

S. Franc, D. Dardari, B. Boucherie,
A. Daoudi, G. Charpentier
Fédération de diabétologie,
Centre hospitalier Sud-Francilien,
Corbeil-Essonnes.

La télémédecine appliquée au diabète : les résultats acquis et les perspectives à venir

*Telemedicine in diabetes:
Current results and perspectives*

Résumé

Les objectifs de la télémédecine (TM) sont sans doute différents selon que l'on considère les diabétiques de type 1, où la TM a été conçue surtout pour les aider à mieux contrôler leurs glycémies, ou les diabétiques de type 2, où la TM pourrait venir en renforcement d'un système de soin défaillant du fait de la diminution du nombre de médecins face à une augmentation rapide de la prévalence de la maladie. De très nombreuses expérimentations ont été publiées, la plupart échouant à démontrer des résultats supérieurs à une prise en charge traditionnelle. Deux voies semblent toutefois prometteuses : d'une part, des appareils de poche communicants de type smartphone, avec une double fonctionnalité : ils sont chargés d'un logiciel appliquant les prescriptions du médecin et sont capables de résoudre en temps réel un problème immédiat du patient, par exemple calculer la dose d'insuline du repas ou bien optimiser un choix alimentaire. De plus, l'ensemble des données est transmis aux soignants, ce qui permet une télésurveillance et/ou des téléconsultations. Pour les patients diabétiques de type 2, des systèmes de renforcement de la prise en charge sont en cours d'étude à grande échelle pour pallier à la pénurie relative de médecins. Ces systèmes associent diversement des programmes interactifs par Internet, couplés à des messages e-mail ou SMS, ou bien téléphoniques par des infirmières, ou des *call centers* spécialisés.

Mots-clés : Télémédecine – téléconsultation – diabète – contrôle glycémique – nouvelles technologies – Internet.

Summary

The goals of telemedicine (TM) probably differ depending on whether one considers patients with type 1 diabetes for whom TM has been designed to help them to better control their blood glucose values or patients with type 2 diabetes (T2D) for whom TM could be used to reinforce an inefficient healthcare system due to the decreasing number of physicians facing a rapidly growing disease. Numerous trials have been published, most of them failed to demonstrate the superiority for TM intervention vs. usual care.

Two approaches seem promising, however. Firstly, communicating hand-held devices like smartphones with a double functionality: they contain a software implementing the physician's recommendations and are able to solve in real-time any problem the patient may encounter, for example, insulin dose calculation for meals or optimization of food choices. In addition, all data are transmitted to caregivers, allowing remote monitoring and/or teleconsultations. Secondly, with regard to T2D, reinforcement support systems are being assessed in large studies to overcome the relative physician shortage. These systems variously combine interactive programs via internet, coupled with e-mail, SMS or telephone calls with nurses or specialized call-centers.

Keywords: Telemedicine – e-consulting – diabetes – glycemic control – new technologies – internet.

Correspondance :

Sylvia Franc
Fédération de diabétologie
Centre hospitalier Sud-Francilien
59, bd Henri-Dunant
91100 Corbeil-Essonnes
sylvia.franc@free.fr

© 2010 - Elsevier Masson SAS - Tous droits réservés.

Introduction

Les autorités de santé fondent actuellement beaucoup d'espoirs dans la télémédecine, et les médias s'en font régulièrement l'écho : « *la télémédecine peut être un bras de levier puissant pour*

conduire la restructuration de l'organisation des soins voulue par le législateur dans la loi HPST (Hôpital, Patients, Santé, Territoires) » [1]. Ainsi, est envisagée « La place de la Télémédecine dans l'organisation des soins » dans le récent rapport de la DHOS (Direction

de l'hospitalisation et de l'organisation des soins) [1]. Leurs auteurs, Pierre Simon et Dominique Acker, y définissent les quatre champs couverts par la télémédecine : téléconsultation, télé-expertise, télésurveillance et télé-assistance. Le diabète y est en bonne place : ainsi, « *Les médecins de compétence polyvalente exerçant dans les établissements de proximité devront être reliés par télémédecine avec les médecins spécialistes des établissements de référence. L'enjeu d'une telle organisation pour certaines urgences cardiovasculaires (accident vasculaire cérébral, infarctus myocardique) ou métaboliques (insuffisance rénale chronique, diabète) est évident...* » et, « *Les maladies les plus coûteuses dans leur prise en charge actuelle, pouvant tirer un bénéfice tant en matière de qualité et de sécurité des soins qu'en matière de réduction des dépenses de santé grâce à la télésurveillance à domicile, sont : l'insuffisance cardiaque, l'insuffisance rénale, le diabète et l'hypertension artérielle* ». Le rapport Lasbordes sur la télésanté, commandité par le Premier Ministre, consacre deux pages au diabète et au système Diabéo [2]. Enfin, le Conseil national de l'Ordre des médecins (CNOM) a pris position en déclarant que « *L'acte de télémédecine est un acte médical à part entière* » [3]. La télémédecine pourrait avoir un double objectif : tout d'abord, être un élément de solution aux problèmes de pénurie de médecins, généralistes ou spécialistes, et d'isolement ou d'éloignement des centres de soins de nombreux patients, dans un contexte de ressources budgétaires de plus en plus limitées, d'autre part, être un outil en soit d'amélioration de la qualité des soins grâce à la sophistication des outils électroniques désormais disponibles.

Les obstacles à la prise en charge du diabète et les domaines d'améliorations possibles proposés à la télémédecine

Qu'en est-il en réalité en diabétologie ? Et quelles sont les expériences réussies, et elles ne sont pas si nom-

breuses, nous le verrons, qui permettent de tracer l'avenir ? Il faut d'emblée distinguer dans ce domaine, le diabète de type 1 (DT1), auquel il faut rattacher les diabètes de type 2 (DT2) traités par multi-injections ou pompe à insuline, de plus en plus nombreux, et les DT2 traités par régime ou par antidiabétiques oraux (ADO) ± une injection d'insuline lente, qui posent des problèmes bien différents.

Diabète de type 1

Dans le cas du DT1 et des diabètes apparentés, des progrès considérables ont été obtenus grâce à la généralisation des schémas thérapeutiques physiologiques *basal-bolus* par multi-injections ou pompe à insuline, puis des programmes éducatifs d'insulinothérapie dite « *fonctionnelle* ». Toutefois même après la mise en place de tels outils, les résultats restent insatisfaisants : la moyenne du taux d'HbA_{1c} était de 8,4 % à la fin de l'étude DAFNE (*Dose adjustment for normal eating*) [4] ; elle était de 7,9 %, six ans après l'initiation du programme d'insulinothérapie « flexible » DTTP (*Diabetes treatment and teaching programs*) chez les 9 583 patients de la cohorte allemande [5] ; c'est également le taux moyen d'HbA_{1c} (7,9 %) du sous-groupe de DT1 de l'échantillon national représentatif français dans la récente enquête Entred (Échantillon national témoin représentatif des personnes diabétiques) de 2007 [6]. Ceci indique bien que beaucoup de patients DT1 ont un taux d'HbA_{1c} chronique supérieur à 8 %, alors même qu'ils sont bien suivis, bien éduqués et bénéficient du schéma thérapeutique désormais recommandé : insuline basale et prandiale avec de préférence un analogue de l'insuline par multi-injections ou pompe à insuline, insuline prandiale titrée en fonction de la quantité de glucides prandiaux, du niveau glycémique préprandial et de l'activité physique prévue [7].

Les raisons de ces résultats insatisfaisants sont probablement multiples : si l'on met à part les cas relativement rares d'instabilité « organique », le plus souvent il s'agit de difficultés du patient de « faire avec » les contraintes de la maladie, difficultés aussi d'appliquer

correctement au quotidien les règles complexes du calcul des doses d'insulines en particulier prandiales, ce qui conduit à l'injection de doses inappropriées provoquant hypoglycémies, ou plus souvent hyperglycémies répétées, difficultés à se rendre régulièrement à la consultation du spécialiste, d'autant plus que ces patients – souvent jeunes, travaillent – hésitent à perdre une journée pour leur visite médicale. Enfin, dernière difficulté et non des moindres : le carnet papier, outil traditionnel de communication des données du patient et de ses résultats au jour le jour, vers le médecin, est de plus en plus mal accepté, mal rempli ou absent. Dans cette situation très fréquente, le médecin dispose de très peu d'informations fiables pour fournir à son patient les recommandations correctes nécessaires à l'adaptation de son traitement. La télémédecine a sans doute des propositions à faire dans ce domaine.

Diabète de type 2

Dans le cas du DT2, les problèmes posés sont différents : sa prévalence augmente rapidement, alors que le nombre de médecins, qu'il s'agisse des diabétologues ou des médecins généralistes, ne suit pas la même évolution (données du CNOM). En France, les patients DT2 sont, d'après les données de la Caisse nationale d'assurance-maladie des travailleurs salariés (Cnamts), suivis à 90 % par leur médecin généraliste. La raréfaction de l'offre de soins dans l'espace (déserts médicaux et concentration des structures de soins) comme dans le temps (délais longs entre les consultations), a conduit nécessairement à se tourner vers la télémédecine qui est très vite apparue comme une solution possible aux problèmes de pénurie de soignants, d'isolement ou d'éloignement des patients des centres de soins. Par ailleurs, plus que la plupart des maladies chroniques, le DT2 nécessite non seulement des changements de comportement (contrôle de l'apport calorique, en particulier glucido-lipidique, et augmentation de l'activité physique) mais aussi des ajustements de traitements, assurés au mieux par un *feedback* fréquent avec l'équipe soignante,

Télémédecine et diabète

cette dernière n'étant pas limitée au seul médecin mais élargie à des paramédicaux formés. Plus encore qu'en renforcement du système de soins existant, la télémédecine – et c'est sans doute là son intérêt majeur – peut être utilisée pour optimiser les ressources disponibles, les consultations traditionnelles étant alors remplacées par des consultations de télémédecine plus courtes, mais répétées et centrées sur l'adaptation des comportements et du traitement antidiabétique.

Les expériences réalisées avec la télémédecine dans le diabète de type 1

Schématiquement, trois types de méthodes ont été testés pour tenter d'améliorer la prise en charge des DT1 : la consultation téléphonique, les systèmes centrés sur le transfert des glycémies avec un *feedback* rétrospectif concernant l'adaptation des doses d'insuline, par un médecin ou une infirmière via téléphone, SMS ou e-mail, enfin des systèmes utilisant des smartphones et associant *feedback* automatique immédiat et consultation de télémédecine.

La consultation téléphonique

Elle est sans doute, en diabétologie, l'ancêtre de la télémédecine avec l'expérience fondatrice de Miller et Goldstein [8]. Plus récemment, à Vancouver, au Canada [9], un suivi téléphonique rapproché a été proposé à des diabétiques insulino-traités mal contrôlés ($HbA_{1c} < 8,5\%$). Quarante-six patients (52 % de DT1) se sont prêtés à l'étude. Après tirage au sort, 23 ont bénéficié de trois consultations d'environ 15 minutes par semaine, réalisées par une infirmière spécialisée et centrée sur l'adaptation des doses d'insuline. Au bout de 6 mois, le taux d' HbA_{1c} moyen de ce groupe était passé de 9,6 % à 7,8 %, tandis que le groupe témoin, poursuivant sa prise en charge habituelle voyait son taux d' HbA_{1c} moyen passer de 9,4 % à 8,9 %. La différence entre les deux groupes est cliniquement très appréciable et statistiquement significative

($p < 0,01$) et le système est donc efficace, comme le serait tout système permettant une prise en charge rapprochée des patients, ainsi que l'a bien montré le *Diabetes control and complications trial* (DCCT) [10]. Mais un tel système est des plus coûteux : dans cet exemple 17,25 heures par semaine de temps infirmier, soit l'équivalent d'un mi-temps, pour 23 patients ! Peu de centres peuvent offrir une telle prestation.

Les systèmes centrés sur la télétransmission des données glycémiques, avec retour par un soignant

De très nombreux essais ont été publiés utilisant différents systèmes. On peut tenter de les systématiser en trois catégories : La première est la simple **télétransmission des données glycémiques** contenues dans un lecteur à mémoire. Ainsi 31 DT1, mal équilibrés ($HbA_{1c} > 7,8\%$) ont transmis régulièrement à leur équipe soignante, pendant 6 mois, les données de leur Accu-check® via le modem Accu-link [11]. Seule la moitié des patients, randomisés, recevaient un *feedback* téléphonique par une infirmière, dans les 24 h, et voyaient leur taux d' HbA_{1c} s'améliorer significativement, passant de 9,8 % à 7,8 % ($p = 0,03$). Le taux d' HbA_{1c} moyen du groupe contrôle, sous l'effet étude, passait de 8,8 % à 8,2 %. Dans une autre étude, 40 DT1 mal contrôlés ($HbA_{1c} > 8\%$) ont aussi transmis régulièrement les données de leur lecteur Esprit® via le microphone de leur téléphone (système Glucobeep) [12]. Le *feedback* était assuré chez 20 patients randomisés, par neuf consultations téléphoniques en plus des trois consultations habituelles de routine. Les autres patients, qui constituaient le groupe contrôle, bénéficiaient du même nombre de consultations pendant les 6 mois, soit 12 au total, mais en face à face. Le résultat était bon, et identique entre les deux groupes au bout de 6 mois ($HbA_{1c} = 7,6\%$), mais évidemment le coût était bien différent d'un groupe à l'autre. Ceci tend à indiquer que, si la transmission des données glycémiques facilite le travail du personnel soignant, ce qui

compte c'est bien l'usage qui en est fait et, *in fine*, la consultation centrée sur l'adaptation du traitement, quelles qu'en soient les modalités (consultation en face à face ou par téléphone). Des systèmes plus sophistiqués ont été élaborés avec mise à disposition pour le patient d'un **ordinateur fixe** lui permettant de saisir et de transmettre autre chose que ses glycémies. Ainsi, le « T-IDDM (*Telematic management of insulin-dependent diabetes mellitus*) project » [13], subventionné par la Communauté européenne, permet à un patient de transférer les glycémies de son lecteur vers un ordinateur fixe, d'y saisir ses doses d'insuline, son alimentation, éventuellement la présence ou non d'acétone et différentes autres informations, puis de transmettre l'ensemble de ces données à son médecin qui pourra alors lui répondre via Internet. Si les résultats préliminaires ne montrent pas de modifications significatives du taux d' HbA_{1c} , l'accueil a été positif de la part des médecins, mais à l'évidence beaucoup plus mitigé de la part des patients.

L'usage d'un **Palmtop** [14] améliore l'**acceptabilité** du système, jugée bonne par 44 patients sur 57. Toutefois, après 6 mois d'étude en traitement croisé et une transmission des données tous les 6 jours en moyenne, il n'est guère observé d'amélioration du taux d' HbA_{1c} , même s'il y a plus d'adaptations thérapeutiques. Un autre système complexe, le système DIABTel, centré sur la transmission des données, a également été développé [15]. Dans ce système, les patients disposaient d'un Palmtop capable d'intégrer directement les données glycémiques de leur lecteur. Ces données étaient ensuite transmises par le patient sur l'ordinateur du médecin avec un retour possible par SMS. Le système DIABTel a ainsi été testé, en traitement croisé, chez 10 patients DT1, traités par pompe à insuline sous-cutanée. Bien que ce système offre la possibilité de télétransmettre directement les données de la pompe dans le Palm, les résultats obtenus en termes de réduction du taux d' HbA_{1c} sont décevants : HbA_{1c} à $8,0 \pm 0,6\%$ pendant la phase active vs $7,8 \pm 0,6\%$ pendant la phase contrôle

($p = 0,073$). Sans doute la courte durée de l'étude, mais aussi la faiblesse du *feedback* vers le patient (SMS) expliquent-elles, en partie au moins, l'absence de résultats significatifs d'un point de vue clinique.

Enfin, des patients traités par **pompe à insuline** ont transmis toutes les semaines leurs données glycémiques via un **PDophone** chargé du logiciel Gluconet®. Ils recevaient en retour toutes les semaines de la part d'un diabétologue expérimenté, des indications par SMS visant à optimiser l'adaptation de leurs doses d'insuline. Malgré cela, au bout de 6 mois, leur taux d'HbA_{1c} n'était pas différent de celui du groupe contrôle. Néanmoins, les indices de qualité de vie s'amélioraient [16].

Le système T+ combine comme les autres, transmission des données glycémiques et *feedback* téléphonique par une infirmière spécialisée avec quelques innovations : la transmission des données glycémiques se fait en deux temps : 1) du lecteur One Touch® Ultra vers un téléphone portable grâce à un socle Blue Tooth, adaptable au lecteur One Touch® puis, 2) du téléphone vers le soignant, via GPRS et site web sécurisé sur lequel le soignant peut consulter les données de son patient. Le *feedback* est double :

- d'une part une **analyse graphique automatique** des glycémies est retournée au patient sur l'écran de son téléphone sous la forme d'histogrammes et de courbes ;
- d'autre part une infirmière appelle par téléphone le patient pour commenter ses glycémies (figure 1). Ce système a été testé en Angleterre [17] chez 80 DT1, âgés de 18 à 60 ans, mal équilibrés (HbA_{1c} : 8 à 11 %). Tous ont reçu le système T+. Après randomisation, une moitié des patients recevait un tel *feedback*, l'autre moitié constituait le groupe contrôle et n'en recevait pas, à l'exception du rappel graphique des glycémies des dernières 24 heures. Après 9 mois, les patients qui avaient reçu l'ensemble des analyses graphiques et surtout le rappel téléphonique par l'infirmière (une consultation de 7 minutes en moyenne toutes les 2,5 semaines) voyaient leur taux d'HbA_{1c} passer de 9,2 % à 8,6 %, ce

qui n'était guère différent du groupe contrôle (passant de 9,3 % à 8,9 %). Ceci montre bien qu'en matière de DT1, la visualisation graphique, aussi parfaite soit-elle, de résultats glycémiques souvent anarchiques, n'a guère d'utilité pour le patient. Ceci montre aussi que le soignant, même qualifié, a peu d'influence s'il ne dispose que des glycémies et non de l'ensemble des informations nécessaires, en particulier doses d'insuline, alimentation et algorithmes d'adaptations précis pour conseiller son patient.

Dans l'ensemble, les résultats de ce concept de **transmission des glycémies avec *feedback* rétrospectif** sont décevants, quels que soient les perfectionnements technologiques apportés. Une méta-analyse [11] a été réalisée à partir de sept essais randomisés chez des DT1 adultes. Tous les patients transmettaient (par téléphone ou Internet) soit des glycémies seules, soit des glycémies associées à des informations sur les doses d'insuline, l'alimentation et l'exercice physique. Le retour était fait le plus souvent par

téléphone ou par e-mail. Cette méta-analyse a pu montrer une amélioration significative, mais limitée (-0,4 %), du taux d'HbA_{1c} moyen, comparativement aux patients contrôles, mais cette différence n'a pu être obtenue qu'après exclusion d'une étude conduite chez des enfants. Il semble bien que ces systèmes, essentiellement ascendants, transmettant une masse de glycémies, ne permettent pas un retour réellement efficace par un soignant, sauf à multiplier les contacts téléphoniques hebdomadaires, ce qui n'est ni réalisable ni acceptable en routine sur le long terme.

Les carnets électroniques « actifs » sur smartphone

Il faut donc envisager des systèmes plus élaborés et plus attractifs pour le patient, lui offrant d'une part une aide **immédiate** à la décision des doses d'insuline et, d'autre part, la télétransmission automatique de l'ensemble de ses données, non seulement les données glycémiques mais également les doses d'insuline, l'alimentation et

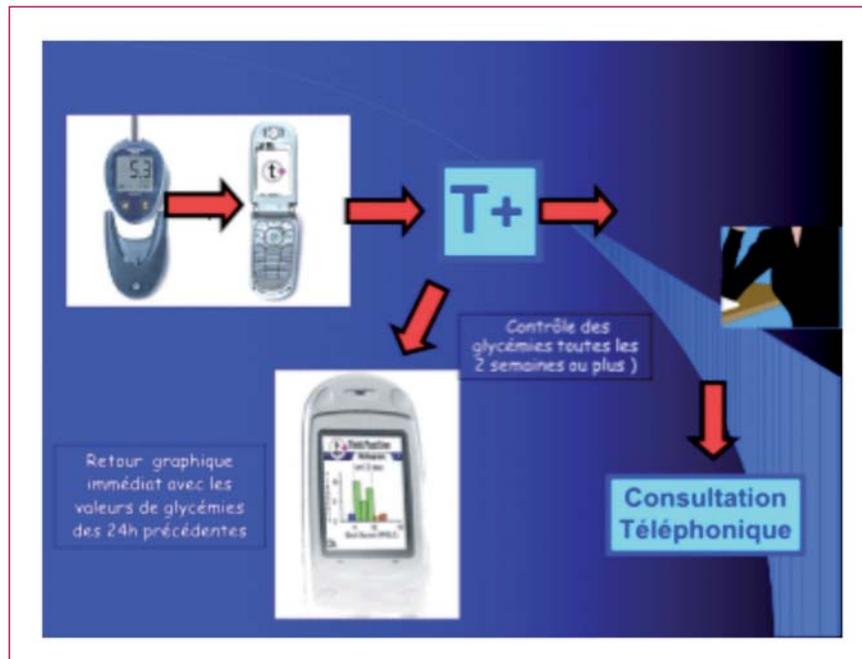


Figure 1 : Exemple de système centré sur la télétransmission des glycémies à partir de la mémoire d'un lecteur glycémique via Blue Tooth et téléphone portable. Conseils en retour en deux temps : immédiat, par un graphique automatique des glycémies, et retardé, par un soignant au téléphone qui conseille l'adaptation rétrospective des doses d'insuline (système T+).

Télémédecine et diabète

l'exercice physique, selon un format d'emblée interprétable par le soignant, équivalent au carnet papier dont nous avons l'habitude. Un smartphone, couplé à un site web sécurisé, pourrait remplir cette double fonction : cet objet, en permanence disponible pour le patient, peut incorporer un carnet de surveillance glycémique actif, proposant en particulier lors des repas, une dose d'insuline calculée à partir d'algorithmes prescrits par le médecin. Un tel système est sans doute bien plus attractif pour un diabétique jeune (ou moins jeune !) que le traditionnel carnet papier. La mise en forme automatique, parfaitement claire de l'ensemble des données, se lit sur l'écran du soignant, et peut permettre soit une télésurveillance par les soignants autorisés si la situation le réclame, soit des téléconsultations courtes, programmées ou décidées par le médecin, délivrant des avis précis centrés sur le traitement, mais assurant aussi un contact et un soutien personnalisé par l'équipe soignante bien connue du patient.

Enfin, l'ensemble des données peut être conservé dans une base de données immédiatement accessible à l'analyse statistique. Rappelons que le système n'a aucune autonomie ni responsabilité en soi, et qu'il ne fait guère que mettre au format électronique la prescription médicale, qui reste de la seule responsabilité du médecin, ce que nous réalisons habituellement de vive voix et si possible avec un écrit remis au patient. La responsabilité de la prescription appartient donc bien entièrement au médecin et non au vecteur, pas plus du reste l'électronique que la feuille de prescription médicale sur papier traditionnel. De tels systèmes se développent actuellement :

– Le « **Diabetes Interactive Diary** » (**DID**) [18] est un smartphone comportant un programme qui intègre pour chaque patient le « *CHO ratio* » ou unités d'analogie rapide par portion de glucides, établi préalablement par le médecin, ainsi que le facteur de correction glycémique en cas d'hyperglycémie pré-prandiale, et un facteur de correction en cas d'exercice physique. Un tel programme permet à la machine de proposer au patient une

dose d'insuline prandiale adaptée aux objectifs glycémiques pré-établis et calculée selon :

- la glycémie pré-prandiale saisie par le patient ;
- les apports de glucides également saisis par le patient à travers une liste alimentaire ;
- les exercices physiques éventuellement prévus.

Le point fort de ce système est la liste électronique alimentaire illustrée. Le patient sélectionne le type et la quantité d'aliments souhaités, et la machine, calcule automatiquement les glucides supposés ingérés.

Le point faible de ce système est la médiocrité de la connexion avec le médecin via le seul SMS. Ce système a été expérimenté pendant 3 mois chez 50 DT1 traités par un schéma basal-bolus et bien équilibrés (HbA_{1c} : 7,2 % en moyenne). Au terme de l'étude les patients restaient bien équilibrés, et neuf patients sur 10 souhaitaient poursuivre avec ce système, tout en assumant eux-mêmes les frais d'achat et de fonctionnement. Les fonctions les plus appréciées étaient, comme on pouvait s'y attendre, le calcul automatique des quantités d'hydrates de carbone et de la dose d'insuline.

Une étude randomisée multicentrique, incluant 130 patients suivis pendant 6 mois, vient de confirmer les résultats

décevants d'un système centré principalement sur le décompte des hydrates de carbone : les patients équipés du système et ayant bénéficié de 6 heures d'éducation, voyaient leur taux d' HbA_{1c} passer de 8,2 % à 7,8 % en moyenne, alors qu'il diminuait de façon équivalente, de 8,4 % à 7,9 % en moyenne, dans le groupe contrôle. Tout au plus le temps d'éducation, important, était-il deux fois moindre dans le premier groupe (6 heures vs 12 heures) [19].

Le **système Diabéo** est destiné aux patients DT1 pratiquant ou non l'insulinothérapie fonctionnelle. Il s'agit d'un carnet électronique sur smartphone que nous avons mis au point avec l'aide de la firme Voluntis. Ce carnet permet le calcul automatique des doses d'insuline prandiale en fonction de la quantité d'hydrates de carbone ingérée, de la glycémie pré-prandiale et de l'activité physique, selon les algorithmes et objectifs glycémiques initialement prescrits par le médecin (*figure 2*). Le système propose aussi une adaptation du paramétrage de la dose d'insuline en fonction de la quantité de glucides ingérés (« unités par portion »), ainsi que de l'insuline basale (insuline lente, ou débits de base d'une pompe à insuline) en cas de résultats hors objectifs. Enfin, le système transmet l'intégralité des données via GPRS sur un site web sécurisé. Le personnel soignant auto-

Les points essentiels

• La télémédecine dans le diabète

- Dans le diabète de type 1, la télémédecine repose sur des outils technologiques permettant une optimisation en temps réel du traitement du patient (décompte des glucides, optimisation des doses d'insuline) avec des objets nomades de type smartphone, en permanence disponibles pour le patient.
- Dans le diabète de type 2, la télémédecine repose sur des outils visant une modification du comportement du patient (alimentation et activité physique en plus d'un ajustement du traitement) ; ils sont destinés à une prise en charge à large échelle des patients.

• Les prérequis d'un système qui « marche »

- Système « nomade » en permanence à disposition du patient ;
- Système simple de transfert des données vers le soignant sous un format facilement analysable ;
- Retour immédiat vers le patient (messages automatisés le plus souvent) ;
- Possibilité de communiquer avec le soignant ; la qualité du lien est la clé de la réussite.

risé peut les consulter dans un format directement interprétable d'emblée (figure 3). Ceci permet des consulta-

tions courtes, en moyenne de 5 minutes, mais itératives et adaptées aux situations d'initiation ou de renforce-

ment du suivi thérapeutique. De telles consultations permettent de rester dans le « capital temps-médecin » moyen disponible (30 minutes par semestre et par patient environ). Les premières évaluations réalisées [20, 21] montrent l'excellence des résultats obtenus en termes de profil glycémique, les glycémies postprandiales restant très exactement au même niveau que les glycémies pré-prandiales. La satisfaction des patients semble excellente et, dans leur grande majorité, ceux-ci souhaitent poursuivre avec ce système, éventuellement à leurs frais, plutôt que de retourner au carnet papier passif traditionnel [21]. Une étude multicentrique randomisée vient de confirmer l'amélioration métabolique apportée par un tel système [22]. Elle a inclus 180 adultes DT1 traités par basal-bolus depuis plus de 6 mois (par pompe à insuline ou multi-injections) et chroniquement déséquilibrés ($HbA_{1c} > 8\%$ à au moins deux reprises consécutives ; taux d' HbA_{1c} initial : $9,1 \pm 1,1\%$). Ces patients ont été randomisés en trois groupes, pendant 6 mois : contrôle avec suivi habituel par consultations trimestrielles (G1), système Diabéo avec consultations trimestrielles (G2) et système Diabéo couplé à des consultations téléphoniques brèves tous les 15 jours et sans consultation face à face (G3). Les patients n'ayant bénéficié que du carnet électronique (G2) améliorent leur taux d' HbA_{1c} de $0,7\%$ ($p < 0,01$) en moyenne à 6 mois, comparativement au groupe contrôle, et chez les patients ayant bénéficié en plus du suivi télé-médical (G3), le taux d' HbA_{1c} s'améliore en moyenne de $0,9\%$ ($p < 0,001$) par rapport au groupe contrôle sans augmentation des hypoglycémies. Dans ce dernier groupe, le temps médical utilisé pour les consultations téléphoniques reste identique à celui des consultations face à face des groupes 1 et 2 (1,2 h), mais le temps perdu par les patients est bien moindre et il n'y a aucune dépense de transport, ni aucune journée de travail perdue. Ce système est désormais disponible en routine, et accessible aux diabétologues et à leurs patients (équipés d'un smartphone) qui le souhaitent. La compatibilité du système avec les



Figure 2 : Système Diabéo. Première fonctionnalité : proposition automatique de dose avant un repas. L'écran de gauche visualise la prescription médicale pour le paramétrage de l'insulinothérapie fonctionnelle ; celui de droite calcule une proposition de dose en fonction de la glycémie préprandiale (1,95 g/l, ici) et de la ration de glucides envisagée (2,5 portions de 20 g), chez un patient prévoyant une activité physique inhabituelle.



Figure 3 : Système Diabéo. Seconde fonctionnalité : télétransmission via un site web protégé, des données du patient (à gauche), vers l'écran du soignant autorisé (à droite), sous forme de données récapitulatives hebdomadaires avec les commentaires éventuels du patient.

Télémédecine et diabète

principaux standards du marché est en cours. Des discussions sont actuellement en cours avec la Cnamts en vue de son remboursement.

Les expériences réalisées avec la télémédecine dans le diabète de type 2

Compte tenu du nombre de patients présentant un DT2, la télémédecine vise une prise en charge à grande échelle. On y retrouve les trois types de méthodes précédemment décrits dans le DT1, qui seront repris dans ce chapitre, et auxquels il faut ajouter des expériences plus simples centrées sur l'information et visant à délivrer au patient un message éducatif à moindre coût.

Délivrance d'un programme éducatif

La délivrance en trois séances par des éducateurs (infirmière et diététicienne) d'un programme éducatif centré sur la connaissance du diabète, sa prise en charge et sur le dépistage de ses complications a montré, dans une population de sujets diabétiques ($n = 56$; HbA_{1c} initiale : $8,6 \pm 1,8 \%$), une même réduction du taux d' HbA_{1c} , que ce programme éducatif soit délivré lors de consultations traditionnelles individuelles ou par l'intermédiaire de **vidéoconférences** ; le taux d' HbA_{1c} était ainsi de $7,8 \pm 1,5 \%$ dans les deux groupes immédiatement après le programme d'éducation, et se maintenait à ce taux 3 mois après la dernière séance [23]. Il semble donc que pour des messages éducatifs généraux, la télémédecine puisse faire aussi bien qu'une prise en charge traditionnelle.

La consultation téléphonique

Des études déjà un peu anciennes [24, 25] ont montré que le suivi téléphonique de patients diabétiques par une infirmière spécialisée améliorait l'équilibre glycémique. Toutefois, de tels programmes s'avèrent souvent prenants et coûteux.

Les interventions sur de larges populations ont conduit nécessairement à tenter d'orienter l'action du personnel

infirmier sur les patients identifiés comme les plus en difficulté. Dans l'étude de Piette *et al.*, conduite chez 248 *Veterans* (Anciens combattants) diabétiques [26], les patients ont été randomisés en deux groupes ; ceux du groupe intervention (GI, $n = 124$) avaient une série d'évaluations téléphoniques automatisées visant à identifier les sujets les plus en difficulté qui bénéficieraient en priorité de l'intervention ciblée d'une infirmière d'éducation (suivi téléphonique). La durée des contacts avec l'infirmière était en moyenne de 6 min/mois/patient. Cette infirmière n'était pas dans le centre de soins et n'avait pas de contact physique direct avec les patients, ni d'accès à leur dossier médical. Elle s'entretenait au cours des appels des résultats glycémiques avec le patient et délivrait des messages éducatifs plus généraux. Les patients du groupe contrôle (GC, $n = 124$) avaient quant à eux, une prise en charge traditionnelle. Les taux d' HbA_{1c} initiaux étaient comparables entre les deux groupes (GI vs GC : $8,8 \pm 1,8 \%$ vs $8,6 \pm 1,8 \%$), et l'évaluation à 12 mois ne retrouvait pas de différence (Δ d' HbA_{1c} , GI vs GC = $-0,3 \%$; $p = 0,10$). Seul résultat positif, le nombre de patients qui obtenait un taux d' $HbA_{1c} < 7 \%$ était deux fois plus important dans le GI que dans le GC (17% vs 8% ; $p = 0,04$). Ces résultats quelque peu décevants ont sans doute plusieurs explications : méconnaissance totale par l'infirmière de l'histoire du patient, temps de contact très court avec celui-ci, caractère général de l'intervention délivrée et système d'identification des patients les plus en difficulté peu efficient.

En France, le système de consultations téléphoniques a connu un regain d'intérêt avec le programme Sophia, lancé en France par la Cnamts, début 2008. Ce programme repose sur un accompagnement différentiel des patients suivant leur niveau de risque individuel, lui-même évalué d'après la sévérité des complications du diabète. Les patients jugés à « faible risque » se sont vus proposer l'envoi d'information sur la maladie. Ceux jugés à « risque intermédiaire ou élevé », pour lesquels l'objectif était de réduire la sévérité des complications et d'éviter la survenue de nouvelles complications se sont

ainsi vus proposer des appels téléphoniques par des infirmières qualifiées. Les résultats des évaluations de ce programme pilote, qui a concerné une population cible de 136 000 patients diabétiques répartis dans 10 départements métropolitains, ne sont pas encore connus, mais ce programme devrait être étendu prochainement à d'autres départements.

Des interventions téléphoniques, avec un **call center** employant un personnel non médical, ont également été développées pour en limiter les coûts. Très intéressante à cet égard est l'expérience conduite à Salford, en banlieue de Manchester, en Angleterre, avec un **call center** pour le suivi d'une large population de patients DT2 à faibles ressources [27]. Ce **call center** employait à temps partiel deux professionnels avec « *d'excellentes voix, calmes, rassurantes et professionnelles* » selon les termes de la publication, qui avaient été formés au préalable pendant 3 mois au dépistage des lacunes éducatives des patients diabétiques et à l'appréciation de leur éventuel désir de changer leur comportement, de leur observance au traitement et de leur pratique de l'autosurveillance glycémique. Cette intervention a été conduite sous le contrôle d'une infirmière spécialisée en diabétologie. Sur 2 894 patients DT2, soit 80 % des patients DT2 recensés à Salford, 508 ont accepté de participer à l'étude et ont été randomisés en deux groupes : 176 patients ont été inclus dans le groupe contrôle (prise en charge habituelle) et 332 patients dans le groupe intervention. Ces derniers étaient contactés par le **call-center**, à une fréquence variable selon leur niveau glycémique initial : appel téléphonique de 20 minutes : 1) tous les 3 mois si leur taux d' HbA_{1c} de départ était $< 7 \%$; 2) toutes les 7 semaines si leur taux était entre $7,1 \%$ et 9% ; 3) tous les mois si leur taux était au-dessus de 9% . Au total, après 12 mois et plus de 4 000 consultations téléphoniques, le taux d' HbA_{1c} moyen s'était amélioré de $0,31 \%$ dans le groupe intervention par rapport au groupe contrôle ([Intervalle de confiance à 95 %, IC95 % : $0,11-0,52$] ; $p = 0,003$). Plus intéressante est l'analyse différentielle selon le contrôle

glycémique initial qui a été réalisée : les patients initialement bien équilibrés ($\text{HbA}_{1c} < 7\%$) le restaient ; les patients insuffisamment équilibrés (HbA_{1c} entre 7 et 9 %) voyaient leur taux d' HbA_{1c} s'améliorer significativement par rapport au groupe contrôle ($-0,49\%$; $p < 0,001$). En revanche, la différence était minime et non significative ($-0,37\%$; $p = 0,33$) pour les patients très mal contrôlés ($\text{HbA}_{1c} > 9\%$). Ces résultats suggèrent que l'intervention d'un *call-center*, simple et peu coûteuse, peut être utile lorsqu'il existe des lacunes éducatives de base, des oublis ou un simple besoin de remotivation, mais elle n'est plus efficace en cas d'obstacles plus importants au traitement, tels que les attitudes de déni ou de refus, habituellement associées aux déséquilibres glycémiques sévères.

Les systèmes centrés sur la télétransmission des données glycémiques, avec retour par un soignant

Comme pour le DT1, de très nombreux essais ont été publiés utilisant différents systèmes centrés sur le transfert des données. On peut tenter de regrouper en trois catégories, ces systèmes qui permettent au patient de transmettre outre ses glycémies, toute une série de données utiles pour la prise en charge de son diabète et des éventuels facteurs de risque associés.

Les systèmes couplant téléphone cellulaire et site web

Nombre de ces systèmes font intervenir un téléphone cellulaire couplé à un serveur à distance. Dans l'étude pilote américaine rapportée par Quinn *et al.* [28], le système décrit (WellDoc™ System) comprenait un lecteur de glycémies One Touch® Ultra qui transmettait les données de glycémie capillaires par Blue Tooth vers un téléphone portable ; ces données étaient ensuite transmises du téléphone vers un serveur à distance ; des messages **automatiques étaient immédiatement** générés en retour selon les recommandations établies par le soignant, et apparaissaient sur l'écran de téléphone du patient. Le soignant pouvait visualiser les données du patient sur son écran d'ordinateur et le contacter si besoin. Trente patients

DT2 ont ainsi été inclus dans l'étude et randomisés en deux groupes : le groupe intervention bénéficiait du système de téléphone cellulaire couplé à Internet, le groupe contrôle d'un suivi conventionnel. Les résultats à 3 mois sont tout à fait étonnants : réduction moyenne du taux d' HbA_{1c} de $-2,03\%$ dans le groupe intervention contre $-0,68\%$ dans le groupe contrôle ($p < 0,02$) mais ce, pour un niveau glycémique moyen très élevé de départ : HbA_{1c} respectivement à $9,51\%$ et $9,05\%$. Dans le groupe intervention, 84% des patients ont eu des modifications ou des ajustements thérapeutiques par les soignants, contre 23% dans le groupe contrôle ($p = 0,02$). Côté patient, la *feedback* immédiat et la possibilité de recevoir les conseils d'une infirmière sur les adaptations de traitement d'après les résultats glycémiques et, côté soignant, l'envoi de carnets de bord permettant une lecture facile et rapide des données, sont sans nul doute les principaux points forts de ce type de système. L'étude coréenne rapportée par Yoon *et al.* [29], conduite chez 51 patients DT2, est basée sur un système comparable. Les patients du groupe intervention devaient accéder régulièrement à un site web en utilisant un téléphone cellulaire, ou se connecter à Internet et saisir leurs données (glycémies, en particulier) de façon hebdomadaire. Ces patients se voyaient alors adresser des recommandations par l'équipe soignante (infirmières, médecins) à la fois par le téléphone cellulaire (SMS) et via Internet, tandis que les patients du groupe contrôle étaient vus par leur diabétologue en consultations traditionnelles tout au long de l'étude. À 12 mois, il était noté une amélioration du taux d' HbA_{1c} dans le groupe intervention par rapport au groupe contrôle à tous les temps de l'évaluation (0, +3, +6, +9, +12 mois ; $p < 0,05$) ; à 12 mois, la variation moyenne du taux d' HbA_{1c} par rapport au début de l'étude était, là encore, très importante, diminution de $-1,32\%$ dans le groupe intervention et augmentation de $+0,81\%$ dans le groupe contrôle.

Les systèmes reposant sur un site web uniquement

Ces systèmes qui ne comprennent pas de téléphone font intervenir un site web avec une composante interactive le

plus souvent, le site web délivrant un contenu ainsi qu'un *feedback* aux participants. Un tel système a été testé dans l'étude de Kwon *et al.* [30] : 110 patients DT2 ont ainsi été randomisés en deux groupes de même taille. Les patients des deux groupes recevaient les mêmes recommandations initiales : une à trois glycémies par jour, 3 jours/semaine au moins. Dans le groupe intervention, les patients avaient accès à un site web et devaient envoyer leurs résultats de glycémies pratiquées avant et après les repas, ainsi que des informations sur leur traitement (type, dose d'insuline et posologie d'ADO). Ces données étaient visualisées par l'équipe soignante constituée de trois médecins endocrinologues, d'une diététicienne, et d'une infirmière. Les patients pouvaient également enregistrer des changements de pression artérielle (PA) ou de poids corporel, et interroger l'équipe soignante via Internet. Ils recevaient en retour des recommandations via Internet, établies suivant les Recommandations coréennes. Dans le groupe contrôle, les patients ont eu deux à trois consultations traditionnelles au cours des 12 semaines d'étude. Dans le groupe intervention, le taux d' HbA_{1c} moyen est passé de $7,6\%$ à $6,9\%$ (Δ d' HbA_{1c} : $-0,5\%$; $p < 0,001$), alors qu'il s'est détérioré dans le groupe contrôle, passant, en moyenne, de $7,2\%$ à $7,6\%$, (Δ d' HbA_{1c} : $+0,3\%$; $p < 0,001$) avec une différence significative entre les deux groupes à 12 semaines ($p < 0,001$). L'interactivité du système était importante, puisque le nombre moyen de questions posées par chaque patient du groupe intervention pendant l'étude était de 14. Ces bons résultats se sont maintenus sur le long terme. Ainsi, chez les 80 patients DT2 qui ont participé à l'étude long terme [31], le bénéfice en terme d' HbA_{1c} dans le groupe intervention par rapport au groupe contrôle s'est maintenu à 30 mois ($6,9 \pm 0,9\%$ vs $7,5 \pm 1,0\%$; $p = 0,023$). L'analyse différentielle selon les niveaux glycémiques initiaux a montré des réductions significativement plus importantes du taux d' HbA_{1c} dans le groupe intervention par rapport au groupe contrôle, qu'il s'agisse de patients bien ($\text{HbA}_{1c} < 7\%$) ou mal contrôlés ($\text{HbA}_{1c} \geq 7\%$).

Télémédecine et diabète

Le caractère interactif du système, avec la possibilité d'interroger le personnel soignant, est sans doute là son atout majeur.

Les systèmes plus complexes

Des systèmes beaucoup plus sophistiqués ont été élaborés, avec mise à disposition pour le patient d'un ordinateur lui permettant de saisir et de transmettre depuis son domicile toute une série de données. De tels systèmes ont notamment été développés pour assurer la prise en charge de patients DT2 dans des conditions particulières (lieu de résidence éloigné du centre de soins, conditions sociales difficiles, sujets âgés).

– Dans le projet IDEATel, 1 665 DT2, bénéficiaires du système d'assurance Medicare, d'âge moyen 71 ans, résidant dans des zones isolées de l'État de New-York, aux États-Unis, ont été randomisés en deux groupes : soit prise en charge par télémédecine (groupe intervention, GI), $n = 844$; soit suivi habituel (groupe contrôle, GC), $n = 821$. Le groupe intervention disposait d'une unité de télémédecine à domicile avec vidéoconférence, système de suivi à distance de la glycémie capillaire et de la PA, avec la possibilité pour l'infirmière d'accéder aux données du patient et communiquer avec lui par un système de messagerie. Toutefois, malgré cet équipement lourd et coûteux (3 425 \$ par unité de télémédecine, en 2006), les résultats métaboliques sont décevants, le taux d'HbA_{1c} passant, en moyenne, de 7,35 % à 6,97 % à 1 an dans le GI, et de 7,42 % à 7,17 % dans le GC, avec une différence moyenne d'HbA_{1c} entre les deux groupes de seulement 0,18 % à 1 an, statistiquement significative ($p < 0,006$), mais non pertinente cliniquement ; de plus, si les patients du groupe intervention se disaient très satisfaits du système, seuls 41 % d'entre eux ont répondu au questionnaire de satisfaction [32]. La différence à 5 ans entre les deux groupes n'est guère meilleure (Δ d'HbA_{1c} : 0,29 % [IC95 % : 0,12-0,46]) [33].

– Bien que reposant sur un schéma comparable, l'étude de faisabilité sur 12 mois, rapportée par McMahon *et al.* [34], évaluant un système de prise en

charge de la glycémie et de la PA basée sur le web chez des patients avec un DT2 mal contrôlé, a montré des résultats plus favorables : 104 patients DT2, ayant un taux d'HbA_{1c} ≥ 9 %, pris en charge par le service du système de soins de Boston pour *Veterans*, ont été inclus. Tous ont suivi une séance d'une demi-journée d'éducation sur le diabète et ont rencontré une équipe d'éducateurs (une infirmière, un nutritionniste et un pharmacien). Ces 104 patients ont été randomisés en deux groupes : prise en charge habituelle (groupe contrôle, GC : $n = 52$) ou prise en charge renforcée par l'intermédiaire d'un site web (groupe intervention, GI : $n = 52$). Dans ce dernier groupe, les patients recevaient un carnet de notes électronique, un système pour suivre les glycémies et la PA au domicile, et l'accès au site web de prise en charge. Les données des systèmes de surveillance (glycémies et PA) étaient téléchargées sur le site web et présentées sous une forme facilement lisible (graphiques/tableaux) pour le patient et pour le soignant qui les analysait. Le site fournissait des modules d'éducation et les patients pouvaient communiquer avec le soignant par une messagerie interne via le site web. Les caractéristiques de base des deux groupes de patients étaient comparables (GI, HbA_{1c} moyenne : 10,0 % ; GC, HbA_{1c} moyenne : 9,9 %). Une réduction significative du taux d'HbA_{1c} a été obtenue dans les deux groupes ($p < 0,001$) à 3, 6, 9 et 12 mois, par rapport au taux initial et elle était plus importante au cours du temps (12 mois) dans le GI par rapport au GC ($p < 0,05$). À 12 mois, la réduction par rapport au début de l'étude était de $-1,6 \pm 1,4$ % dans le GI, et de $-1,2 \pm 1,4$ % dans le GC. Plus intéressante est la corrélation entre le niveau d'utilisation du système et le niveau de contrôle glycémique. Les sujets qui ont utilisé le site web en continu réduisaient plus leur taux d'HbA_{1c} que ceux qui l'ont utilisé de façon intermittente ($-1,9 \pm 1,2$ % vs $-1,2 \pm 1,2$ % ; $p = 0,051$) ou que ceux du groupe contrôle ($p < 0,05$). Un plus grand nombre de téléchargements de données sur le site web était associé à une réduction plus importante du taux d'HbA_{1c} (tertile le plus élevé de données téléchargées : $-2,1 \pm 1,1$ %, tertile le

plus bas : $-1,1 \pm 1,7$ % ; $p < 0,05$). Cette corrélation entre le degré d'amélioration du taux d'HbA_{1c} et le degré d'interactivité souligne à nouveau la nécessité de contacts fréquents pour une bonne efficacité du système.

Les carnets électroniques « actifs » sur smartphone

Comme pour le DT1, des systèmes de télémédecine faisant intervenir des smartphones ont été développés, pouvant assurer plusieurs fonctionnalités : collecte des données, aide à la décision des doses d'insuline lente, et possibilité de transfert des données via Internet vers un site web sécurisé avec un retour possible du soignant vers le patient. Ces outils, de petite taille, très maniables, visent à conférer une plus grande autonomie au patient dans la gestion de sa maladie. Certaines expériences publiées dans le DT2 sont centrées sur l'adaptation des doses d'insuline, d'autres sur la prise en charge diététique ou l'activité physique. L'évaluation, lorsqu'elle existe, repose généralement sur l'évolution des taux d'HbA_{1c}.

Interventions centrées sur l'adaptation de la dose d'insuline basale

Chez les patients DT2 dont l'équilibre glycémique était insuffisant sous ADO et pour lesquels l'introduction d'une injection d'analogue lent de l'insuline au coucher était envisagée, il a été montré que la dose d'insuline était souvent insuffisante pour permettre un bon contrôle de la glycémie à jeun et ce, malgré les recommandations données par leur soignant. Le système T+, précédemment décrit [17] a été adapté et modifié pour émettre automatiquement une recommandation d'augmenter la dose d'insuline selon la prescription du médecin, tant que les glycémies à jeun (GAJ) restaient au-dessus du seuil fixé. Une étude de faisabilité a montré que les patients adhéraient au système et arrivaient en dessous du seuil fixé pour la glycémie à jeun (dans cette étude : 1,10 g/l) en moyenne en 22 jours, et s'y maintenaient, avec un taux d'HbA_{1c} ramené, en moyenne, de 8,5 % à 7,1 % au bout de 3 mois [35].

Interventions centrées sur la diététique

- Une première étude a évalué, aux États-Unis, le résultat de l'intervention d'un nutritionniste couplée à l'usage d'un ordinateur de poche personnel (PDA, *Personal Data Assistant*) avec base alimentaire, pour déterminer l'index glycémique des aliments et orienter les choix alimentaires des patients DT2 [36]. Dans cette population, ayant un taux d'HbA_{1c} moyen initial de 8 %, le résultat, en terme de réduction du taux d'HbA_{1c} à 6 mois, est seulement de -0,5 % ($p = 0,02$). Ce résultat modeste, associé au faible effectif de l'étude ($n = 13$), à l'absence de groupe contrôle, et au niveau de satisfaction très mitigé à l'égard du système, laisse penser que ce système ne dépassera pas le stade expérimental. Les principales critiques étaient la difficulté à trouver les aliments consommés dans la base alimentaire, la contrainte d'enregistrer en continu les aliments consommés, ou la taille de l'écran jugé trop petit.

- Plus intéressante est l'étude de Tsang *et al.* [37], conduite à Hong-Kong, dont l'objectif était d'évaluer un système de suivi informatisé du diabète pour transmettre des données de diététique. Une étude interventionnelle prospective a ainsi été conduite, en traitement croisé, sur 6 mois (12 semaines, intervention, et 12 semaines, contrôle) chez 20 patients diabétiques (type de diabète non précisé). Un carnet électronique de poche, connecté à une ligne téléphonique, a été utilisé pour monitorer la diététique et les résultats des valeurs de glycémies ; ces données étaient ensuite envoyées, *via* un modem, deux fois par semaine à l'équipe soignante du centre. Les patients recevaient un *feedback* immédiat automatisé sur le contenu de l'alimentation (glucides, protéides, lipides, calories). Ils pouvaient également poser des questions et obtenir des suggestions du soignant par e-mails. Pendant les périodes d'utilisation du système (intervention), la réduction moyenne du taux d'HbA_{1c} était de -0,825 % ($p < 0,019$) par rapport aux périodes de contrôle. Les patients étaient satisfaits du système : 95 % l'ont jugé facile à utiliser, et 63 % utile.

Ce bon résultat laisse penser qu'une intervention centrée sur la diététique peut s'avérer intéressante dans la prise en charge de patients DT2, en particulier lorsque le patient peut disposer, comme dans cette étude, d'un *feedback* automatique immédiat. Il n'est toutefois pas certain que de tels résultats soient transposables, ou généralisables, dans nos populations de patients DT2.

Interventions centrées sur l'activité physique

Un certain nombre de systèmes ont été développés, visant à augmenter l'activité physique des sujets DT2. Ainsi, le système D-Net a-t-il été conçu avec cet objectif (programme personnalisé sur 8 semaines, *on-line*, visant à augmenter le temps d'activité physique et reposant sur l'intervention d'un coach à distance). Ce système a été testé dans une population de 78 patients DT2, sur 3 mois. Cette intervention a permis une augmentation modérée de l'activité physique dans le groupe qui utilisait le système ; toutefois l'absence d'évaluation métabolique en limite la portée [38].

Vers un système plus complet qui intègre les différentes fonctionnalités

Une version du système Diabéo a été adaptée au DT2 pour répondre aux différentes attentes des patients et de leurs soignants. Ce système Diabéo pour le DT2 est destiné aux patients insuffisamment contrôlés sous ADO et qui justifient de l'introduction d'une injection d'insuline basale le soir au coucher. Pour pallier aux insuffisances de titration de l'insuline basale, le système Diabéo a été adapté pour apporter une proposition automatisée de dose selon l'algorithme défini par le médecin (*figure 4*). Il propose également, lorsque cette fonctionnalité a été activée – et c'est là son côté novateur –, un message automatique délivrant des conseils sur la diététique (*figure 5*) ou l'activité physique (*figure 6*) (fonctions de *coaching*), si les résultats de glycémies postprandiales, ou de fin d'après-midi, sont hors objectifs, ainsi qu'une intervention en cas d'hypoglycémies et une incitation à faire plus de contrôles glycémiques à des moments choisis (*figure 7*).

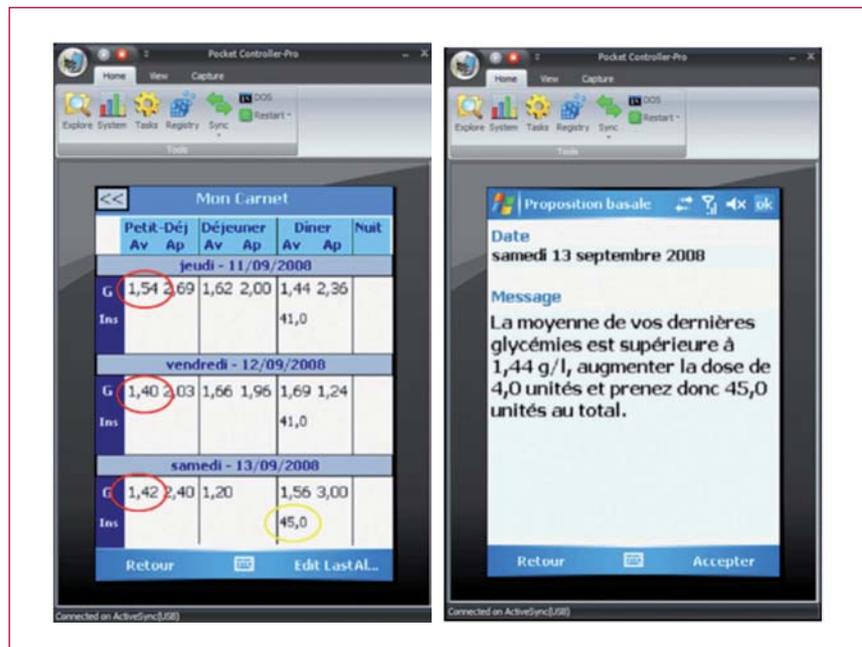


Figure 4 : Aide à l'adaptation de la dose d'insuline avec le système Diabéo 2 : diabète de type 2 traité par 41 U d'insuline lente au coucher, objectif glycémique du lever non atteint. À gauche, les données du patient, à l'écran ; à droite, la recommandation qui s'affiche automatiquement (suivant la prescription électronique préalable du médecin).

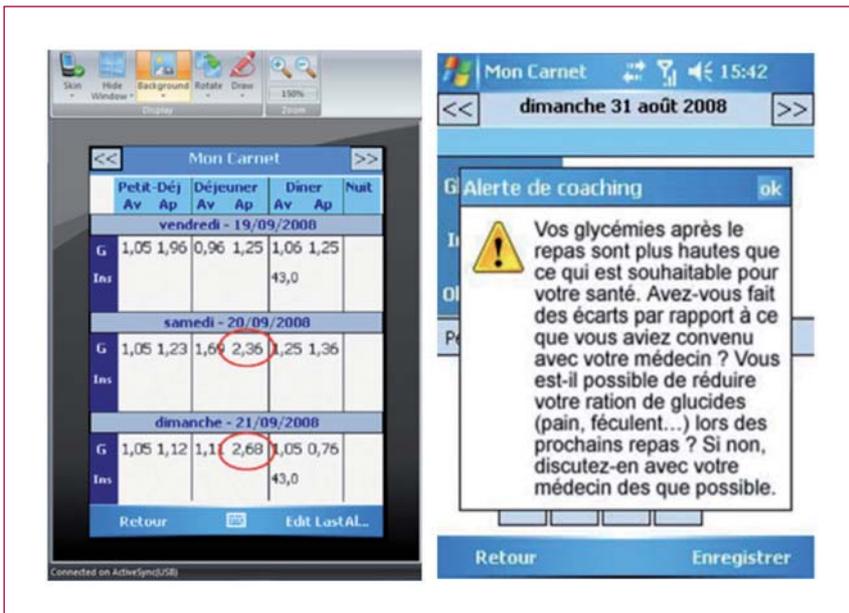


Figure 5 : Aide au contrôle alimentaire en fonction des glycémie postprandiales avec le système Diabéo 2 : diabète de type 2 traité par 43 U d'insuline lente au coucher + antidiabétiques oraux + régime, objectifs glycémiques postprandiaux non atteints. À gauche, les données du patient, à l'écran ; à droite, la recommandation qui s'affiche automatiquement (modifiable par le soignant suivant les patients).

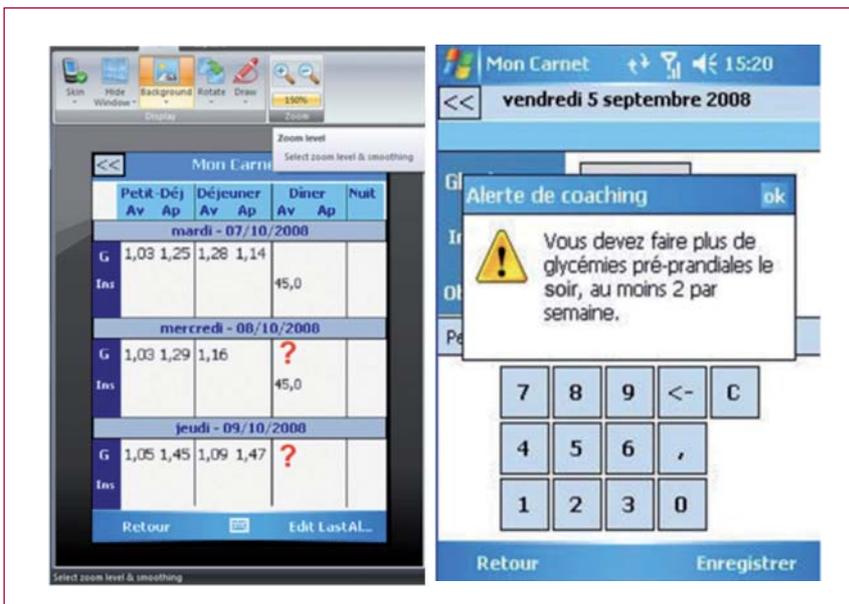


Figure 6 : Incitation à faire plus de contrôles glycémiques : à gauche, les résultats glycémiques du patient, à l'écran ; à droite, la recommandation qui s'affiche automatiquement (modifiable par le soignant suivant les patients).

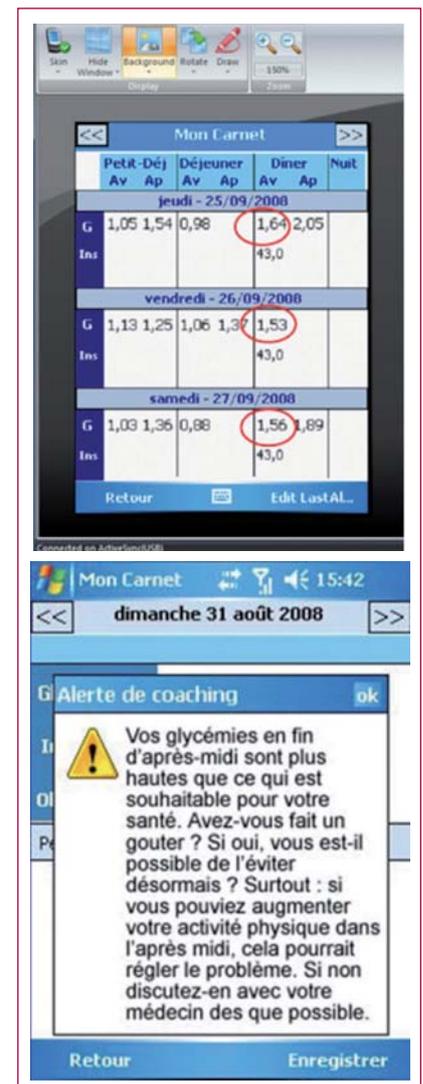


Figure 7 : Incitation à faire plus d'activité physique pour améliorer les glycémies de fin d'après-midi : en haut, les résultats du patient, en particulier ses glycémies en fin de journée, hors objectifs ; en bas, la recommandation qui s'affiche automatiquement (modifiable par le soignant suivant les patients).

Ce système est actuellement en cours d'évaluation dans le cadre de l'étude multicentrique Télédiab2.

Conflits d'intérêt

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt relatif au contenu de cet article.

Conclusion

La télémédecine a connu depuis quelques années une efflorescence d'expérimentations dont la plupart n'ont pas pu montrer une supériorité par rapport d'une prise en charge traditionnelle. C'est ce qui explique les résultats négatifs ou au mieux, minces, de la télémédecine appliquée au diabète évaluée de façon globale à travers des méta-analyses, additionnant pêle-mêle, toutes les études quelles que soient les méthodes utilisées, le type de diabète (DT1 ou DT2) ou les populations étudiées (enfants ou adultes). Ainsi, une méta-analyse [39] a été réalisée à partir de neuf essais randomisés disponibles dans la littérature en 2005, impliquant 636 patients. La baisse moyenne du taux d'HbA_{1c} observée par rapport aux groupes contrôles, était de -0,11 %, c'est-à-dire cliniquement insignifiante et statistiquement non significative. La méta-analyse de Verhoeven *et al.*, pratiquée à partir des résultats regroupés de six essais cliniques randomisés, a abouti à un constat similaire [40]. Très récemment, une nouvelle méta-analyse, incorporant quelques études supplémentaires, arrive au seuil de significativité statistique en faveur de la télémédecine, mais le gain en terme d'HbA_{1c} est faible (-0,21 %) et cliniquement peu important [41].

L'analyse comparative de ces études révèle que les systèmes efficaces pour une prise en charge à large échelle (chez les DT2 avant tout) reposent sur une interactivité importante entre patient et soignant, condition indispensable à une action efficace et durable.

Pour les interventions plus technologiques (chez les DT1 surtout), ce que les patients attendent, ce sont :

- **des objets électroniques simples d'utilisation, directement disponibles, et que l'on peut mettre dans la poche.** La preuve en est l'engouement pour les smartphones et le succès des programmes qui ont utilisé leurs fonctionnalités. *A contrario*, la difficulté d'obtenir adhésion du patient et bons résultats avec des systèmes faisant appel à des ordinateurs fixes, surtout s'il faut en plus y télécharger son lecteur glycémique ;
- **des programmes qui répondent immédiatement à la question posée :** d'où les médiocres résultats des nombreux systèmes de transferts de glycémies avec retour rétrospectif retardé concernant l'adaptation des doses d'insuline. D'où aussi, les succès brillants des systèmes intégrant des algorithmes de calcul de doses automatique. Il en va de même pour l'alimentation ;
- **une interactivité facile, avec un soignant connu :** d'où les bons résultats obtenus avec les téléconsultations, et les moins bons résultats, quand le contact humain se fait par l'intermédiaire d'un SMS ou d'un e-mail, ou bien lorsque la personne au bout du fil est une inconnue.

L'amélioration des téléphones-ordinateurs de poche, ou smartphones et la transmission sécurisée des données par GPRS et Internet permettent désormais l'avènement de nouveaux outils d'un maniement très simple. On peut penser que ces « carnets électroniques actifs » remplaceront, dans l'avenir, les traditionnels carnets papier, et permettront des propositions de doses d'insuline avec application automatique des algorithmes d'adaptations de doses prescrites au patient par son médecin. La saisie des glycémies ne sera plus à faire, car il existe déjà des micro-lecteurs glycémiques *pluggables* dans des smartphones. En attendant la connexion directe avec le capteur de glycémie et le retour vers la commande de la pompe ! Ils permettront aussi de guider les choix alimentaires via une base de données alimentaire embarquée, très large et très maniable, d'encourager la dépense physique selon les circonstances et les glycémies du moment. La télétransmission automatique des résultats permettra un meilleur suivi, avec probablement une économie de temps pour le médecin, mais aussi pour le patient en lui supprimant un certain nombre de déplacements urbains, le temps d'attente hospitalière et souvent, la journée de travail perdue. De tels systèmes peuvent être adaptés aussi bien aux sujets jeunes avec des schémas thérapeutiques complexes, qu'aux sujets âgés avec schémas insuliniques simplifiés, ou même centrés sur la résolution de problèmes alimentaires ou de dépense physique.

Des études multicentriques restent à faire pour confirmer l'efficacité, la sécurité et la maniabilité de tels systèmes. La diffusion en routine de ce type de prise en charge, qui jusqu'à présent n'a guère été réalisée avec la plupart des systèmes publiés, dépendra de l'aptitude au changement des patients... et de leurs soignants. Mais elle dépendra aussi de la part prise en charge par l'Assurance maladie et de la charge financière qui incombera au patient, ainsi que de la valorisation des consultations téléphoniques, en termes de T2A pour les hôpitaux, ou de consultation libérale.

Références

- [1] Simon P, Acker D. La place de la télémédecine dans l'organisation des soins. Rapport; 2008 www.decisionsante.com/fileadmin/uploads/.../Rapport_telemedecine.pdf
- [2] Lasbordes P. La télésanté : un nouvel atout au service de notre bien-être. Rapport; 2009. http://www.sante-sports.gouv.fr/IMG/pdf/2009_11_10_Rapport-Telesante.pdf
- [3] Legmann M, Lucas J. Télémédecine : les préconisations du Conseil National de l'Ordre des

Médecins; 2009. www.web.ordre.medecin.fr/rapport/telemedecine2009.pdf

[4] DAFNE Study Group. Training in flexible, intensive insulin management to enable dietary freedom in people with type 1 diabetes: dose adjustment for normal eating (DAFNE) randomised controlled trial. *BMJ* 2002;325:746-52.

[5] Bott S, Bott U, Berger M, Mühlhauser I. Intensified insulin therapy and the risk of severe hypoglycaemia. *Diabetologia* 1997;40:926-32.

[6] Fagot-Campagna A, Fosse S, Roudier C, et al; Comité scientifique d'Entred. Caractéristiques, risque vasculaire et complications chez les personnes diabétiques en France métropolitaine : d'importantes évolutions entre Entred 2001 et Entred 2007. *Bull Épidémiol Hebd (BEH)* 2009;42-43:464-9.

[7] American Diabetes Association. Clinical practices recommendations 2010. Standards of medical care in diabetes--2010. *Diabetes Care* 2010;33(Suppl.1):S11-61.

Télémédecine et diabète

- [8] Miller LV, Goldstein J. More efficient care of diabetic patients in a county-hospital setting. *N Engl J Med* 1972;286:1388-91.
- [9] Thompson DM, Kozak SE, Sheps S. Insulin adjustment by a diabetes nurse educator improves glucose control in insulin-requiring diabetic patients: a randomized trial. *CMAJ* 1999;161:959-62.
- [10] The Diabetes Control and Complications Trial Research Group. The effect of intensive treatment of diabetes on the development and progression of long-term complications in insulin-dependent diabetes mellitus. *N Engl J Med*. 1993;329:977-86.
- [11] Montori VM, Helgemoe PK, Guyatt GH, et al. Telecare for patients with type 1 diabetes and inadequate glycemic control: a randomized controlled trial and meta-analysis. *Diabetes Care* 2004;27:1088-94.
- [12] Jansà M, Vidal M, Viaplana J, et al. Telecare in a structured therapeutic education programme addressed to patients with type 1 diabetes and poor metabolic control. *Diabetes Res Clin Pract*. 2006;74:26-32.
- [13] Bellazzi R, Larizza C, Montani S. A telemedicine support for diabetes management: the T-IDDM project. *Comput Methods Programs Biomed*. 2002;69:147-61.
- [14] Gómez EJ, Hernando ME, Garcia A, et al. Telemedicine as a tool for intensive management of diabetes: the DIABTel experience. *Comput Methods Programs Biomed* 2002;69:163-77.
- [15] Rigla M, Hernando ME, Gómez EJ, et al. A telemedicine system that includes a personal assistant improves glycemic control in pump-treated patients with type 1 diabetes. *J Diabetes Sci Technol* 2007;1:505-10.
- [16] Benhamou PY, Melki V, Boizel R, et al. One-year efficacy and safety of Web-based follow-up using cellular phone in type 1 diabetic patients under insulin pump therapy: the PumpNet study. *Diabetes Metab*. 2007;33:220-6.
- [17] Farmer AJ, Gibson OJ, Dudley C, et al. A randomized controlled trial of the effect of real-time telemedicine support on glycemic control in young adults with type 1 diabetes (ISRCTN 46889446). *Diabetes Care* 2005;28:2697-702.
- [18] Vespasiani G, Rossi MCE, Nicolucci A, et al. Interactive diary for diabetes: a useful and easy-to-use new telemedicine system to support the decision-making process in type 1 diabetes. *Diabetologia* 2006;49(suppl.1):S552-3 [Abstract PS907].
- [19] Rossi MC, Nicolucci A, Di Bartolo P, et al. Diabetes Interactive Diary: a new telemedicine system enabling flexible diet and insulin therapy while improving quality of life: an open-label, international, multicenter, randomized study. *Diabetes Care*. 2010;33:109-15.
- [20] Dardari D, Franc S, Boucherie B, et al. Formation et suivi des patients atteints de diabète de type 1 à l'insulinothérapie fonctionnelle par PDA-phone et internet associé au téléphone. Etude de faisabilité. *Diabetes Metab* 2006;32(Hors série 1):1S73 [Abstract P136].
- [21] Franc S, Dardari D, Boucherie B, et al. Real-life application and validation of flexible intensive insulin-therapy algorithms in type 1 diabetes patients. *Diabetes Metab* 2009;35:463-8.
- [22] Penfornis A, Clergeot A, Dardari D, et al. Amélioration de l'équilibre glycémique par le système de télé-médecine DIABEO chez des patients diabétiques de type 1 : résultats de l'étude Télédiab1. *Diabetes Metab* 2010;36(Special issue 1):A20-A21 [Abstract O77].
- [23] Izquierdo RE, Knudson PE, Meyer S, et al. A comparison of diabetes education administered through telemedicine versus in person. *Diabetes Care* 2003;26:1002-7.
- [24] Weinberger M, Kirkman MS, Samsa GP, et al. A nurse-coordinated intervention for primary care patients with non-insulin-dependent diabetes mellitus: impact on glycemic control and health-related quality of life. *J Gen Intern Med* 1995;10:59-66.
- [25] Aubert RE, Herman WH, Waters J, et al. Nurse case management to improve glycemic control in diabetic patients in a health maintenance organization. A randomized, controlled trial. *Ann Intern Med* 1998;129:605-12.
- [26] Piette JD, Weinberger M, McPhee SJ, et al. Do automated calls with nurse follow-up improve self-care and glycemic control among vulnerable patients with diabetes? *Am J Med* 2000;108:20-7.
- [27] Young RJ, Taylor J, Friede T, et al. Proactive call center treatment support (PACCTS) to improve glucose control in type 2 diabetes: a randomized controlled trial. *Diabetes Care* 2005;28:278-82.
- [28] Quinn CC, Clough SS, Minor JM, et al. WellDoc mobile diabetes management randomized controlled trial: change in clinical and behavioral outcomes and patient and physician satisfaction. *Diabetes Technol Ther* 2008;10:160-8.
- [29] Yoon KH, Kim HS. A short message service by cellular phone in type 2 diabetic patients for 12 months. *Diabetes Res Clin Pract* 2008;79:25661.
- [30] Kwon HS, Cho JH, Kim HS, et al. Establishment of blood glucose monitoring system using the internet. *Diabetes Care* 2004;27:478-83.
- [31] Cho JH, Chang SA, Kwon HS, et al. Long-term effect of the Internet-based glucose monitoring system on HbA1c reduction and glucose stability: a 30-month follow-up study for management with a ubiquitous medical care system. *Diabetes Care* 2006;29:2625-31.
- [32] Trief PM, Teresi JA, Izquierdo R, et al. Psychosocial outcomes of telemedicine case management for elderly patients with diabetes: the randomized IDEATel trial. *Diabetes Care* 2007;30:1266-8.
- [33] Shea S, Weinstock RS, Teresi JA, et al; IDEATel Consortium. A randomized trial comparing telemedicine case management with usual care in older, ethnically diverse, medically underserved patients with diabetes mellitus: 5 year results of the IDEATel Study. *J Am Med Inform Assoc* 2009;16:446-56.
- [34] McMahon GT, Gomes HE, Hickson Hohne S, et al. Web-based care management in patients with poorly controlled diabetes. *Diabetes Care* 2005;28:1624-9.
- [35] Dardari D, Franc S, Feldmar J, et al. Intérêt du système T+ pour l'adaptation des doses d'insuline chez les sujets diabétiques de type 2. *Diabetes Metab* 2007;33(Special issue.1):1S89 [Abstract P180].
- [36] Ma Y, Olendzki BC, Chiriboga D, et al. PDA-assisted low glycemic index dietary intervention for type II diabetes: a pilot study. *Eur J Clin Nutr* 2006;60:1235-43.
- [37] Tsang MW, Mok M, Kam G, et al. Improvement in diabetes control with a monitoring system based on a hand-held, touch-screen electronic diary. *J Telemed Telecare* 2001;7:47-50.
- [38] McKay HG, King D, Eakin EG, et al. The diabetes network internet-based physical activity intervention. *Diabetes Care* 2001;24:1328-34.
- [39] Farmer A, Gibson OJ, Tarassenko L, Neil A. A systematic review of telemedicine interventions to support blood glucose self-monitoring in diabetes. *Diabet Med* 2005;22:1372-8.
- [40] Verhoeven F, Van Gemert-Pijnen L, Dijkstra K, et al. The contribution of teleconsultation and videoconferencing to diabetes care: a systematic literature review. *J Med Internet Res* 2007;9:e37.
- [41] Polisen J, Tran K, Cimon K, et al. Home telehealth for diabetes management: a systematic review and meta-analysis. *Diabetes Obes Metab* 2009;11:913-30.