventionnelle. La prise en charge des patients dans les centres spécialisés évolue vers une diminution

du nombre et de la durée des séjours hospitaliers avec une succession d'interventions pluridisciplinaires spécialisées, réalisées en ambulatoire à des temps pré-définis (consultations, actes diagnostiques et thérapeutiques). Le rôle de l'hôpital spécialisé devient moins centré sur le séjour hospitalier que sur le pilotage et la coordination de disciplines et technologies au service du parcours de soins, pour permettre un accompagnement à distance, « hors des murs » assurant soins et suivi en toute sécurité et équité. Cela impose le développement de l'éducation thérapeutique de tous, soignés et soignants, un renforcement de la coopération ville-hôpital, et la mise en place de nouveaux outils d'information et de communication.

Parallèlement, la révolution numérique et son adoption massive modifient nos façons de vivre et de nous soigner. Virtualisation, dématérialisation des échanges impactent notre quotidien : il est devenu monnaie courante de rechercher une information sur son smartphone, de faire ses courses à distance, ou de gérer en toute confidentialité ses comptes bancaires. Les sites et applications permettant de se filmer et de poster des informations *via* les réseaux sociaux sont de plus en plus nombreux et performants pour vivre connecté dans de nombreux domaines. Les approches d'intelligence artificielle capables d'analyser de grands jeux de données peuvent non seulement éclairer le médecin sur la stratégie diagnostique ou thérapeutique qui devient de plus en plus personnalisée, mais aussi aider la recherche. Les grands centres hospitaliers s'engagent dans le développement du numérique, du *Big Data* et de l'intelligence artificielle.

Cette complexité croissante dans les soins et dans la recherche avec la masse de données à intégrer va bénéficier de l'apport du numérique et des nouvelles technologies de l'information et de la communication en pleine expansion et de l'intelligence artificielle. Leur rencontre permet d'envisager un futur où le patient, mieux

informé et connecté à ses soignants, ne séjournera presque plus à l'hôpital. Mais, cette perspective génère de nombreuses interrogations. Peut-on imaginer les patients suivre le plus clair de leur traitement en restant chez eux, ou en continuant à travailler «normalement», après un court passage en ambulatoire pour la chirurgie et la radiothérapie? Est-ce souhaitable ? Quelles conséquences sur l'hôpital et sur les métiers de la santé, sur l'économie, sur la vie du patient et ses relations avec les soignants? Le recueil des données de santé par ces outils numériques et leur partage dans la cadre de la recherche soulève de nouvelles questions, notamment réglementaires concernant les droits des individus. Dans cette Synthèse, nous présentons les applications actuelles de la santé numérique ou e-santé en oncologie et discutons les bénéfices potentiels et enjeux pour les patients, les soignants et le système de santé.

LA SANTE NUMERIQUE OU E-SANTE

La technologie principale est internet qui ne cesse d'évoluer. Aujourd'hui, le web 3.0 est celui de la mobilité (smartphones, tablettes), des objets connectés (bracelets, montres...) et des données. L'accès à internet est devenu possible partout, à tout moment, et indépendamment du type de support. L'engouement est majeur. Le nombre d'objets connectés prévus en France d'ici 2020 est de l'ordre de 2 milliards. Ces objets ont investi la sphère de la santé avec actuellement 13% de français équipés d'un objet d'e-santé. L'e-santé est définie comme « l'application des technologies de l'information et de la communication à l'ensemble des activités en rapport avec la santé et la fourniture des soins à distance » [1]. Selon un rapport du Ministère de l'Economie, de l'Industrie et du Numérique [2], elle est considérée comme « une opportunité pour

améliorer l'efficacité de notre système de santé ». Il en existe différentes composantes [3].

La télémédecine utilise la transmission d'informations médicales (photographies, images radiologiques ou microscopiques, vidéo...) en vue de délivrer à distance un avis diagnostique ou thérapeutique, une consultation, voire même un acte chirurgical. Elle abolit les distances entre patients et soignants, et entre centres peu spécialisé et spécialisé [4], permettant d'améliorer la qualité et l'égalité d'accès aux soins dans des zones éloignées et défavorisées, mais aussi la formation des soignants et supprimant les coûts de transport [5]. Le « *e-learning* » représente des services de formation électronique *via* Internet pour soignants et patients, et les « *serious games* » en sont la version ludique interactive : ces supports ont pour objectif d'éduquer sur la maladie et les traitements. Les outils de « *quantified self* » ou « auto-mesure de soi » sont des appareils connectés dits intelligents (bracelets, montres, lunettes, et bientôt vêtements) permettant des mesures sur l'état de santé (pouls, tension artérielle, calories, température, glycémie...) qui sont transmises à l'application mobile pour être envoyées au soignant pour surveillance et prise en charge. Dans l'avenir, ces objets intelligents vont permettre de monitorer en permanence nos constantes de santé reliées à un système d'alertes en cas de résultats anormaux. Une autre composante est la m-santé, qui correspond pour l'OMS à « l'utilisation des communications mobiles (voix et SMS) et des nouvelles technologies dont smartphones et tablettes (applications mobiles, système de localisation, Internet mobile, etc.) dans le domaine de la santé ». L'engouement est exponentiel : fin 2014, 61% des Français avaient accès à un smartphone, et 46% à une tablette. En permanence à portée de l'utilisateur, les smartphones permettent de téléphoner, mais aussi de se connecter à l'information *via* Internet, recevoir et envoyer des emails,

prendre et envoyer des photos et des enregistrements vidéos, noter des rendez-vous, ou recevoir des rappels automatiques. Ils deviennent un véritable outil de santé. En 2015, ~40.000 applications dédiées à la santé étaient disponibles sur les stores d'Apple et de Google. Pour les patients, ces outils permettent d'améliorer l'accompagnement, le suivi et la prise en charge personnalisée. Des applications d'aide à l'observance génèrent des messages automatiques rappelant au patient la prise du médicament ou son rendez-vous [6]. Enfin, le « *Big Data* » est un constituant de l'e-santé qui consiste à utiliser et analyser la masse de données numériques collectées dans des bases de données, les forums, les sites web... afin d'améliorer le système de soins et la recherche [7]. Dans ce domaine, l'intelligence artificielle se développe pour aider le médecin dans le diagnostic (radiologie et anatomopathologie en particulier) et la décision thérapeutique. IBM par exemple a créé en 2011 *Watson*, une plate-forme d'intelligence artificielle spécialisée dans la santé, basée sur de l'apprentissage et des règles d'intelligence artificielle, et conçue pour accompagner la prise de décision. La plate-forme analyse les données du patient en les croisant avec les recommandations de pratiques cliniques et de la littérature, et aide alors le médecin à contextualiser l'information, puis à prendre des décisions individualisées basées sur des faits.

APPORTS POTENTIELS DE L'E-SANTE EN CANCEROLOGIE

Le potentiel de l'e-santé pour améliorer la recherche et les soins en cancérologie, notamment hors les murs, est très vaste et concerne tous les niveaux de prise en charge.

Accès à l'information et éducation

Pour les patients, l'information sur la maladie et le traitement est capitale pour participer à la prise de décision [8] et y adhérer. Les sites web [9], les réseaux sociaux, les forums d'échanges, et récemment les applications pour smartphones permettent un accès immédiat à une information illimitée. Ces outils améliorent la qualité de vie des patients. Un essai randomisé récent a montré que l'éducation des patients basée sur applications et messages textos sur la chirurgie micrographique de Mohs diminuait leur anxiété pré-opératoire [10]. Ces outils connectés permettent également au patient de mieux gérer au quotidien sa maladie : calendrier des rendez-vous, questions à poser, résultats d'examens.

Cet accès facilité à l'information aide aussi l'oncologue dans sa pratique quotidienne : accès aux dernières avancées, aux référentiels thérapeutiques, aux algorithmes décisionnels, aux listes de médicaments et leur toxicité... [11]. Une étude pilote a ainsi montré le potentiel des applications smartphone pour améliorer la connaissance du dépistage du cancer colorectal chez des internes en médecine [12].

Prévention

Des sites Web informent l'individu sur les facteurs de risque, l'aident à modifier son exposition. Les applications sur smartphones délivrent information et conseils à l'utilisateur partout, à tout moment, de manière proactive, discrète, et répétée : elles attirent l'attention de l'utilisateur et l'incitent à répondre en urgence de manière adaptée au contexte présent. Pour les cancers cutanés, un essai randomisé a évalué chez 604 adultes une application mobile fournissant des conseils de protection solaire personnalisés en temps réel (pratiques de protection, risque de coups de soleil) et des alertes (appliquer ou réappliquer un écran solaire, s'extraire de l'exposition) en fonction de l'indice UV réel, de l'heure et du lieu [13]. Les individus dans le groupe expérimental

amélioreraient leur protection solaire, passant plus de temps à l'ombre et moins de temps au soleil que les individus contrôles. En Australie, la campagne «SunSmart» est devenue numérique, avec le développement par le *Cancer Council Victoria* de l'application gratuite «SunSmart», qui rend le message de prévention plus personnalisé et plus accessible que les campagnes précédentes basées sur les médias. Dans un essai clinique randomisé incluant 5.800 fumeurs désirant s'arrêter de fumer, le taux d'abstinence tabagique biochimiquement vérifiée à 6 mois était deux fois plus grand dans le groupe expérimental qui recevait sur son mobile de façon régulière des messages textes motivants que dans le groupe contrôle qui recevait des messages textes hors sujet [14]. Des applications pour la prévention du cancer du sein [15] ou l'aide au sevrage alcoolique [16] sont en développement.

Dépistage et diagnostic

Le numérique peut faciliter le dépistage [17]. Par exemple, des programmes dédiés au cancer du col de l'utérus ont été mis en place dans les pays peu développés. En Tanzanie, des infirmières équipées de téléphones mobiles et présentes dans les régions les plus éloignées du pays prennent des photos des cols des patientes, puis les envoient par MMS à des médecins dans un centre spécialisé. Ceux-ci adressent en retour par message à l'infirmière la conduite à tenir. *Connected2Care* est un essai multicentrique randomisé lancé en Tanzanie [18]: 700 femmes positives au virus HPV à risque seront assignées par randomisation au groupe d'intervention SMS basé sur un téléphone mobile ou au groupe contrôle (soins standard). Sur une période de 10 mois, le groupe d'intervention recevra 15 SMS éducatifs et des rappels SMS pour leur rendez-vous. L'objectif principal est le taux de participation au suivi. Le procédé permet d'améliorer la prévention tout en évitant aux populations éloignées de parcourir de

longues distances pour être examinées. Un programme similaire de télécolposcopie a été mis en place sur huit sites éloignés dans l'Arkansas [19].

Le diagnostic peut bénéficier de la santé numérique par un examen clinique à distance, comme récemment rapporté pour la détection non invasive de l'anémie à l'aide de photos prises par les patients [20]. Des applications mobiles ont été développées en dermatologie pour le diagnostic des cancers cutanés [21] à partir de photographies des lésions sur smartphones suivies d'analyses des images par des logiciels [22] ou par un dermatologue dédié à qui les images sont transférées *via* Internet. Afin de faire le lien entre les patients et les médecins aux États-Unis, Google vient de lancer une fonctionnalité « *Symptom Search* » pour affiner les recherches faites sur les symptômes. Les internautes reçoivent des indications sur la maladie associée et des suggestions d'automédication,... en précisant qu'elles sont à titre indicatif et ne doivent en aucun cas se substituer aux conseils d'un professionnel de santé. Concernant le diagnostic histologique, il est possible de capturer et de transférer rapidement des photographies d'excellente qualité de lames de cytologie sur smartphones avec un taux de concordance intra-observateur élevé (84,3%) entre les diagnostics microscopiques directement sur lame et les diagnostics sur images du smartphone [23]. Des analyses moléculaires sur smartphone sont également en cours de développement [24,25].

Suivi sous traitement

Le numérique est un atout majeur pour faciliter le traitement « hors les murs » car il diminue les risques de mauvaise compliance et toxicité et pour faciliter le retour précoce à domicile. La faible compliance au traitement oral, tel que l'hormonothérapie dans le cancer du sein, conduit à une perte d'efficacité [26]. Des applications d'aide à

l'observance existent [27] pour envoyer quotidiennement et automatiquement des messages au patient afin de le motiver et lui rappeler la prise du médicament [28]. Des essais cliniques sont en cours pour l'hormonothérapie dans le cancer du sein [29,30].

La toxicité des traitements altère la qualité de vie du patient et peut devenir fatale si détectée trop tardivement. Pourtant, les patients sont plutôt réticents à rapporter les effets secondaires à leur médecin [31] et les rapporter *a posteriori*, de façon différée, tend à diminuer leur sévérité réelle [32]. Permettre de rapporter immédiatement la toxicité pour mieux la gérer est crucial et cela peut bénéficier des technologies de l'e-santé. Un essai randomisé a suggéré la faisabilité et le potentiel des jeux éducatifs sur smartphone par rapport à l'éducation classique pour les patientes en cours de chimiothérapie pour un cancer du sein : amélioration de l'éducation des patients et de la compliance au traitement, diminution des effets secondaires et amélioration de la qualité de vie [33]. Le patient peut aussi auto-évaluer quotidiennement ses effets secondaires et ses constantes vitales, puis les soumettre sur son smartphone à un professionnel de santé *via* une connexion sécurisée [34]. En cas de symptômes modérés ou sévères, une alerte prévient l'infirmière qui contacte le patient. La faisabilité de cette approche (en anglais *patients-reported outcomes, PROs*) est démontrée. Les patients la trouvent simple et facile à utiliser, et utile. Ils se sentent rassurés de voir leur santé suivie avec la possibilité d'obtenir une réponse rapide à leur problème [35,36]. L'approche est maintenant fréquemment incluse dans les essais cliniques et le *NCI* américain a développé une version « PROs » de la classification des effets secondaires (*Common Terminology Criteria for Adverse Events: PRO-CTCAE*) qui est en évaluation, notamment par la *FDA* [37]. Un essai randomisé [38] a comparé la surveillance hebdomadaire des symptômes à l'aide des tablettes PRO au suivi habituel réalisé à la discrétion du médecin chez 766 patients

atteints de tumeurs solides avancées et traités par chimiothérapie ambulatoire. Douze symptômes fréquents étaient spécifiquement surveillés et des alertes e-mail étaient envoyées aux infirmières en cas d'aggravation ou de signes cliniques sévères. L'évolution de la qualité de vie à 6 mois, critère d'évaluation principal, était nettement en faveur du groupe expérimental (PROs), avec plus d'amélioration (34% contre 18%) et moins d'aggravation (38% contre 53%). Le nombre d'hospitalisations était significativement inférieur (<7%) dans le groupe expérimental, et il y avait une tendance vers une meilleure survie globale.

Les applications permettent d'améliorer les résultats post-opératoires et faciliter une sortie plus rapide de l'hôpital. Un essai contrôlé randomisé a évalué l'utilisation en post-opératoire d'une application permettant une surveillance des symptômes en temps réel chez les patients ayant subi une salpingo-ovariectomie pour suspicion de cancer gynécologique [39] : faisabilité, acceptabilité et avantages potentiels ont été démontrés.

Suivi post-thérapeutique

Les consultations de suivi post-thérapeutique ont pour but non seulement de détecter une rechute et prendre en charge d'éventuelles séquelles thérapeutiques, mais aussi d'identifier et gérer d'éventuels problèmes psychologiques, sociaux et professionnels du patient et ses proches en relation avec la maladie. Dans ce domaine, les patients ont plus confiance en leur oncologue. Mais pour celui-ci, les durées de consultation à l'hôpital ne sont plus adaptées à cette prise en charge globale, d'autant que leur nombre ne cesse d'augmenter sans augmentation des ressources humaines [40]. L'accès à ces consultations hospitalières peut être problématique pour des personnes vivant loin ou ne pouvant se déplacer, et cela pourrait expliquer le moins

bon pronostic de cancers en zone rurale ou dans les milieux défavorisés [41]. L'e-santé permet la réalisation de consultations virtuelles avec l'oncologue : *Skype* est la méthode la plus utilisée actuellement et la majorité des études ont montré la satisfaction des utilisateurs et le bénéfice apporté [42]. Une grande étude prospective est en cours en Grande-Bretagne pour évaluer ces consultations [43].

Au-delà de l'intérêt pratique pour le patient, le suivi numérique pourrait améliorer la survie. Malgré un suivi à intervalles réguliers de 4, 6 ou 12 mois, les rechutes ont souvent lieu en dehors d'une visite programmée. Une étude Française illustre comment le suivi des patients atteints de cancer du poumon peut être amélioré grâce à une application mobile [44]. Les auteurs avaient d'abord conçu une application de suivi électronique (e-FAP) fournissant un calendrier individualisé d'imagerie basé sur l'auto-évaluation des symptômes par le patient. Deux études prospectives avaient montré la fiabilité de l'e-FAP mais aussi le fait que les rechutes étaient détectées en moyenne cinq semaines plus tôt qu'avec l'imagerie programmée classique [45,46]. Enfin, une étude pilote avait suggéré un meilleur taux de survie à un an dans le bras e-FAP que dans un bras témoin historique [47]. Cette étude récente, prospective, randomisée, multicentrique [44] concernait des patients présentant un cancer du poumon de stade III/IV et venant d'achever leur traitement (chirurgie, radiothérapie et/ou chimiothérapie) : elle comparait la survie globale de deux groupes de patients, un groupe contrôle qui recevait un suivi dit standard (rendez-vous réguliers avec l'oncologue et scanners, tous les 3-6 mois ou plus selon l'investigateur) et un groupe expérimental qui avait moins de scanners systématiques et qui utilisait chaque semaine l'application mobile « *Moovcare* » et notifiait, *via* son ordinateur, une tablette ou un smartphone, le statut de 12 symptômes (fatigue, toux, dyspnée, douleur, perte d'appétit, fièvre...) évocateurs d'une rechute. Ce rapport était transmis à l'oncologue.

Un algorithme générait alors un score de rechute basé sur l'association et l'évolution des symptômes ; au-dessus d'un certain seuil, ce score déclenchait une alerte email auprès de l'oncologue qui avançait alors la date du scanner. L'étude a été stoppée prématurément après l'analyse intermédiaire des 121 premiers patients en raison de résultats très positifs, avec une médiane de survie de 19 mois dans le groupe expérimental contre 12 dans le groupe contrôle. Le taux de rechute était similaire dans les deux groupes (51 *versus* 49%), mais l'état général au moment de la rechute était meilleur dans le groupe expérimental, permettant à plus de patients (74 *versus* 33%) de recevoir un traitement optimal. La qualité de vie était également meilleure et le nombre moyen de scanners réalisés par patient et par an était moindre.

Les technologies d'e-santé peuvent améliorer la qualité de la survie. Elles favorisent le bien-être émotionnel des patientes atteintes d'un cancer du sein dans les trois mois suivant le diagnostic [48]. L'essai randomisé japonais *SMILE (SMartphone Intervention to LEssen fear of cancer recurrence)* [49] évalue le potentiel d'une intervention par smartphone pour diminuer la crainte de la rechute après traitement d'un cancer du sein. La faisabilité, la validité et la fiabilité du smartphone pour mesurer l'activité et la forme physiques chez des patients atteints de cancer ont été démontrées [50]. Cette approche est bien acceptée par les patients [51] et entraîne une amélioration de l'activité physique et des effets secondaires du traitement, même en cours de chimiothérapie [52]. Une application mobile (OncoFood) qui évalue les comportements alimentaires chez des patients cancéreux a été testée dans une étude pilote [53]: le groupe d'application a pris beaucoup plus de poids que le groupe témoin et la masse musculaire a augmenté.

Recherche

La collecte et le partage des données de santé grâce aux outils de communication et les approches d'intelligence artificielle sont de nouveaux atouts majeurs pour la recherche. Les analyses moléculaires à haut débit réalisées durant ces dernières années ont révélé l'importante hétérogénéité des cancers, qui s'apparentent chacun de plus en plus à des maladies rares. Ainsi, quand on a le profil moléculaire d'une tumeur, on ne dispose pas toujours d'un nombre de cas suffisant pour initier un essai thérapeutique ou un projet de recherche de transfert. D'où la nécessité d'étendre la collecte de données à plusieurs hôpitaux et de disposer de données standardisées. L'interopérabilité des données est cruciale et est au cœur du projet OSIRIS financé par l'Institut National du Cancer. La collecte et le partage des données se mettent actuellement en place dans le cadre de réseaux, *via* Unicancer ou *via* des Groupements Hospitaliers de Territoire. Par exemple, les Centres de Lutte Contre le Cancer (CLCC) *via* Unicancer sont équipés de nombreuses applications pour rester «connectés» au patient et collecter leurs données, et de nouveaux outils, comme l'application PREMACO («PREparer MA COnsultation»), vont être mis en place. L'outil ConSoRe, pour Continuum soins-recherche, se met progressivement en place dans les CLCC : il s'agit d'un moteur de recherche pour le *Big Data*, capable de retrouver des informations disséminées dans le texte de centaines de milliers de dossiers des patients des CLCC. Pour chaque Centre participant, ConSoRe rassemble des données structurées et non structurées depuis 2004 notamment sur les traitements, les examens, la caractérisation des tumeurs et la démographie des patients. Celles-ci sont issues des dossiers patients y compris les comptes-rendus d'examens et les courriers, des actes codés dans le PMSI, des fiches de description standardisée des tumeurs, du dossier pharmaceutique pour les traitements systémiques, et des informations des Centres de Ressources Biologiques

(disponibilité d'échantillons). Ces sources devraient être prochainement enrichies avec les informations des métiers de la radiothérapie, les analyses biologiques, et les données d'imagerie. ConSoRe exploite uniquement des documents existants et ne requiert aucun travail de codage supplémentaire aux Centres qui l'utilisent. Les soignants et chercheurs des CLCC peuvent ainsi désormais évaluer rapidement et simplement la faisabilité d'un programme d'essai thérapeutique en interrogeant les données de l'ensemble des applications et entrepôts du système informatique grâce à cet outil de recherche sémantique. Les recherches portent sur plusieurs dizaines millions de documents, avec la possibilité d'étendre l'interrogation de façon synchrone vers d'autres CLCC. Des cohortes de patients peuvent ainsi facilement être constituées sur plusieurs centres *via* des recherches locales ou fédérées.

L'intelligence artificielle pour aider la décision diagnostique et thérapeutique va ensuite analyser ces données. Il s'agit d'un domaine en plein développement, que nous n'approfondirons pas ici par manque de place. Une revue récente dresse un état des lieux prometteur de cette approche en oncologie [54]. Le gouvernement a récemment annoncé sa volonté de faire de la France un leader en matière d'intelligence artificielle, en s'appuyant en particulier sur le secteur de la santé, qui dispose de grandes bases de données. Il a été alloué un budget de 1,5 milliard d'euros à ce projet, qui va servir notamment à la création du «*Health Data Hub*», laboratoire d'exploration des données de santé. Depuis la création du Système National des Données de Santé (SNDS), la France dispose de la base de données médico-administrative la plus importante d'Europe. Il s'agit d'un ingrédient indispensable sans lequel les meilleurs algorithmes mathématiques tournent dans le vide. La première mission du «*Health Data Hub*» sera de «favoriser la mise en œuvre de l'élargissement du SNDS aux données cliniques. [...] dans le respect des droits des individus garantis

par le RGPD et la législation française ». Il est prévu à terme que les données cliniques de tous les hôpitaux migrent vers cet entrepôt de données. La volonté est un partage des données exhaustives, de façon gratuite, basé sur le principe fondateur que « les données de santé financées par la solidarité nationale constituent un patrimoine commun. Ces données doivent donc être mises pleinement au service du plus grand nombre dans le respect de l'éthique et des droits fondamentaux de nos concitoyens ».

ENJEUX ET LIMITES

Les enjeux pour les consommateurs sont multiples, humains, organisationnels, et économiques. Mais, en parallèle, plusieurs questions et craintes existent [1].

Pour les patients

L'enjeu majeur est l'amélioration de leur autonomie et leur qualité de vie. Leur satisfaction pour la prise en charge ambulatoire est élevée que ce soit pour la chirurgie [55], la chimiothérapie en hôpital de jour [56], ou à domicile et en hôpital de jour dans l'étude randomisée *OUTREACH* [57]. La consultation et la prise de traitement chez soi ou au travail offrent confort, gain de temps en évitant transport et salles d'attente parfois angoissantes, renforcement de la responsabilité et du rôle d'acteur du patient, relative dédramatisation du traitement, sentiment de relation plus égalitaire avec le soignant, accès facilité aux soins. Les outils numériques permettent de recourir plus facilement et rapidement à des soignants capables de réagir ou les orienter, mais aussi les informer, les accompagner et les éduquer. Plusieurs études ont montré des taux élevés de satisfaction des patients envers le numérique en cancérologie [58]. L'accès à l'information est facilité, immédiat et illimité avec possibilités de partage du vécu avec d'autres patients, voire de deuxième avis.

Mais, l'évaluation des applications mobiles est cruciale [59,60] car elles ne sont pas toujours sans danger pour les patients, notamment les applications diagnostiques, comme celles utilisées pour le mélanome [61]. En effet, plusieurs études ont détecté dans un fort pourcentage de cas un manque de validité scientifique et/ou l'absence de mise à jour des informations, et la non-implication des professionnels médicaux dans leur élaboration [62,63]. Il est crucial que les sociétés savantes participent à la mise au pont de ces applications [64], et surtout qu'une régulation soit assurée par les autorités de santé (*FDA, European Medical Agency*) pour celles affichant un objectif de conseil médical.

Concernant l'envoi et la réception d'images de patients avec un smartphone, les pratiques actuelles ne permettent pas de respecter les obligations professionnelles et légales, et accroissent la vulnérabilité des praticiens aux procédures civiles et disciplinaires. Une meilleure formation, des règles d'utilisation réalistes et des ressources logicielles adéquates sont essentielles pour assurer la protection des patients et des praticiens [65].

Les questions portent aussi sur les risques d'isolement moral des patients, de relations patient-médecin virtuelles moins humaines, et de banalisation excessive du traitement entraînant défauts d'observance et/ou toxicité. Mais, le numérique peut aussi diminuer l'isolement social du patient. Certes, la capacité à engendrer un climat de confiance est plus difficile à distance qu'en face-à-face, et la qualité de l'examen médical physique à distance est inférieure à la qualité d'un examen direct. Cette barrière de l'examen physique, lorsqu'il est indispensable, peut être facilement levée par l'examen réalisé par un autre médecin sur place. D'autre part, les bases d'une relation soignant-soigné sont non seulement le dialogue et l'écoute, qui n'ont pas de raison d'être altérés par ces outils, mais aussi la disponibilité, qui elle peut se voir

renforcée. Un outil comme *Skype* peut permettre au patient de parler plus facilement, plus en confiance chez lui que s'il était à l'hôpital, parfois vécu comme plus hostile. Il peut également augmenter le sentiment de confiance envers le médecin dont l'intrusion dans la vie privée au domicile peut être source d'intimité et de complicité [66].

La fracture numérique est une autre limite de l'e-santé, liée à la difficulté d'accès à Internet pour une partie de la population (personnes âgées, précarité sociale, étrangers, faible niveau éducatif, situations géographiques). Aux États-Unis, les raisons de cette fracture numérique sont analysées [67] afin de pouvoir lutter contre [1,68].

Pour les professionnels de santé

Pour les soignants (médecins, pharmaciens, infirmières), la prise en charge « hors les murs » et les outils numériques permettent une meilleure utilisation du temps médical ou paramédical, une aide à la formation personnelle, à l'éducation des patients, et à la décision médicale, un accès facilité à des ressources de travail, une facilitation d'échanges avec les patients et entre soignants. Cette transformation crée de nouveaux métiers dans les secteurs médical et social tels que celui d'infirmier coordinateur chargé du suivi et de la coordination des soins entre secteurs hospitalier et extra-hospitalier. Concernant les oncologues hospitaliers, le mode de travail va nécessairement changer, avec la cessation de certaines fonctions et un recours plus fréquent au numérique. Mais des études ont déjà rapporté leur satisfaction envers les consultations de téléoncologie [58] ou la chimiothérapie supervisée à distance [69].

Même si le bénéfice des soins à domicile pour les patients est admis, l'utilisation des outils d'e-santé destinés aux soignants (professionnels de la santé) et aux aidants

(membres de la famille, amis proches...) reste mal définie [70]. Pourtant, leur rôle est capital. Les efforts consentis pour prendre soin de leur proche ont des impacts physiques et psychologiques considérables, notamment en cas de patients cancéreux [71]. Les soignants ont besoin d'informations pour gérer les symptômes de leurs patients et améliorer leurs connaissances afin de faire face à leur peur de l'inadéquation. Dans ce contexte, les outils d'e-santé sont en mesure de répondre à ces besoins non satisfaits de formation et d'interaction directe avec les professionnels de la santé [72]. Une revue [70] concernant l'utilisation des outils d'e-santé pour les aidants en oncologie a montré une amélioration significative sur certains aspects, mais a également conclu que nous sommes dans une phase exploratoire et que des améliorations sont nécessaires.

Pour les établissements de santé

L'enjeu majeur est une meilleure efficacité des ressources humaines et matérielles : meilleure utilisation du temps médical et des appareils, aide à la prescription, aide à la gestion des rendez-vous, partage du dossier patient. Pour les structures hospitalières, publiques ou privées, il s'agit d'innover dans leurs missions de coordination des soins et d'accompagnement des patients. Cette organisation complexe fortement basée sur les nouveaux outils numériques (portails médicaux, messageries sécurisées, réseaux sociaux, visiophonie, applications mobiles, objets connectés) implique un nouveau mode d'organisation fondé sur une coordination efficace de tous les acteurs ville-hôpital afin d'assurer d'une manière plus efficace et systématique un continuum de prise en charge des patients en dehors de l'hôpital. L'ancrage fort sur le «soin» devrait diminuer au profit de la prévention, de l'accompagnement et de l'information. La décentralisation de certains actes de soins

permettra à l'hôpital de recentrer son activité intra-muros à des actes non transférables à ce jour. Le traitement massif des données dans l'approche *Big Data* va favoriser le développement de la médecine personnalisée dont on espère des traitements plus adaptés et une réduction de la consommation des ressources grâce au ciblage thérapeutique. Le recours au système de santé sera plus personnalisé, donc moins susceptible de surconsommation inutile. Ce transfert de soins pourrait également être viable pour les petites institutions (et même les associations de médecins généralistes) grâce à l'utilisation croissante de solutions basées sur le *cloud*.

Pour les pouvoirs publics

Le développement de l'ambulatoire présente d'énormes enjeux économiques et sociaux, même s'il existe aujourd'hui peu de données sur le coût de la prise en charge ambulatoire. Mais, de nombreuses questions demeurent, notamment avec l'arrivée du numérique : est-ce bon pour les dépenses de santé ou simplement une dépense reportée de l'hôpital sur d'autres (médecins de ville, proches...) ? Est-ce viable pour l'hôpital ? Les ressources pourront-elles être affectées à ces nouveaux métiers et modes de travail ? Comment les prix vont-ils être déterminés et sur quelle base de remboursement : tarif ou forfait ? Dans ce contexte, la tarification joue un rôle majeur dans les incitations ou contre-incitations des établissements hospitaliers à promouvoir le développement de l'ambulatoire. L'évolution de la tarification de la chirurgie ambulatoire en France illustre cette volonté. A partir de 2003, le mode de financement par la tarification à l'activité (T2A) devient incitatif. À cela, s'ajoute dès 2004 une incitation par les tarifs en rémunérant selon un tarif identique certains gestes sans nuitée et ces mêmes gestes avec une nuitée. Jusqu'au 1^{er} mars 2014, les tarifs de remboursement pour une «mastectomie subtotale pour tumeur maligne de niveau 1»

étaient de 1362.91 € pour zéro nuit, 2038.36 € pour une nuit, et 2713.81 € pour deux nuits et plus. Le rapport coût de productivité/remboursement semblait pour beaucoup de directions financières en faveur de deux nuits.... Depuis le 1^{er} mars 2014, le tarif devient unique (2353.70 €) qu'il y ait zéro, une ou deux nuits et plus. Cela sera probablement déterminant pour que les établissements encouragent le développement de l'ambulatoire dans leurs structures. Concernant la radiothérapie, la tarification classique par séances pénalise le recours à la radiothérapie hypofractionnée qui engendre moins d'actes, tout en nécessitant pourtant une préparation plus longue et plus de ressources. L'hôpital est donc moins remboursé pour la radiothérapie hypofractionnée, alors même que chaque séance lui coûte plus cher. Une évolution vers la forfaitisation pourrait lever ce frein.

Au-delà de la question de la tarification, le coût de la prise en charge ambulatoire du cancer doit être analysé en fonction du point de vue selon lequel on se place : hôpital, assurance maladie, collectivité. Du point de vue de l'hôpital, ce sont les ressources mobilisées par l'établissement pour la prise en charge d'un patient qui sont à prendre en compte. L'Etude Nationale des Coûts (ENC) mesure le coût complet d'une prise en charge ainsi que les principaux postes qui composent ce coût: soins réalisés au lit du malade, actes techniques (blocs opératoires, imagerie,...), médicaments, fonctionnement transversal de l'hôpital... La prise en charge ambulatoire permet de diminuer les ressources directement nécessaires à la prise en charge des patientes du point de vue de l'hôpital dans le cas de la chirurgie pour cancer du sein par exemple. Rappelons que pour que l'hôpital soit incité à développer cette prise en charge ambulatoire, il faut que l'écart entre ces coûts de mise en place et le remboursement de l'Assurance maladie soit au moins aussi avantageux qu'en hospitalisation complète [73]. L'Assurance Maladie a «tout intérêt» à favoriser le

développement de la prise en charge ambulatoire puisque les tarifs de remboursement en France sont basés (en partie) sur l'observation des coûts de production des établissements hospitaliers *via* l'ENC. Ils sont donc réévalués périodiquement. Du point de vue de la collectivité, l'avantage économique des prises en charge ambulatoires reste à démontrer, et n'a fait pour l'instant l'objet d'aucun travail. C'est pourtant dans cette optique que la notion de transfert de charges est d'une importance majeure. Certaines prises en charge ambulatoires nécessitent la présence d'un accompagnant ou aidant au domicile. Cette mobilisation de l'accompagnant induit le coût de son temps qui n'est pas pris en compte. D'autant plus qu'aucun système de compensation financière n'existe pour les accompagnants. Ainsi, on peut légitimement se demander si la prise en charge ambulatoire ne consiste pas à transférer des coûts auparavant pris en charge par l'hôpital sur d'autres acteurs (proches, médecine de ville). Seule une évaluation économique menée du point de vue de la collectivité et incluant l'ensemble des ressources nécessaires à la mise en place des traitements ambulatoires (ressources médicales, mais aussi temps de l'accompagnant, transport, hébergement, etc) permettrait de répondre à la question de son avantage économique pour la collectivité, qu'il faudrait par ailleurs rapporter à son efficacité en y incluant la qualité de vie des patients. L'étude observationnelle française OPTISOINS01, prospective, multicentrique, vise à évaluer le parcours de soins de 1000 patientes atteintes de cancer du sein de bon pronostic [74] apportera certainement des informations très utiles.

Les coûts des programmes de télémédecine à domicile varient considérablement en fonction des composantes du programme, du type de maladie, du matériel utilisé et des services fournis [75]. Les études sélectionnées ont montré que ces programmes de télémédecine à domicile réduisaient les coûts des soins,

même si les données détaillées sur les coûts étaient soit incomplètes, soit non détaillées. Une analyse complète du coût des programmes de télémédecine à domicile et de leurs déterminants est nécessaire afin de mieux comprendre leur rentabilité, et pouvoir définir ensuite les modalités de remboursement et d'utilisation. Concernant plus spécifiquement la téléoncologie, peu d'études coût-efficacité sont disponibles. Deux études, américaine et australienne, concernant des soins dans des centres ruraux très à distance des centres de référence ont montré des économies de coût pour les systèmes de santé. A Kansas, le coût de la consultation en télémédecine diminuait de 50% en 15 ans au fur et à mesure de son utilisation croissante [76]. L'étude australienne montrait des économies importantes en raison de la réduction des voyages et frais d'hébergement pour les patients et leurs accompagnants [77].

CONCLUSION

Cette (r)évolution qui permet au patient de sortir de plus en plus du cadre de l'hôpital va s'accélérer grâce aux nouveaux outils numériques. L'enjeu est majeur pour augmenter l'accès aux soins et gommer les éventuelles inégalités d'accès. Ce développement va obliger à modifier les rôles des professionnels de la santé et avant tout à informer, éduquer et accompagner les patients. Acteurs hospitaliers et extra-hospitaliers devront plus que jamais apprendre à travailler en réseaux coordonnés et rapidement s'adapter et capitaliser sur ces évolutions pour mieux répondre aux nouveaux usages des patients, toujours plus avides d'information, de qualité et de personnalisation. Une évaluation scientifique dans le cadre d'essais randomisés devra être mise en place pour en évaluer le vécu et l'intérêt au niveau des patients, mais aussi des professionnels de la santé et de la collectivité.

REMERCIEMENTS

Notre travail est soutenu par Institut Paoli-Calmettes, l'Inserm et le SIRIC PACA. Les débats publics de l'IPC bénéficient du patronage et du soutien d'Aix-Marseille Université, l'Institut National du Cancer, le Cancéropôle PACA et l'Institut Paoli-Calmettes.

REFERENCES

- [1] Dorsey ER, Topol EJ. State of Telehealth. N Engl J Med 2016;375(2):154-61.
- [2] http://www.entreprisesgouv.fr/files/files/directions_services/etudes-et-statistiques/prospective/Numerique/2016-02-Pipame-e-santepdfref Pipame: E-santé : faire émerger l'offre française en répondant aux besoins présents et futurs des acteurs de santé. 2016.
- [3] Brouard B, Bardo P, Vignot M, Bonnet C, Vignot S. [eHealth and mHealth: current developments in 2014 and perspectives in oncology]. Bull Cancer 2014;101(10):940-50.
- [4] Hazin R, Qaddoumi I. Teleoncology: current and future applications for improving cancer care globally. Lancet Oncol 2010;11(2):204-10.
- [5] Daniel H, Sulmasy LS, Health, Public Policy Committee of the American College of P. Policy recommendations to guide the use of telemedicine in primary care settings: an American College of Physicians position paper. Ann Intern Med 2015;163(10):787-9.
- [6] Fairhurst K, Sheikh A. Texting appointment reminders to repeated non-attenders in primary care: randomised controlled study. Qual Saf Health Care 2008;17(5):373-6.

- [7] Berger ML, Curtis MD, Smith G, Harnett J, Abernethy AP. Opportunities and challenges in leveraging electronic health record data in oncology. *Future Oncol* 2016;12(10):1261-74.
- [8] Protiere C, Viens P, Genre D, Cowen D, Camerlo J, Gravis G et al. Patient participation in medical decision-making: a French study in adjuvant radio-chemotherapy for early breast cancer. *Ann Oncol* 2000;11(1):39-45.
- [9] Cluzeau T, Mounier N. [Patients and the Web]. *Bull Cancer* 2010;97(10):1133-6.
- [10] Hawkins SD, Koch SB, Williford PM, Feldman SR, Pearce DJ. Web App- and Text Message-Based Patient Education in Mohs Micrographic Surgery-A Randomized Controlled Trial. *Dermatol Surg* 2018;44(7):924-32.
- [11] Rozati H, Shah SP, Shah N. Smartphone Applications for the Clinical Oncologist in UK Practice. *J Cancer Educ* 2015;30(2):367-73.
- [12] Khan Z, Darr U, Khan MA, Nawras M, Khalil B, Abdel-Aziz Y et al. Improving Internal Medicine Residents' Colorectal Cancer Screening Knowledge Using a Smartphone App: Pilot Study. *JMIR Med Educ* 2018;4(1):e10.
- [13] Buller DB, Berwick M, Lantz K, Buller MK, Shane J, Kane I et al. Smartphone mobile application delivering personalized, real-time sun protection advice: a randomized clinical trial. *JAMA Dermatol* 2015;151(5):497-504.
- [14] Free C, Knight R, Robertson S, Whittaker R, Edwards P, Zhou W et al. Smoking cessation support delivered via mobile phone text messaging (txt2stop): a single-blind, randomised trial. *Lancet* 2011;378(9785):49-55.
- [15] Coughlin SS, Thind H, Liu B, Wilson LC. Towards research-tested smartphone applications for preventing breast cancer. *Mhealth* 2016;2:26.

- [16] Garnett C, Crane D, Michie S, West R, Brown J. Evaluating the effectiveness of a smartphone app to reduce excessive alcohol consumption: protocol for a factorial randomised control trial. *BMC Public Health* 2016;16:536.
- [17] Uy C, Lopez J, Trinh-Shevrin C, Kwon SC, Sherman SE, Liang PS. Text Messaging Interventions on Cancer Screening Rates: A Systematic Review. *J Med Internet Res* 2017;19(8):e296.
- [18] Linde DS, Andersen MS, Mwaiselage JD, Manongi R, Kjaer SK, Rasch V. Text messages to increase attendance to follow-up cervical cancer screening appointments among HPV-positive Tanzanian women (Connected2Care): study protocol for a randomised controlled trial. *Trials* 2017;18(1):555.
- [19] Hitt WC, Low GM, Lynch CE, Gauss CH, Magann EF, Lowery CL et al. Application of a Telecolposcopy Program in Rural Settings. *Telemed J E Health* 2016;22(10):816-20.
- [20] Mannino RG, Myers DR, Tyburski EA, Caruso C, Boudreaux J, Leong T et al. Smartphone app for non-invasive detection of anemia using only patient-sourced photos. *Nature Commun* 2018;9(1):4924.
- [21] Choi J, Cho Y, Woo H. mHealth Approaches in Managing Skin Cancer: Systematic Review of Evidence-Based Research Using Integrative Mapping. *JMIR Mhealth Uhealth* 2018;6(8):e164.
- [22] Maier T, Kulichova D, Schotten K, Astrid R, Ruzicka T, Berking C et al. Accuracy of a smartphone application using fractal image analysis of pigmented moles compared to clinical diagnosis and histological result. *J Eur Acad Dermatol Venereol* 2015;29(4):663-7.
- [23] Sahin D, Hacisalihoglu UP, Kirimlioglu SH. Telecytology: Is it possible with smartphone images? *Diagn Cytopathol* 2018;46(1):40-6.

- [24] Prasad A, Hasan SMA, Grouchy S, Gartia MR. DNA microarray analysis using a smartphone to detect the BRCA-1 gene. *Analyst* 2018;144(1):197-205.
- [25] Turner R, Madsen J, Herrera PDS, Wallace J, Madrigal J, Hineostroza JP et al. Cancer Detection at your Fingertips: Smartphone-Enabled DNA Testing. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2018;2018:5418-21.
- [26] Despas F, Roche H, Laurent G. [Anticancer drug adherence]. *Bull Cancer* 2013;100(5):473-84.
- [27] Ahmed I, Ahmad NS, Ali S, Ali S, George A, Saleem Danish H et al. Medication Adherence Apps: Review and Content Analysis. *JMIR Mhealth Uhealth* 2018;6(3):e62.
- [28] Spoelstra SL, Given CW, Sikorskii A, Coursaris CK, Majumder A, DeKoekkoek T et al. Proof of Concept of a Mobile Health Short Message Service Text Message Intervention That Promotes Adherence to Oral Anticancer Agent Medications: A Randomized Controlled Trial. *Telemed J E Health* 2016;22(6):497-506.
- [29] Chalela P, Munoz E, Inupakutika D, Kaghyan S, Akopian D, Kaklamani V et al. Improving adherence to endocrine hormonal therapy among breast cancer patients: Study protocol for a randomized controlled trial. *Contemp Clin Trials Commun* 2018;12:109-15.
- [30] Meguerditchian A, Tamblyn R, Meterissian S, Law S, Prchal J, Winslade N et al. Adjuvant Endocrine Therapy in Breast Cancer: A Novel e-Health Approach in Optimizing Treatment for Seniors (OPTIMUM): A Two-Group Controlled Comparison Pilot Study. *JMIR r Res Protoc* 2016;5(4):e199.
- [31] Homsy J, Walsh D, Rivera N, Rybicki LA, Nelson KA, Legrand SB et al. Symptom evaluation in palliative medicine: patient report vs systematic assessment. *Support Care Cancer* 2006;14(5):444-53.

- [32] Coolbrandt A, Van den Heede K, Vanhove E, De Bom A, Milisen K, Wildiers H. Immediate versus delayed self-reporting of symptoms and side effects during chemotherapy: does timing matter? *Eur J Oncol Nurs* 2011;15(2):130-6.
- [33] Kim HJ, Kim SM, Shin H, Jang JS, Kim YI, Han DH. A Mobile Game for Patients With Breast Cancer for Chemotherapy Self-Management and Quality-of-Life Improvement: Randomized Controlled Trial. *J Med Internet Res* 2018;20(10):e273.
- [34] Weaver A, Young AM, Rowntree J, Townsend N, Pearson S, Smith J et al. Application of mobile phone technology for managing chemotherapy-associated side-effects. *Ann Oncol* 2007;18(11):1887-92.
- [35] McCann L, Maguire R, Miller M, Kearney N. Patients' perceptions and experiences of using a mobile phone-based advanced symptom management system (ASyMS) to monitor and manage chemotherapy related toxicity. *Eur J Cancer Care (Engl)* 2009;18(2):156-64.
- [36] Borosund E, Cvancarova M, Moore SM, Ekstedt M, Ruland CM. Comparing effects in regular practice of e-communication and Web-based self-management support among breast cancer patients: preliminary results from a randomized controlled trial. *J Med Internet Res* 2014;16(12):e295.
- [37] Kluetz PG, Chingos DT, Basch EM, Mitchell SA. Patient-Reported Outcomes in Cancer Clinical Trials: Measuring Symptomatic Adverse Events With the National Cancer Institute's Patient-Reported Outcomes Version of the Common Terminology Criteria for Adverse Events (PRO-CTCAE). *Am Soc Clin Oncol Educ Book* 2016;35:67-73.
- [38] Basch E, Deal AM, Dueck AC, Scher HI, Kris MG, Hudis C et al. Overall Survival Results of a Trial Assessing Patient-Reported Outcomes for Symptom Monitoring During Routine Cancer Treatment. *JAMA* 2017;318(2):197-8.

- [39] Graetz I, Anderson JN, McKillop CN, Stepanski EJ, Paladino AJ, Tillmanns TD. Use of a web-based app to improve postoperative outcomes for patients receiving gynecological oncology care: A randomized controlled feasibility trial. *Gynecol Oncol* 2018;150(2):311-7.
- [40] Okera M, Baker NA, Hayward AM, Selva-Nayagam S. Oncology workforce issues: the challenge of the outpatient clinic. *Intern Med J* 2011;41(6):499-503.
- [41] Green J, Murchie P, Lee AJ. Does patients' place of residence affect the type of physician performing primary excision of cutaneous melanoma in northern Scotland? *J Rural Health* 2013;29 Suppl 1:s35-42.
- [42] Armfield NR, Bradford M, Bradford NK. The clinical use of Skype--For which patients, with which problems and in which settings? A snapshot review of the literature. *Int J Med Inform* 2015;84(10):737-42.
- [43] Greenhalgh T, Vijayaraghavan S, Wherton J, Shaw S, Byrne E, Campbell-Richards D et al. Virtual online consultations: advantages and limitations (VOCAL) study. *BMJ Open* 2016;6(1):e009388.
- [44] Denis F, Lethrosne C, Pourel N, Molinier O, Pointreau Y, Domont J et al. Randomized Trial Comparing a Web-Mediated Follow-up With Routine Surveillance in Lung Cancer Patients. *J Natl Cancer Inst* 2017;109(9):1-8.
- [45] Denis F, Viger L, Charron A, Voog E, Dupuis O, Pointreau Y et al. Detection of lung cancer relapse using self-reported symptoms transmitted via an internet web-application: pilot study of the sentinel follow-up. *Support Care Cancer* 2014;22(6):1467-73.
- [46] Denis F, Viger L, Charron A, Voog E, Letellier C. Detecting lung cancer relapse using self-evaluation forms weekly filled at home: the sentinel follow-up. *Support Care Cancer* 2014;22(1):79-85.

- [47] Denis F, Yossi S, Septans AL, Charron A, Voog E, Dupuis O et al. Improving Survival in Patients Treated for a Lung Cancer Using Self-Evaluated Symptoms Reported Through a Web Application. *Am J Clin Oncol* 2015;40(5):464-9.
- [48] Villani D, Cognetta C, Repetto C, Serino S, Toniolo D, Scanzi F et al. Promoting Emotional Well-Being in Older Breast Cancer Patients: Results From an eHealth Intervention. *Front Psychol* 2018;9:2279.
- [49] Akechi T, Yamaguchi T, Uchida M, Imai F, Momino K, Katsuki F et al. Smartphone problem-solving and behavioural activation therapy to reduce fear of recurrence among patients with breast cancer (SMartphone Intervention to LEssen fear of cancer recurrence: SMILE project): protocol for a randomised controlled trial. *BMJ Open* 2018;8(11):e024794.
- [50] Douma JAJ, Verheul HMW, Buffart LM. Feasibility, validity and reliability of objective smartphone measurements of physical activity and fitness in patients with cancer. *BMC Cancer* 2018;18(1):1052.
- [51] Lee H, Uhm KE, Cheong IY, Yoo JS, Chung SH, Park YH et al. Patient Satisfaction with Mobile Health (mHealth) Application for Exercise Intervention in Breast Cancer Survivors. *J Med Systems* 2018;42(12):254.
- [52] Cheong IY, An SY, Cha WC, Rha MY, Kim ST, Chang DK et al. Efficacy of Mobile Health Care Application and Wearable Device in Improvement of Physical Performance in Colorectal Cancer Patients Undergoing Chemotherapy. *Clin Colorectal Cancer* 2018;17(2):e353-e62.
- [53] Orlemann T, Reljic D, Zenker B, Meyer J, Eskofier B, Thiemt J et al. A Novel Mobile Phone App (OncoFood) to Record and Optimize the Dietary Behavior of Oncologic Patients: Pilot Study. *JMIR Cancer* 2018;4(2):e10703.

- [54] Walsh S, de Jong EEC, van Timmeren JE, Ibrahim A, Compter I, Peerlings J et al. Decision Support Systems in Oncology. *JCO Clin Cancer Inform* 2019;3:1-9.
- [55] Gaujal L, Renou M, Dujaric ME, Baffert S, Tardivon A, Kriegel I et al. [First outpatient satisfaction questionnaire with day-surgery in a French comprehensive cancer center]. *Bull Cancer* 2016;103(4):330-5.
- [56] Lerebours F, Saltel P, Bethune-Volters A, Nallet G, Bourdat P, Vesin-Etterlen F et al. [Satisfaction of Breast Cancer patients treated by chemotherapy outpatient clinics: Results of the TemporELLES survey]. *Bull Cancer* 2015;102(4):316-23.
- [57] Corrie PG, Moody AM, Armstrong G, Nolasco S, Lao-Sirieix SH, Bavister L et al. Is community treatment best? a randomised trial comparing delivery of cancer treatment in the hospital, home and GP surgery. *Br J Cancer* 2013;109(6):1549-55.
- [58] Sabesan S. Medical models of teleoncology: current status and future directions. *Asia-Pac J Clin Oncol* 2014;10(3):200-4.
- [59] Bohme C, von Osthoff MB, Frey K, Hubner J. Qualitative evaluation of mobile cancer apps with particular attention to the target group, content, and advertising. *J Cancer Res Clin Oncol* 2018;144(1):173-81.
- [60] McKay FH, Cheng C, Wright A, Shill J, Stephens H, Uccellini M. Evaluating mobile phone applications for health behaviour change: A systematic review. *J Telemed Telecare* 2018;24(1):22-30.
- [61] Wolf JA, Moreau JF, Akilov O, Patton T, English JC, 3rd, Ho J et al. Diagnostic inaccuracy of smartphone applications for melanoma detection. *JAMA Dermatol* 2013;149(4):422-6.
- [62] Mobasher MH, Johnston M, King D, Leff D, Thiruchelvam P, Darzi A. Smartphone breast applications - what's the evidence? *Breast* 2014;23(5):683-9.

- [63] O'Neill S, Brady RR. Colorectal smartphone apps: opportunities and risks. *Colorectal Dis* 2012;14(9):e530-4.
- [64] Giunti G, Giunta DH, Guisado-Fernandez E, Bender JL, Fernandez-Luque L. A biopsy of Breast Cancer mobile applications: state of the practice review. *Int J Med Inform* 2018;110:1-9.
- [65] Abbott LM, Magnusson RS, Gibbs E, Smith SD. Smartphone use in dermatology for clinical photography and consultation: Current practice and the law. *The Australas J Dermatol* 2018;59(2):101-7.
- [66] van Gorp J, van Selm M, Vissers K, van Leeuwen E, Hasselaar J. How outpatient palliative care teleconsultation facilitates empathic patient-professional relationships: a qualitative study. *PLoS One* 2015;10(4):e0124387.
- [67] Chesser A, Burke A, Reyes J, Rohrberg T. Navigating the digital divide: A systematic review of eHealth literacy in underserved populations in the United States. *Inform Health Soc Care* 2016;41(1):1-19.
- [68] Salovey P, Williams-Piehota P, Mowad L, Moret ME, Edlund D, Andersen J. Bridging the digital divide by increasing computer and cancer literacy: community technology centers for head-start parents and families. *J Health Commun* 2009;14(3):228-45.
- [69] Pathmanathan S, Burgher B, Sabesan S. Is intensive chemotherapy safe for rural cancer patients? *Intern Med J* 2013;43(6):643-9.
- [70] Marzorati C, Renzi C, Russell-Edu SW, Pravettoni G. Telemedicine Use Among Caregivers of Cancer Patients: Systematic Review. *J Med Internet Res* 2018;20(6):e223.

- [71] Shaffer KM, Kim Y, Carver CS. Physical and mental health trajectories of cancer patients and caregivers across the year post-diagnosis: a dyadic investigation. *Psychol Health* 2016;31(6):655-74.
- [72] Slev VN, Mistiaen P, Pasma HR, Verdonck-de Leeuw IM, van Uden-Kraan CF, Francke AL. Effects of eHealth for patients and informal caregivers confronted with cancer: A meta-review. *Intern J Med Inform* 2016;87:54-67.
- [73] Coriat R, Boudou-Rouquette P, Durand JP, Forgeot d'Arc P, Martin I, Mir O et al. Cost effectiveness of integrated medicine in patients with cancer receiving anticancer chemotherapy. *J Oncol Pract* 2012;8(4):205-10.
- [74] Baffert S, Hoang HL, Bredart A, Asselain B, Alran S, Berseneff H et al. The patient-breast cancer care pathway: how could it be optimized? *BMC Cancer* 2015;15:394.
- [75] Michaud TL, Zhou J, McCarthy MA, Siahpush M, Su D. Costs of Home-Based Telemedicine Programs: A Systematic Review. *Int J Technol Assess Health Care* 2018;34(4):410-8.
- [76] Doolittle GC, Williams AR, Spaulding A, Spaulding RJ, Cook DJ. A cost analysis of a tele-oncology practice in the United States. *J Telemed Telecare* 2004;10 Suppl 1:27-9.
- [77] Thaker DA, Monypenny R, Olver I, Sabesan S. Cost savings from a telemedicine model of care in northern Queensland, Australia. *Med J Aust* 2013;199(6):414-7.

CONFLIT D'INTERET

Aucun conflit d'intérêt en lien avec l'article.

