

Insulinothérapie fonctionnelle : un modèle d'approche éducative pour les patients ayant un diabète de type 1

Flexible insulin therapy: A model of educational approach for type 1 diabetic patients

A. Mohn, C. Kavan, E. Bourcelot, C. Zimmermann, A. Penfornis

Service d'endocrinologie-métabolisme et diabétologie-nutrition, Hôpital Jean Minjoz, CHU de Besançon, EA 3920, Université de Franche-Comté, Besançon

Résumé

L'avènement des analogues rapides, puis lents, de l'insuline a permis, depuis quelques années, une intensification du traitement par insuline sous forme de schémas « basal-bolus » par injections multiples ou par pompe. Grâce à ces schémas, il a été possible pour la première fois d'allier amélioration du contrôle glycémique et diminution du risque d'hypoglycémie. Ce sont ces schémas qui ont également remis au goût du jour une approche du traitement du diabète de type 1, décrite pour la première fois il y a de nombreuses années : l'insulinothérapie fonctionnelle (IF). Dans cet article, nous décrivons et discutons la technique de l'IF et l'éducation thérapeutique du patient spécifique à l'IF.

Mots-clés : Diabète de type 1 – insuline – insulinothérapie fonctionnelle – épreuve de jeûne – éducation thérapeutique du patient.

Summary

The advent of rapid insulin analogs, then of long-acting insulin analogs, has permitted, for some years, to intensify treatment with insulin as "basal-bolus" schemes using multiple daily injections or insulin pumps. Thanks to these schemes, for the first time it was possible to combine improvement in glycemic control and decrease in the hypoglycaemic risk. Also, these intensive schemes have rejuvenated a type 1 diabetes' treatment approach initially described several years ago: the flexible insulin therapy. In this paper, we describe and discuss the flexible insulin therapy modalities and its specific patient's therapeutic education.

Key-words: Type 1 diabetes – insulin – flexible insulin therapy – fasting test – patient's therapeutic education.

Introduction

• Les objectifs de la prise en charge du diabète de type 1 (DT1) résident en la prévention des complications aiguës et chroniques, tout en maintenant une vie sociale, professionnelle et familiale de qualité. La prévention des complications chroniques passe par l'obtention d'un équilibre glycémique proche de la normale. L'approche d'un tel équilibre par les outils du *Diabetes Control and Complications Trial* (DCCT) (≥ 3 injections

d'insuline humaine, ou pompe à insuline avec insuline rapide) s'accompagne, cependant, d'une augmentation substantielle du nombre d'hypoglycémies sévères, incompatible avec l'atteinte du second objectif, le maintien d'une vie quotidienne de qualité. Les greffes de pancréas ou d'îlots de Langerhans peuvent permettre d'associer normoglycémie et absence d'hypoglycémies, mais sont réservées à des indications particulières et, heureusement, peu fréquentes, et exposent à d'autres inconvénients (morbidité des

Correspondance :

Alfred Penfornis

Service d'endocrinologie-métabolisme et diabétologie-nutrition
Hôpital Jean Minjoz
CHU de Besançon
2, boulevard Fleming
25030 Besançon cedex
alfred.penfornis@univ-fcomte.fr

Le futur du diabète de type 1

procédures, complications du traitement immunosuppresseur).

- La technique d'insulinothérapie fonctionnelle (IF) complète parfaitement les schémas « basal-bolus » (*encadré 1*) en contribuant, d'une part, à la baisse du risque d'hypoglycémie sévère et, d'autre part, en participant à l'amélioration de la qualité de vie au travers du transfert du « pouvoir » du soignant vers le patient qui retrouve une autonomie perdue [1]. Il s'agit de proposer au patient des outils pour qu'il puisse adapter le diabète à sa vie, et non l'inverse.

Y a-t-il un schéma d'insulinothérapie idéal pour l'IF ?

L'IF vise à reproduire l'insulinosécrétion physiologique avec son débit « basal » et ses « bolus » prandiaux. Comme les outils et les calculs de l'IF sont loin d'atteindre la perfection fonctionnelle de la cellule β , il faut y ajouter des correctifs instantanés plusieurs fois par jour. La supériorité du traitement par pompe à insuline, à la fois pour mimer le débit de base et ses fluctuations nycthémerales, et pour permettre, sans contraintes supplémentaires, les correctifs thérapeutiques nécessaires, est démontrée. On peut donc aisément affirmer que la pompe à insuline est l'outil idéal pour la réalisation de l'IF. Cela dit, l'utilisation d'un schéma basal-bolus avec les analogues rapides et lents de l'insuline est parfaitement adaptée à la pratique de l'IF.

L'IF : demander le programme !

Si les modalités précises changent d'une équipe à une autre, le fond du programme de l'IF reste le même.

Estimation des besoins de base

L'estimation des besoins de base s'effectue lors d'un jeûne qui peut être total, ou glucidique avec des apports lipidiques et protidiques restreints (petit-déjeuner : café ou thé sans sucre ; déjeuner et dîner : salade avec peu de sauce vinaigrette, 100 g de viande ou équivalent, une petite portion de fromage). Le jour du test, l'activité physique doit être

Encadré 1 : Les grands principes de l'insulinothérapie fonctionnelle

- Prise en compte séparée de l'insuline basale (insuline pour vivre [analogue lent de l'insuline humaine, ou débit de base d'une pompe à insuline]) et de l'insuline prandiale (insuline pour manger, analogue rapide de l'insuline).
- Adaptation des doses de ces insulines aux différentes situations de la vie courante (activité physique, stress, maladie, repas exceptionnels, etc.).
- Recours à des injections d'insuline supplémentaires dites « de correction », ou encore, pour « soigner » la glycémie.
- Détermination de la quantité de glucides nécessaire et suffisante à corriger une hypoglycémie.

habituelle pour la personne en question. Les besoins en insuline sont théoriquement de 0,3 à 0,4 unités (U)/kg/j, la dose variant selon la sensibilité individuelle à l'insuline. Dans l'hypothèse d'un jeûne glucidique, il y a lieu d'injecter 1 U d'analogue rapide de l'insuline pour la portion protéique du déjeuner et du dîner, afin d'éviter un pic glycémique post-prandial. Ce supplément n'est, en fait, pas souvent nécessaire si la glycémie pré-prandiale est < 1 g/l. Il doit, en revanche, être majoré si la glycémie est $> 1,20$ g/l. Les glycémies capillaires sont mesurées toutes les 2 heures au minimum pendant la journée, ainsi qu'à 22:00 h, 03:00 h, 06:00 h et 08:00 h. La nuit précédant le début du jeûne, il est préconisé de réaliser une première glycémie capillaire vers 04:00 ou 05:00 h, un supplément d'analogue rapide de l'insuline pouvant être nécessaire, de façon à obtenir, idéalement, une glycémie entre 0,80 et 1,30 g/l au réveil. En cas d'hypoglycémie, et selon le niveau de celle-ci, un « resucrage » de 10 à 15 g de glucides est effectué, sans pour autant interrompre l'épreuve.

Le rôle de l'insuline basale n'est pas de normaliser la glycémie, mais de la stabiliser pendant 24 heures, avec une tolérance de $\pm 0,30$ g/l.

Estimation des besoins prandiaux

Comme pour tous les paramètres de l'IF, ces besoins sont à adapter individuellement. Pour cela, les quantités de glucides des repas-tests doivent être évaluées avec une grande précision, les aliments sont habituellement pesés pour l'expérience. C'est cette estimation qui représente, par la suite, l'une des plus grandes difficultés pour les patients..., comme d'ailleurs

pour l'équipe soignante ! La composition en glucides des aliments peut, quant à elle, se retrouver aisément dans différents petits guides de poche.

Plusieurs types de repas-tests existent, notamment les repas avec quantité fixe de glucides, ou toutes les autres expériences qui peuvent être proposées, selon les situations que les patients sont amenés à rencontrer : repas très riche en glucides, repas riche en lipides, repas riche en protides, repas avec alcool..., ou toutes situations qui sont susceptibles de modifier les besoins en analogue rapide de l'insuline.

Estimation des besoins pour soigner la glycémie

Toute glycémie en dehors des objectifs ($> 1,20$ g/l, ou $< 0,75$ g/l) doit, théoriquement, être corrigée (le seuil de correction se négociant, au cas par cas, avec chaque patient). Habituellement, 1 UI d'analogue rapide de l'insuline abaisse la glycémie de 0,30 à 0,40 g/l, mais il existe des variations individuelles importantes, nécessitant d'évaluer cette valeur au cas par cas.

L'efficacité de 1 UI d'analogue rapide de l'insuline doit être mesurée lors d'une glycémie stable depuis environ 2 heures, avec mesure de la glycémie toutes les heures, pendant 4 heures.

- En cas d'hyperglycémie pré-prandiale, la dose d'analogue rapide correctrice est ajoutée à la dose d'insuline nécessaire à la couverture glucidique du repas. L'objectif idéal est que la glycémie 3 heures après l'injection soit comprise entre 0,80 et 1,20 g/l.
- À l'opposé, 15 g de sucre remontent la glycémie de 0,50 g/l dans les 15 minutes, dans 80 % des cas.

Ces données peuvent être recueillies lors de l'épreuve de jeûne (EJ).

Estimation des adaptations en cas d'activité physique

Les conseils donnés suivent les mêmes règles que dans l'insulinothérapie optimisée, et diffèrent selon que le patient a un traitement par pompe à insuline (possibilité de modifier bolus et débits) ou un schéma « tout analogue », et selon l'analogue lent de l'insuline utilisé : insuline glargine (dont la dose est habituellement non modifiée en raison de sa durée d'action), ou insuline détémir dont la durée d'action est moindre (et sur la dose de laquelle on peut donc « jouer »). Là encore, l'apport de l'IF est d'accompagner le patient dans l'élaboration des tests d'activité physique et des essais d'adaptation personnalisée.

D'une manière générale, les leçons tirées de l'IF, aussi bien pour les patients que pour les soignants, sont les suivantes :

- confirmation habituelle des « resurcages » intempestifs ;
- complexité des débits basaux pour les patients sous pompe à insuline ; le schéma de ces débits est très souvent simplifié après l'IF ;
- surdosage en insuline basale, contrastant avec un sous-dosage en analogues rapides de l'insuline ;
- seuils spontanés de correction d'une hyperglycémie souvent élevés (> 1,80 g/l, voire plus), particulièrement au coucher ;
- seuils spontanés de collation en prévention d'une hypoglycémie souvent élevés (< 1,40 g/l, voire plus), particulièrement au coucher.

Au cours de toutes ces expériences, les patients peuvent bénéficier d'un enregistrement continu du glucose interstitiel, qu'ils aient accès (Seven® Plus, Paradigm®, FreeStyle Navigator®), ou non (iPro™ 2), aux valeurs en temps réel. L'apport de ces technologies, dans le cadre de l'IF, est encore à peaufiner.

L'épreuve de jeûne : à l'hôpital ou à la maison ? Totale ou glucidique ?

Si l'on en croit les discussions initiales, parfois enflammées, il semblait s'agir d'une question cruciale pour les diabétologues ! Selon un ouvrage consacré à la pratique de l'IF en France [2], la moitié des équipes réalise l'EJ en ambulatoire, l'autre moitié en hospitalisation. Le même pourcentage se retrouve pour le choix « totale » ou « glucidique ». Le choix semble dépendre des possibilités logistiques, mais également de l'anxiété propre de chaque équipe. Notons que la faisabilité et la sécurité de l'EJ en ambulatoire ont été évaluées dans une étude, portant sur 34 patients avec un DT1, traités par insuline glargine, insuline NPH ou pompe à insuline externe. Il n'y a pas eu d'incident majeur [3].

Un consensus semble se dessiner, cependant, pour convenir que les modalités précises importent peu en regard de la valeur éducative et symbolique de l'épreuve. Si l'objectif principal de l'EJ est d'évaluer la dose d'insuline basale « pour vivre », il ne semble pas que les modalités de l'épreuve donnent des résultats cliniquement différents, du moins si l'on en croit les valeurs moyennes similaires rapportées selon les différentes méthodes. Quant à la dimension symbolique de l'épreuve « extrême » (totale et ambulatoire), la valeur qu'y attribuent les soignants ne doit pas excéder celle que lui donnent les patients. L'idéal serait que toutes les modalités puissent être réalisées au sein d'une même équipe, et que les patients puissent choisir celle qui leur convient le mieux, en fonction de leur anxiété propre et de leur capacité ressentie à endurer un jeûne total.

Intérêts de l'épreuve de jeûne

Outre sa valeur symbolique chez les patients n'ayant pas bénéficié de l'approche « IF » dès la découverte de leur diabète, l'EJ revêt également un intérêt tout particulier chez les patients qui « résistent » à diminuer leurs besoins en insuline basale, habitués qu'ils sont

à compenser les besoins sous-estimés en analogues rapides de l'insuline par un surdosage en insuline basale. Chez ces patients, il est préférable de proposer d'effectuer l'EJ avec leur dose habituelle d'insuline basale, même si elle est vouée à provoquer des hypoglycémies itératives, afin de faire, **eux-mêmes**, l'expérience de ce surdosage. Ce n'est parfois qu'à cette condition qu'ils s'en convaincront et qu'ils diminueront ensuite leurs doses d'insuline de base, de façon substantielle et durable. Par ailleurs, la dose d'insuline basale estimée lors d'un programme d'éducation à l'IF apparaît stable à 1 an, dans une étude portant sur 40 patients DT1, avec des valeurs proches de 0,3 UI/kg/jour, associée à une tendance à l'amélioration de l'HbA_{1c} et à la diminution du nombre d'hypoglycémies mineures [4].

L'EJ n'est, cependant, pas indispensable pour commencer à s'intéresser à leurs besoins de base et le recours à cette épreuve s'avère de moins en moins fréquent au fur et à mesure que les soignants acquièrent de l'expérience. De nombreuses autres opportunités existent en effet, telles que les observations faites lors de situations de jeûne de la vie quotidienne (glycémies à distance des repas, à jeun, en fin d'après-midi, grasses matinées, repas sautés...). En l'absence d'EJ, le coefficient de sensibilité à l'insuline peut être approché en première approximation par des formules, telles que [5] :

- la règle des 1 800 (1 800/dose totale quotidienne d'insuline = index de sensibilité (y) ; 1 U d'insuline diminue la glycémie d'approximativement y mg/dl ;
- les équations d'Howorka.

À qui s'adresse cette technique ?

En théorie, l'approche « IF » s'adresse à tout patient ayant un DT1. En pratique, « imposer » le programme complet d'IF à tous les patients est très certainement une perte de temps et d'énergie et, probablement, contre-productif. En revanche, **tous les patients ayant un DT1 devraient être, au minimum, informés de cette possibilité**. Il nous semble important de respecter le choix

Le futur du diabète de type 1

d'un certain nombre de patients, habitués de longue date à consommer les mêmes quantités d'aliments glucidiques à chaque repas, de ne pas vouloir modifier leurs habitudes et de ne pas vouloir approfondir cette technique. Si un patient a un équilibre satisfaisant de son diabète (HbA_{1c} autour de 7,5 %, ou inférieure), une qualité de vie satisfaisante, et en l'absence d'hypoglycémies sévères et/ou fréquentes, il n'y a pas lieu de lui imposer une épreuve de jeûne, ou des tests divers et variés qu'il ne répètera jamais dans son quotidien.

Le « programme complet » doit s'adresser aux patients les plus désireux d'acquiescer une plus grande liberté dans la gestion de leur maladie.

Entre ces deux positions, certains patients peuvent souhaiter approfondir tel ou tel point du programme, sans nécessairement et d'emblée participer à toutes les séances, en particulier lorsqu'ils ne se sentent pas concernés par le thème de celles-ci (séance sur l'activité physique, par exemple).

En revanche, la détermination d'un coefficient de sensibilité pour définir un algorithme de correction des hyperglycémies et l'ajustement de la dose basale (très souvent surdosée), nous semblent concerner tous les patients et, légitimement, pouvoir être dénommés « IF ». À tort, l'on résume trop souvent l'IF à la diététique uniquement et, particulièrement, au comptage des glucides. Il n'est

pas rare d'entendre des soignants dire : « *ce patient ne fait pas d'IF, il ne compte pas ses glucides !* ». **L'IF, ce n'est pas que le comptage des glucides.** L'adaptation de l'insuline à l'alimentation fait partie de l'une des « clés de l'IF », parmi d'autres :

- la « clé pour vivre » ;
- la « clé pour se corriger » ;
- la « clé pour se resucrer »...

Ainsi, un patient qui ne compte pas ses glucides, mais qui utilise la « clé pour se corriger » d'après sa sensibilité à l'insuline (« *1 U d'insuline fait baisser ma glycémie de...* »), « pratique déjà l'IF » ! L'apprentissage, ou l'approfondissement, du comptage des glucides est abordé avec des patients le désirant et ayant des quantités variables de glucides, pour un même repas, d'une journée à une autre, mais il ne faudrait pas, pour autant, sous-estimer les réelles difficultés pour les patients ayant des quantités fixes de glucides, d'utiliser les équivalences glucidiques. En effet, cette compétence nécessite non seulement de connaître les principales teneurs en glucides, mais également de maîtriser l'estimation des quantités et le poids des aliments, et, pour ces raisons, il paraît également indispensable de leur proposer les mêmes activités concernant l'alimentation.

La situation et le choix des patients peuvent, bien entendu, être évolutifs dans le temps.

Au total, on peut répondre que l'approche « IF » s'applique à tout patient ayant un DT1, et que le niveau de formation doit s'adapter à ses besoins, et non le contraire !

Les nouveaux outils technologiques

- Lorsque la dose d'insuline basale est fixée, les algorithmes prandiaux calculés et les protocoles de correction établis, le patient possède tous les paramètres théoriques pour appliquer l'IF au quotidien (voir, pour exemple, le *tableau I*). Reste à mettre tout cela en pratique !

Pour cela, des outils « papier » ont été créés par la plupart des équipes afin de faciliter le calcul de la dose d'insuline rapide, sans avoir à effectuer soi-même des calculs ou des « règles de trois » contraignantes (*tableau II*). Des outils technologiques sont également disponibles et devraient être systématiquement proposés aux patients.

- Ceux dont le diabète est traité par une pompe à insuline sous-cutanée peuvent utiliser les fonctions d'aide au calcul de la dose d'insuline rapide à effectuer pour le repas ou la correction (assistant bolus). Les points communs des différents modèles concernent le paramétrage avec le patient des algorithmes prandiaux aux différents repas,

Tableau I : Application de l'insulinothérapie fonctionnelle (IF) dans une situation de la vie quotidienne, lors d'un dîner, chez une patiente traitée par pompe à insuline.

Ses algorithmes			
À l'issue des expériences réalisées lors des séances d'IF, Mademoiselle P. a tiré ces conclusions :			
- 1 unité (U) d'analogue rapide de l'insuline fait baisser ma glycémie, en moyenne, de 0,40 g/l ;			
- 10 g de glucides nécessitent la réalisation d'un bolus de 0,9 U à l'heure du dîner.			
Son repas			
Elle décide d'aller au <i>fast food</i> pour le dîner. Voici son menu :			
- 1 hamburger : 30 g de glucides ;	} 120 g de glucides		
- 1 frite moyenne : 40 g ;			
- 1 grand soda <i>light</i> : 0 g ;			
- 1 <i>milk shake</i> banane : 50 g.			
Calcul de la dose d'insuline			
	Algorithmes	Calculs	Dose d'insuline
Glycémie avant le repas = 2,10 g/l	1 U = baisse de 0,4 g/l	• 2,1-0,9 g/l (objectif idéal avant le repas) = 1,20 g/l • 1,20/0,4 = 3 U	Pour soigner la glycémie = 3 U
Glucides consommés au repas = 120 g	0,9 U pour 10 g de glucides	• 0,9 x 12	Pour manger = 10,8 U
Total de la dose d'insuline prandiale : 10,8 + 3 = 13,8 U			

Tableau II : Exemples d'outils « papier » pour simplifier le calcul de la dose d'insuline rapide pour un repas, selon la quantité de glucides.

	Glucides														
	10 g	20 g	30 g	40 g	50 g	60 g	70 g	80 g	90 g	100 g	110 g	120 g	130 g	140 g	150 g
0,1 U	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	
0,2 U	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3	
0,3 U	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	
0,4 U	0,8	1,2	1,6	2	2,4	2,8	3,2	3,6	4	4,4	4,8	5,2	5,6	6	
0,5 U	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	
0,6 U	1,2	1,8	2,4	3	3,6	4,2	4,8	5,4	6	6,6	7,2	7,8	8,4	9	
0,7 U	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2	4,9	5,6	6,3	7	7,7	8,4	9,1	9,8	10,5	
0,8 U	1,6	2,4	3,2	4	4,8	5,6	6,4	7,2	8	8,8	9,6	10,4	11,2	12	
0,9 U	1,8	2,7	3,6	4,5	5,4	6,3	7,2	8,1	9	9,9	10,8	11,7	12,6	13,5	
1 U	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1,1 U	2,2	3,3	4,4	5,5	6,6	7,7	8,8	9,9	11	12,1	13,2	14,3	15,4	16,5	
1,2 U	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4	9,6	10,8	12	13,2	14,4	15,6	16,8	18	
1,3 U	2,6	3,9	5,2	6,5	7,8	9,1	10,4	11,7	13	14,3	15,6	16,9	18,2	19,5	
1,4 U	2,8	4,2	5,6	7	8,4	9,8	11,2	12,6	14	15,4	16,8	18,2	19,6	21	
1,5 U	3	4,5	6	7,5	9	10,5	12	13,5	15	16,5	18	19,5	21	22,5	
1,6 U	3,2	4,8	6,4	8	9,6	11,2	12,8	14,4	16	17,6	19,2	20,8	22,4	24	
1,7 U	3,4	5,1	6,8	8,5	10,2	11,9	13,6	15,3	17	18,7	20,4	22,1	23,8	25,5	
1,8 U	3,4	5,4	7,2	9	10,8	12,6	14,4	16,2	18	19,8	21,6	23,4	25,2	27	
1,9 U	3,8	5,7	7,6	9,5	11,4	13,3	15,2	17,1	19	20,9	22,8	24,7	26,6	28,5	
2 U	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	
2,1 U	4,2	6,3	8,4	10,5	12,6	14,7	16,8	18,9	21	23,1	25,2	27,3	29,4	31,5	
2,2 U	4,4	6,6	8,8	11	13,2	15,4	17,6	19,8	22	24,2	26,4	28,6	30,8	33	
2,3 U	4,6	6,9	9,2	11,5	13,8	16,1	18,4	20,7	23	25,3	27,6	29,9	32,2	34,5	
2,4 U	4,8	7,2	9,6	12	14,4	16,8	19,2	21,6	24	26,4	28,8	31,2	33,6	36	
2,5 U	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	27,5	30	32,5	35	37,5	
2,6 U	5,2	7,8	10,4	13	15,6	18,2	20,8	23,4	26	28,6	31,2	33,8	36,4	39	
2,7 U	5,4	8,1	10,8	13,5	16,2	18,9	21,6	24,3	27	29,7	32,4	35,1	37,8	40,5	
2,8 U	5,6	8,4	11,2	14	16,8	19,6	22,4	25,2	28	30,8	33,6	36,4	39,2	42	
2,9 U	5,8	8,7	11,6	14,5	17,4	20,3	23,2	26,1	29	31,9	34,8	37,7	40,6	43,5	
3 U	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	
3,1 U	6,2	9,3	12,4	15,5	18,6	21,7	24,8	27,9	31	34,1	37,2	40,3	43,4	46,5	
3,2 U	6,4	9,6	12,8	16	19,2	22,4	25,6	28,8	32	35,2	38,4	41,6	44,8	48	
3,3 U	6,6	9,9	13,2	16,5	19,8	23,1	26,4	29,7	33	36,3	39,6	42,9	46,2	49,5	
3,4 U	6,8	10,2	13,6	17	20,4	23,8	27,2	30,6	34	37,4	40,8	44,2	47,6	51	
3,5 U	7	10,5	14	17,5	21	24,5	28	31,5	35	38,5	42	45,5	49	52,5	
3,6 U	7,2	10,8	14,4	18	21,6	25,2	28,8	32,4	36	39,6	43,2	46,8	50,4	54	
3,7 U	7,4	11,1	14,8	18,5	22,2	25,9	29,6	33,3	37	40,7	44,4	48,1	51,8	55,5	
3,8 U	7,6	11,4	15,2	19	22,8	26,6	30,4	34,2	38	41,8	45,6	49,4	53,2	57	
3,9 U	7,8	11,7	15,6	19,5	23,4	27,3	31,2	35,1	39	42,9	46,8	50,7	54,6	58,5	
4 U	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	
4,1 U	8,2	12,3	16,4	20,5	24,6	28,7	32,8	36,9	41	45,1	49,2	53,3	57,4	61,5	
4,2 U	8,4	12,6	16,8	21	25,2	29,4	33,6	37,8	42	46,2	50,4	54,6	58,8	63	
4,3 U	8,6	12,9	17,2	21,5	25,8	30,1	34,4	38,7	43	47,3	51,6	55,9	60,2	64,5	
4,4 U	8,8	13,2	17,6	22	26,4	30,8	35,2	39,6	44	48,4	52,8	57,2	61,6	66	
4,5 U	9	13,5	18	22,5	27	31,5	36	40,5	45	49,5	54	58,5	63	67,5	
4,6 U	9,2	13,8	18,4	23	27,6	32,2	36,8	41,4	46	50,6	55,2	59,8	64,4	69	
4,7 U	9,4	14,1	18,8	23,5	28,2	32,9	37,6	42,3	47	51,7	56,4	61,1	65,8	70,5	
4,8 U	9,6	14,4	19,2	24	28,8	33,6	38,4	43,2	48	52,8	57,6	62,4	67,2	72	
4,9 U	9,8	14,7	19,6	24,5	29,4	34,3	39,2	44,1	49	53,9	58,8	63,7	68,6	73,5	
5 U	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	

Le futur du diabète de type 1

de la sensibilité à l'insuline et des objectifs glycémiques. Le patient entre directement dans la pompe à insuline la quantité de glucides qu'il va consommer (pour les pompes à insuline Paradigm[®] Veo[™] [laboratoire Medtronic], ou Animas[®] [laboratoire Novalab]), la fonction « assistant bolus » propose une dose d'insuline rapide calculée en fonction de l'algorithme prandial (en UI d'insuline pour 10 ou 20 grammes de glucides, ou en grammes de glucides pour 1 UI d'insuline pour la pompe à insuline Paradigm[®], et en grammes de glucides pour 1 UI d'insuline dans la pompe à insuline Animas[®]). L'ajout d'une dose d'insuline de correction en cas de glycémie pré-prandiale au-dessus de l'objectif est proposé le cas échéant. Ainsi, le patient peut accepter la dose d'insuline proposée par l'assistant bolus, si elle lui convient, ou entrer la dose qu'il veut effectivement réaliser.

- Le principe est le même si l'on utilise le système Accu-Chek[®] Combo (laboratoire Roche), comprenant la pompe à insuline Accu-Chek[®] Spirit Combo et le copilote Accu-Chek[®] Performa Combo. Le copilote est un lecteur de glycémie qui a une fonction d'assistant bolus. La quantité de glucides est entrée dans le copilote, qui calcule la dose d'insuline rapide selon l'algorithme prédéfini (en unités d'insuline nécessaires pour 10 grammes de glucides, ou en grammes de glucides pour 1 UI d'insuline).

- Les patients n'ayant pas de pompe à insuline peuvent également bénéficier de l'aide d'un calculateur simplifié de dose d'insuline rapide à effectuer au moyen du lecteur de glycémies FreeStyle Papillon Insulin[®] (laboratoire Abbott). Après avoir réalisé une glycémie et entré la quantité de glucides que le patient compte manger, le lecteur calcule la dose d'insuline pour couvrir le repas en fonction des objectifs glycémiques et de la sensibilité à l'insuline préalablement paramétrés.

- Dans un avenir proche, des applications *smartphone* de logiciels, telles que celle proposée par le système Diabéo[™], seront bientôt disponibles. Le logiciel Diabéo[™] comprend une fonction assistant bolus, comme décrit plus haut, selon la glycémie et l'alimentation, mais

également, et contrairement aux autres systèmes, selon l'activité physique. Il propose également un ajustement des doses d'insuline basale et des ratios insuline/glucides (insuline pour manger) en fonction des résultats glycémiques antérieurs. Cet outil a fait la preuve de son efficacité à améliorer l'HbA_{1c} de patients ayant un DT1 déséquilibré [6].

L'IF n'a-t-elle que des vertus ?

Au début de l'application de cette technique, deux effets secondaires potentiels pouvaient être craints :

- l'un est d'ordre psychologique, avec le risque d'induire une anxiété accrue chez les patients, ou leurs parents, en leur transférant plus de responsabilités qu'ils n'en souhaitent pour la prise en charge de leur diabète ;

- le second est d'ordre clinico-métabolique, avec la crainte que cette nouvelle liberté « accordée » aux patients ne s'accompagne d'une orgie alimentaire, avec prise de poids et augmentation de l'HbA_{1c}.

Le risque clinico-métabolique

Concernant le risque clinico-métabolique, toutes les expériences sont rassurantes, montrant une diminution des épisodes d'hypoglycémie sévère chez les patients qui y étaient sujets, une stabilité, voire une amélioration, du taux d'HbA_{1c} et une absence d'augmentation significative du poids [1, 7]. Dans une étude, publiée en 2011, l'équipe de diabétologie de Bâle (Suisse), qui pratique l'IF comme traitement standard du DT1, montre un bon équilibre métabolique (HbA_{1c} < 7 %) chez 43,5 % des patients, et un équilibre métabolique acceptable avec une HbA_{1c} < 7,5 % chez 64,6 % des patients. Le taux d'hypoglycémies sévères était de 15/100 patients-année, 72,3 % des patients n'ont pas présenté d'épisodes sur les 5 dernières années [8].

Dans une autre étude, les patients ayant une HbA_{1c} > 8 % au départ, ont vu celle-ci s'améliorer significativement, passant de 8,4 à 7,8 % en moyenne. La qualité de vie était significativement améliorée après la formation à l'IF [9].

Trente patients ayant participé au programme britannique *Dose Adjustment for Normal Eating* (DAFNE) ont bénéficié d'entretiens semi-directionnels avant la formation, puis 6 et 12 mois après. Ils souhaitent continuer l'IF, cela leur apparaît comme une méthode logique et efficace de l'autogestion du diabète, avec une amélioration des glycémies et/ou un sentiment de se sentir mieux [10].

Les résultats neutres ou bénéfiques sur le poids ne sont pas surprenants : les patients ayant un DT1 n'ont pas plus envie de prendre du poids qu'en ont les soignants que nous sommes. Davantage de souplesse dans la consommation d'aliments ne signifie pas pour eux manger n'importe quoi et n'importe quand. Les patients ayant un DT1 sont autant capables que leurs soignants de réguler leur alimentation ! Les contraintes et les interdits imposés pendant longtemps, lorsqu'ils étaient vécus comme des frustrations, n'étaient-ils pas, à long terme, plus délétères sur le comportement alimentaire ?

La question des répercussions psychologiques

La question des répercussions psychologiques découlant du surcroît de responsabilisation et d'autonomie a fait l'objet d'études dont les résultats sont, là encore, parfaitement rassurants [1]. Il semble que les malades apprécient le fait de mieux contrôler leur maladie, qu'ils perçoivent plus positivement, plutôt que de la subir. Ils sont très satisfaits de mieux comprendre leurs résultats et d'anticiper de façon plus contrôlée. L'IF diminue les traits d'anxiété et de dépression de manière significative et la qualité de vie s'améliore [7]. Les contraintes supplémentaires engendrées (multiplication du nombre d'autocontrôles glycémiques et des injections d'insuline ou des bolus) sont compensées par une plus grande liberté individuelle et sociale. Notons, cependant, que la plupart de ces résultats sont obtenus chez des patients sélectionnés.

Insistons encore sur la nécessité d'informer sans imposer, puis de respecter le choix des patients, et soyons attentifs à ce que nous, soignants, ne transformions pas l'ancienne « dictature » de l'alimentation contrainte par celle de la « dictature » de l'IF !

Encadré 2 : Enseignements tirés par le groupe de travail « Insulinothérapie fonctionnelle (IF) » de la Société francophone du diabète (SFD), à l'issue d'un séminaire de travail, à Arc-et-Senans, les 2 et 3 avril 2010

- L'IF n'est pas un modèle arithmétique, mais un modèle d'approche éducative :
 - à appliquer pour tout patient diabétique de type 1 dès la découverte du diabète, en respectant besoins, demandes et rythme du patient ;
 - à intégrer à la prise en charge et au suivi des patients au quotidien (et non à juxtaposer aux soins, « en option ») ;
 - qui nécessite une cohérence au sein de l'équipe, mais également avec tous les soignants intervenant autour du patient, d'où l'importance de développer des formations.
- Il n'y a pas « un parcours de formation du patient standardisé », ni « un kit d'éducation standard », mais une multitude de façons de faire possibles, à proposer au cas par cas, selon ce que souhaite le patient, ses besoins du moment, mais également selon les possibilités de l'équipe soignante.
- L'IF ne se résume pas à l'adaptation insuline/repas. L'objectif est d'aider le patient à trouver les propres clés de son traitement :
 - clé de l'insuline basale (pour vivre) ;
 - clé de l'insuline pour corriger (soigner) sa glycémie ;
 - clé du resucrage adapté ;
 - clés de l'insuline prandiale (pour manger) ;
 - et de nombreuses autres (activité physique, stress...).
 Les clés de l'insuline pour manger sont utilisées différemment selon que les patients décident d'avoir une alimentation :
 - fixe en aliments glucidiques ;
 - variable, mais avec apports réguliers en glucides (équivalences) ;
 - variable, avec apports irréguliers en glucides.
 Tous les patients ne peuvent – ou ne veulent – utiliser toutes les clés à un moment donné (adolescents et les clés pour manger, par exemple...).
 L'utilisation des clés par le patient est dynamique et évolutive. Les clés ne sont jamais définitives, leurs dessins évoluent au fil du temps et de nombreux paramètres.
 Cette approche éducative permet au patient de modifier les dessins de ses clés :
 - lui-même (il devient serrurier) ;
 - avec l'aide d'un serrurier professionnel (soignants de diabétologie).
- Nos expériences de l'IF transforment continuellement nos pratiques et nos relations avec les patients.

À ce titre, signalons la mise en place, sous l'égide du groupe de travail « Insulinothérapie fonctionnelle » de la Société francophone du diabète (SFD), d'une formation intitulée « Formation à l'insulinothérapie fonctionnelle : une approche éducative pour les patients diabétiques de type 1 », ouverte à tous les soignants en diabétologie, et qui sera dispensée en 2013.

Alors, l'IF, simplement quelques calculs et quelques chiffres ?

La gestion du diabète ne s'apparente en rien à un modèle mathématique. Résumer l'IF au calcul de quelques chiffres (dose d'insuline basale, index d'insulinosensibilité...) que le soignant communiquerait au patient serait, à notre sens, une grave erreur dans laquelle pourraient facilement tomber les soignants les moins à même de transférer le « pouvoir » aux patients. À l'inverse, une application obsessionnelle des chiffres par les patients risque de les démotiver, car « ça ne marche pas à tous les coups », loin de là. Aussi, les patients doivent-ils être suffisamment informés des objectifs de la formation.

Car il s'agit bien de permettre au patient d'apporter ses propres solutions aux différentes situations de la vie quotidienne, plutôt que celles du thérapeute. L'objectif de l'IF n'est, en effet, pas d'édicter au patient une série de règles destinées à gérer son insulinothérapie, mais de contribuer à ce qu'il trouve ses propres motivations à assumer lui-même cette gestion. De spectateur passif, le malade devient acteur de la prise en charge de sa maladie. Il s'agit ici d'une réelle approche d'éducation thérapeutique à l'issue de laquelle **les patients auront développé leur potentiel et acquis de nouvelles compétences pour trouver leurs propres solutions.** L'un des grands principes de l'approche éducative de l'IF est, en effet, l'apprentissage par expérimentation (auto-observation + auto-analyse = auto-décision). Toute autre approche nous semble « dangereuse » à moyen terme, car vouée à l'échec.

L'IF, une révolution pour les... soignants !

Le témoignage des équipes qui se sont lancées dans l'aventure de l'IF montre à quel point cette approche nécessite que les soignants vainquent leurs propres résistances au changement,

modifient leurs croyances antérieures et changent leur façon de travailler [11]. **Cela nécessite une formation de toute l'équipe soignante afin d'assurer la cohérence. Il s'agit d'un point clé pour mener à bien une démarche éducative en général, et l'IF n'échappe pas à cette règle [12].**

Le futur du diabète de type 1

Déclaration d'intérêt

• Anne Mohn

Conférences : invitations en qualité d'auditeur (frais de déplacement et d'hébergement pris en charge par une entreprise) pour Lilly.

• Alfred Penfornis

– Essais cliniques : en qualité d'investigateur principal pour Novo Nordisk, Roche, Sanofi.

– Interventions ponctuelles : activités de conseil pour Lilly, Novo Nordisk, Sanofi.

– Conférences : invitations en qualité d'intervenant pour Lilly, Novo Nordisk, Sanofi.

– Conférences : invitations en qualité d'auditeur (frais de déplacement et d'hébergement pris en charge par une entreprise) pour Lilly, Novo Nordisk, Sanofi.

• **Christine Kavan, Émilie Bourcelot et Cécile Zimmermann** ont déclaré n'avoir aucun conflit d'intérêt en lien avec cet article.

Références

[1] Grimm JJ, Hegar K, Berger W. L'insulinothérapie « fonctionnelle » chez le diabétique de type 1. In: Journées Annuelles de Diabétologie de l'Hôtel-Dieu 2000. Paris: Médecine-Sciences Flammarion, 2000:145-54.

[2] Grimaldi A, Charpentier G, Slama G. Insulinothérapie fonctionnelle ou l'insuline à la carte. Issy-les-Moulineaux: Elsevier, 2006.

[3] Vigerat C, Sola-Gazagnes A, Nejjar S, et al. Ambulatory 24-hour fast using flexible insulin therapy in patients with type 1 diabetes. *Diabetes Metab* 2011;37:553-9.

[4] Benhamou PY, Garnier C, Debay I, et al. Basal insulin dose in 40 type 1 diabetic patients remains

Conclusion

- Jusqu'à ce que des améliorations technologiques (cellule artificielle) ou biologiques (greffe d'îlots) puissent suppléer la cellule déficiente et être proposées à grande échelle, l'insulinothérapie fonctionnelle peut représenter une solution intermédiaire à même de permettre au plus grand nombre des patients ayant un DT1 d'allier qualité de vie quotidienne, liberté alimentaire et bon équilibre du diabète.
- En attendant, essayons de ne pas transformer cette séduisante approche éducative en une procédure pour experts comptables et de ne pas en alourdir inutilement le cahier des charges – comme cela a été fait pour le traitement par pompe à insuline. C'est ainsi qu'elle pourra bénéficier à la très grande majorité des patients ayant un DT1.
- C'est, heureusement, l'évolution que l'on observe, comme en témoignent les expériences françaises de plus en plus nombreuses (*encadré 2*).

stable 1 year after educational training in flexible insulin therapy. *Diabetes Metab* 2010;36:369-74.

[5] 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.

[6] Charpentier G, Benhamou PY, Dardari D, et al.; TeleDiab Study Group. The Diabeo software enabling individualized insulin dose adjustments combined with telemedicine support improves HbA1c in poorly controlled type 1 diabetic patients: a 6-month, randomized, open-label, parallel-group, multicenter trial (TeleDiab 1 Study). *Diabetes Care* 2011;34:533-9.

[7] 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) randomized controlled trial. *BMJ* 2002;325:746-52.

[8] Albrecht D, Puder J, Keller U, Zulewski H. Potential of education-based insulin therapy for achievement of good metabolic control: a real-life experience. *Diabet Med* 2011;28:539-42.

[9] Bendik CF, Keller U, Moriconi N, et al.; UK NIHR DAFNE Study Group. Training in flexible intensive insulin therapy improves quality of life, decreases the risk of hypoglycaemia and ameliorates poor metabolic control with type 1 diabetes. *Diabetes Res Clin Pract* 2009;83:327-33.

[10] Rankin D, Cooke DD, Clark M, et al. How and why do patients with type 1 diabetes sustain their use of flexible intensive insulin therapy? A qualitative longitudinal investigation of patients' self-management practices following attendance at a Dose Adjustment for Normal Eating (DAFNE) course. *Diabet Med* 2011;28:532-8.

[11] Penfornis A, Chabroux S, Grimaldi A. Insulinothérapie fonctionnelle : un changement dans les mentalités. *Rev Med Interne* 2008;29:857-60.

[12] Kavan C, Zimmermann C, Penfornis A. Insulinothérapie fonctionnelle : l'expérience bisontine. In: Grimaldi A, Charpentier G, Slama G, editors. *Insulinothérapie fonctionnelle ou insuline à la carte*. Issy-les-Moulineaux: Elsevier, 2006:96-102.