

Mise au point

## DIABÈTE DE TYPE 1 ET SPORT DE HAUT NIVEAU/PROFESSIONNEL

### TYPE 1 DIABETE AND HIGH-LEVEL SPORT/PROFESSIONAL

R.P. Radermecker<sup>a,b</sup>, S. Systemans<sup>c</sup>, S. Bekka<sup>d</sup>, J.F. Kaux<sup>b,e,\*</sup>

<sup>a</sup>*Pharmacologie clinique, Liège Université ; Service de Diabétologie, Nutrition et Maladies Métaboliques, CHU de Liège, avenue de l'hôpital, B35, 4000 Liège, Belgique*

<sup>b</sup>*Service Pluridisciplinaire de Médecine et Traumatologie du Sport (SPORTS<sup>2</sup>), FIFA Medical Centre of Excellence, IOC Research Centre for Prevention of Injury and Protection of Athlete Health, FIMS Collaboration Centre of Sports Medicine, CHU et Université de Liège, avenue de l'hôpital, B35, 4000 Liège, Belgique*

<sup>c</sup>*Département des sciences cliniques, université de Liège, Belgique*

<sup>d</sup>*Service d'endocrinologie, institut de diabétologie et de nutrition du Centre, Mainvilliers, France*

<sup>e</sup>*Service de médecine physique, réadaptation et traumatologie du sport, CHU de Liège, avenue de l'hôpital, B35, 4000 Liège, Belgique*

\* Auteur correspondant. Adresse e-mail : [jfkaux@uliege.be](mailto:jfkaux@uliege.be) (J.F. Kaux).

#### Résumé

**Objectif.** — La pratique sportive engendre un stress métabolique supplémentaire chez les personnes atteintes de diabète de type 1. L'objectif de cet article est de décrire différents principes indispensables à la réalisation de performances sportives de hauts niveaux chez les diabétiques de type 1, tels que : les différents schémas de délivrance de l'insuline et la réglementation s'y référant, les différentes méthodes de mesure de la glycémie, la co-médication, le type d'exercice, le timing de l'exercice, la nutrition, l'éducation nécessaire de l'entourage.

**Matériel et méthode.** — Recherche dans PubMed à l'aide des mots clés suivants : Type 1 diabète, Sport, Athlète, Insuline, Glycaemia.

**Résultats.** — L'obtention de performances sportives de hauts niveaux est possible malgré les contraintes supplémentaires fournies par le diabète de type 1. Ces performances ne peuvent être atteintes qu'en cas de prise en charge active, par le sportif et son entourage, de différents paramètres importants. Chaque athlète diabétique de type 1 est unique et évolue de manière individuelle, il semble par conséquent difficile de fournir une seule série de recommandations convenant à tous les diabétiques de type 1 qui souhaitent faire de l'exercice. En conclusion, ce n'est qu'au travers une série d'essais incluant de nombreux paramètres endogènes et exogènes, imparfaitement maîtrisables pour une partie d'entre eux, qu'un équilibre glycémique pourra être trouvé et des performances sportives de hauts niveaux réalisées.

## MOTS CLÉS

Diabète de type 1 ; Sport ; Athlète ; Insuline ; Glycémie

## Summary

**Objective.** — Sports practice in people with type 1 diabetes generates increased metabolic stress. The present article aims at describing various principles that are essential to achieve a high levels of athletic performance in type 1 diabetics, such as: various regimes of insulin delivery and their corresponding regulation, different methods for measuring blood glucose, co-medication, type of exercise, timing of exercise, nutrition, and relatives involvement.

**Material and method.** — PubMed search using the following keywords, Type 1 diabetes, Sport, Athlete, Insulin, Glycaemia.

**Results.** — Sports performances at higher level is possible despite the additional constraints imposed by type 1 diabetes. The athlete can however only reach these performances if he and his relatives are actively taking various important parameters under careful consideration. Each type 1 diabetic athlete is unique and evolves individually, making it difficult to provide a single set of recommendations for all type 1 diabetics who want to practice sport. In conclusion, it is only through a series of tests taking many endogenous and exogenous parameters into account, some of which are hardly controllable, that a glycemic balance can be attained and high level sports performances can be achieved.

## KEYWORDS

Type 1 diabetes; Sport; Athlete; Insulin; Glycaemia

## 1. Introduction

La pratique sportive est un challenge bénéfique pour le métabolisme. Une réponse endocrine parfaitement synchronisée est nécessaire au stress métabolique engendré par le sport et plus particulièrement pour le sport de haut niveau. Les individus atteints de diabète de type 1 (DT1) ont une glycémie qui n'est plus régulée de façon optimale. Les cellules  $\beta$  des îlots de Langerhans, sécrétrices d'insuline, étant détruites par un processus auto-immun, l'insuline devant être produite par ces cellules n'a plus lieu. La régulation de la glycémie n'est donc plus assurée et ne peut se faire que par apport exogène de celle-ci, appelée insulinothérapie [1].

Chez un individu sain, l'homéostasie de la glycémie et du métabolisme énergétique est maintenue à l'équilibre alors que les apports et les dépenses varient. Des hormones pancréatiques, principalement l'insuline et le glucagon, permettent de maintenir cet équilibre. De nombreux facteurs (la glycémie, le système nerveux autonome, . . .) influencent leur sécrétion.

L'insuline a une action hypoglycémiante, elle facilite la conversion sous forme de stockage (glycogène, triglycérides) en stimulant l'anabolisme glucidique, lipidique et des protéines. Ses principales cibles sont

le foie (glycogénogenèse), les muscles squelettiques (glycogénogenèse) et les tissus adipeux (lipogenèse).

Le glucagon est une hormone hyperglycémisante favorisant le catabolisme. Ses principales cibles sont le tissu adipeux (lipolyse) et le foie (glycogénolyse, néoglucogenèse).

Lors de l'exercice physique de courte durée, l'énergie est fournie directement par l'ATP, qui est régénérée par le transfert de groupe phosphate à partir de créatine phosphate. Lorsque l'exercice se prolonge, le glucose est fourni par la glycogénolyse hépatique et musculaire puis par néoglucogenèse. En effet, dans ces conditions, la production d'insuline est moindre stimulant ainsi la néoglucogenèse hépatique.

Par ailleurs, dans les conditions de base, le transport de glucose musculaire se fait principalement en raison de la présence de transporteurs de glucose ubiquitaires GLUT1. En cas d'exercice physique aigu, il existe une stimulation du transport de glucose musculaire. Dans ces conditions, le mécanisme impliqué est une translocation des transporteurs du glucose GLUT4 du cytoplasme vers la membrane cellulaire. En cas d'exercice régulier, il existe principalement une augmentation de l'expression et donc du nombre de GLUT4 musculaire. Ces mécanismes ne semblent pas dépendant de l'insuline, dont la sécrétion est moindre durant l'exercice, mais sont plutôt liés à l'activité de l'AMP-activated protein kinase (AMPK). En effet, la contraction musculaire représentant un état de « stress », la cellule se déplete en ATP. La stimulation de l'AMPK favorise la régénération d'ATP, notamment via l'oxydation des acides gras, au détriment de leur consommation notamment lors de la synthèse d'acide gras [2].

Les acides gras libres plasmatiques et les triglycérides intramusculaires proviennent de la lipolyse, elle-même activée par le système sympathique lors de l'effort. Dans les conditions de repos et d'exercice physique aérobie, ceux-ci sont oxydés via le cycle de Krebs. Plus l'exercice se prolonge, plus leur contribution énergétique est grande au détriment des substrats glucidiques. Il faut néanmoins préciser qu'en cas d'exercice intense de plus longue durée, leur contribution énergétique est moindre raison pour laquelle l'absorption d'ingrédients glucidiques est nécessaire.

La pratique sportive est considérée comme saine et sûre pour les individus atteints d'un DT1 en l'absence de contre-indication cardiovasculaire et/ou ostéo-articulaire. Les personnes atteintes de DT1 ayant un risque cardiovasculaire supérieur aux personnes saines, l'amélioration des paramètres cardiovasculaires à travers le sport est bénéfique. Outre l'insulinothérapie qui est vitale chez la personne DT1, l'activité physique fait partie du traitement à long terme de la maladie [3]. Les avancées scientifiques concernant les types d'insuline disponibles (analogues), les schémas proposés, les modes d'administration de l'insuline (injections sous-cutanée ou pompe à insuline) ainsi que les techniques de mesure du glucose (itératives, continues et/ou semi-invasives) ont permis aux athlètes atteints de DT1 de réaliser des performances du plus haut niveau. Ces performances ne peuvent être réalisées qu'avec un contrôle optimal de la glycémie. Or la réponse glycémique à un exercice dépend de nombreux éléments : le type de sport, le type d'exercice, la durée de celui-ci, la nutrition entourant l'exercice, etc. Les sportifs atteints de DT1 ayant réussi au plus haut niveau ne sont pas nombreux. Quelques exemples sont bien connus : Athur Ashe, tennisman ayant remporté 3 titres de Grand Chelem (1968, 1970, 1975) ; Chris Dudley, basketteur débutant sa carrière aux Cleveland Cavaliers et finaliste NBA avec les Knicks en 1999 ; Pär Zetterberg, footballeur international suédois, capitaine de l'équipe d'Anderlecht, champion de Belgique à 6 reprises et soulier d'or en 1993 et 1997 ; Gary Hall, nageur américain spécialiste des épreuves de sprint ayant gagné cinq médailles d'or aux Jeux

Olympiques (1996, 2000, 2004) ; Chris Jarvis, rameur d'aviron, médaillé d'or aux championnats du monde 2002 et 2004 ; Delphine Arduini, trekeuse en haute montagne, Kilimandjaro (2013), Machu Picchu (2014). Un autre exemple démontrant la possibilité de performer à haut niveau malgré la présence d'un DT1 est l'équipe Novo Nordisk® (industrie pharmaceutique dans le domaine des traitements insuliniques notamment) dont les membres (cyclistes, triathlètes et coureurs) sont tous atteints de diabète et réalisent des performances de niveau mondial.

L'hypoglycémie et l'hyperglycémie entravent les performances sportives [3–7]. L'hypoglycémie survient généralement lors d'une utilisation d'insuline exogène excessive par rapport aux besoins. Elle affecte la santé, le bien-être et les performances de l'athlète. Une hypoglycémie peut également survenir après l'exercice, la demande de glucose étant accrue durant l'exercice (consommation de glucose) et juste après celui-ci (reconstitution des stocks de glycogène). Un nouveau pic de demande apparaît 6–9 h après l'exercice dans certains cas. Les hypoglycémies post exercice surviennent typiquement 15 heures après l'exercice, et jusqu'à 48 heures après celui-ci [7]. L'hyperglycémie, quant à elle, survient chez des athlètes qui pour éviter une hypoglycémie, maintiennent une glycémie élevée soit par apport insuffisant en insuline exogène soit par excès d'apport glucidiques dans l'alimentation. Les reins atteignent leur taux de réabsorption maximal autour d'une glycémie de 200 mg/dl. Au-delà, le sucre s'accumule dans l'urine et entraîne une glycosurie ainsi qu'une augmentation de la diurèse osmotique avec comme issue une déshydratation potentielle pouvant altérer les performances de l'athlète [5].

La réponse glycémique aux contraintes induites par l'exercice est individuelle. Le contrôle glycémique ne peut être obtenu qu'après avoir réalisé une série de tests par essai/erreur à l'entraînement. Ces tests permettent d'analyser et d'anticiper la réponse de l'athlète.

## 2. Insuline

### 2.1. SCHÉMA DE DÉLIVRANCE

L'insulinothérapie a pour objectif de normaliser la glycémie, ou à tout le moins se rapprocher de la normoglycémie, tout en minimisant les risques d'hypoglycémies et de pics hyperglycémiques. Deux types de schéma de délivrance d'insuline sont utilisés en pratique courante : un schéma basal-prandial réalisée par stylos injecteurs ou une perfusion continue d'insuline par pompe externe [8].

Les injections ont pour principal avantage d'être plus économiques et de ne pas nécessiter le port permanent d'un dispositif comme la pompe. Ce qui peut être un avantage conséquent lors de la pratique de sport de contact ou aquatique [9].

La pompe à perfusion continue permet une administration mimant mieux la physiologie de l'insuline, en injectant un seul type d'insuline, à durée d'action (ultra)-rapide tout en modulant les débits de base selon certaines plages horaires et en adaptant les bolus prandiaux ou de corrections. Elle permet de diminuer le taux de délivrance avant ou pendant l'exercice, d'estimer la quantité d'insuline circulante. La précision de réglage de la pompe permet une incrémentation qui est devenue de plus en plus affinée [5,8]. Elle autorise donc un schéma insuliniq ue et une approche diététique plus flexibles et modulables.

Il est possible de suspendre ou de déconnecter la pompe pour une courte période. Certains triathlètes prennent le temps (moins de 10 secondes) pour la mettre en place lors de la transition après la natation.

Ses inconvénients pour celui qui la porte sont les dégâts possibles sur la zone de placement du cathéter de perfusion sous-cutanée lors de la pratique de sports de contact, et un mauvais fonctionnement qui peut passer inaperçu en cas de déconnexion de l'appareil. La zone de placement du cathéter est fonction du sport, la pompe ne peut être placée près d'un groupe musculaire fortement sollicité durant l'exercice, au risque de perturber le taux d'absorption [9].

Afin de réduire les risques d'hypoglycémie, une diminution du taux d'insuline basale peut être appliquée, celle-ci peut atteindre jusqu'à 90 % [5] et sera fonction principalement de l'intensité et de la durée de l'exercice. Une fois liée à son récepteur, l'insuline reste active environ 30 min. L'adaptation doit donc intervenir au moins 30 minutes avant l'exercice sachant qu'il existe en outre une inertie liée au chemin à parcourir par l'insuline dans sa tubulure reliant la pompe au cathéter [4].

L'insuline peut également entraîner une hypokaliémie. Cet effet, qui peut persister jusqu'à 7 heures après le retour à l'euglycémie, peut impacter le rythme cardiaque et la contraction musculaire [9].

D'autres facteurs influencent l'effet de l'insulinothérapie. Les massages et la température augmentent le flux sanguin et par conséquent, la vitesse d'absorption de l'insuline. La délivrance de plus grandes doses et l'épaisseur du tissu adipeux sous-cutané retardent quant à elles l'absorption [7]. Réaliser un sprint d'intensité maximale après une séance d'entraînement réduit le risque d'hypoglycémie à court terme [7–9]. Ce type d'exercice augmente les catécholamines circulantes, ce qui augmente la glycolyse du foie et donc le taux de glucose.

### 3. Mesure de la glycémie

Avoir une tendance de l'évolution de la glycémie avant l'activité sportive permet une meilleure anticipation et donc plus de sécurité. Cette tendance peut être obtenue de différentes manières : en la mesurant 2 à 3 fois à 20–30 min d'intervalle à l'aide d'un lecteur de glycémie classique ou alors en se basant sur un dispositif de mesure continue de glucose qui ne mesure pas la glycémie mais la concentration de glucose interstitiel.

La fiabilité de la mesure continue du glucose par un dispositif électronique sous cutané est perfectible techniquement mais doit être également interprétée avec précaution étant donné que des divergences entre le glucose sanguin et sous-cutané peuvent exister. Différents paramètres du capteur manquent de fiabilité dans certaines circonstances : son adhésivité, son autonomie, des problèmes cutanés, un retard de détection de variation (mesure en milieu interstitiel) [10]. Malgré le fait que la mesure du glucose sanguin reste actuellement la référence, ces nouveaux dispositifs de mesures sous-cutanées permettent de mieux appréhender la cinétique du glucose notamment en raison de flèches prédictives de la tendance. Grâce à ces dispositifs, certaines pompes à insuline sont équipées d'une fonction permettant l'arrêt de la délivrance d'insuline en cas de risque d'hypoglycémie (« SmartGuard »).

Les athlètes ayant un mauvais contrôle glycémique ( $HbA_{1c} > 9\%$ ) devraient éviter les entraînements intensifs jusqu'à l'obtention d'un meilleur contrôle [4,11]. Le diabète est généralement considéré comme contrôlé lorsque l'hémoglobine glyquée est aux alentours de 7 % mais la notion de limitation des fluctuations hypo et hyperglycémiques est également importante.

## INFLUENCE DES CO-MÉDICATIONS

De nombreux médicaments ont un effet sur l'équilibre glycémique, sur l'hydratation et par conséquent sur les performances. Les corticoïdes augmentent la néoglucogenèse et la glycogénolyse et donc la glycémie. Les antipsychotiques diminuent la tolérance au glucose [12]. Les médicaments contenant de l'éphédrine augmentent la glycogénolyse. L'hypertension étant une complication fréquente du diabète, les antihypertenseurs tel que les inhibiteurs de l'enzyme de conversion, les antagonistes des récepteurs de l'angiotensine (sartans), une hyperkaliémie potentiellement arythmogène. Certains diurétiques peuvent également modifier l'ionogramme mais aussi entraîner une majoration de la déshydratation durant l'exercice.

## 4. Règlementation

L'insuline est reprise sur la liste des substances dopantes par l'agence mondiale antidopage (AMA) dans la catégorie des facteurs de croissance. Son utilisation est interdite aussi bien en compétition qu'en dehors de la compétition. Ceci est d'application pour tous les sports et concerne tout sportif (sportif amateur, sportif de haut niveau, sportif d'élite de niveau national..). Son utilisation est conditionnée à l'obtention d'une demande préalable d'Autorisation d'Usage à des Fins Thérapeutiques (AUT).

Dans les règlements internationaux des différents sports (FIFA pour le football, IAAF pour l'athlétisme, world rugby, FIBA pour le basketball, FINA pour la natation, NHL pour le hockey, . . .), Il est rarement directement question du port de la pompe à insuline. Il faut donc se référer au paragraphe qui concerne les systèmes électroniques.

Le règlement de la FIFA interdit le port de toute forme de système électronique ou de communication à l'exception des systèmes de suivi et d'évaluation des performances type GPS. Au rugby, l'arbitre a le pouvoir de décider à tout moment, avant ou pendant le match, qu'une partie quelconque de l'équipement d'un joueur est dangereuse ou interdite par le règlement. Au basket, l'article 4.4.5 du règlement de la FIBA précise que tout équipement n'étant pas décrit dans les règles doit être approuvé par la commission technique de la FIBA. Au hockey sur glace au Canada, les pompes à insuline sont interdites par la NHL.

## 5. Type d'exercice

Des recherches ont mis en évidence que le type d'exercice influençait la réponse glycémique immédiate et retardée. Les résultats de ces différentes études sont parfois divergents et sujets à débat [5,7–11].

Le risque d'hypoglycémie est présent durant et après de longs exercices d'intensité moyenne, de type aérobie [9]. L'hyperglycémie durant des exercices répétitifs, courts et de haute intensité, les catécholamines sécrétées durant ce type d'exercice ayant pour effet d'augmenter la glycogénolyse du foie [2]. L'association de ces deux formes d'exercice semblerait avoir un effet protecteur sur les hypoglycémies nocturnes [11]. De nombreux sports d'équipe (football, basketball, ...) combinent des exercices d'endurance de base avec des intervalles courts de haute intensité. Des recherches supplémentaires sont néanmoins nécessaires afin de démontrer qu'un effet bénéfique ressort bel et bien d'une telle association.

Les compétitions sportives sont génératrices de stress. Lors de celles-ci, l'équilibre glycémique doit être atteint afin que les performances soient maximales. Or le stress psychologique est fréquemment associé à un niveau glycémique plus élevé, suite à une augmentation des catécholamines circulantes [6]. Le niveau de stress est donc un facteur dont il faut tenir compte.

Le [Tableau 1](#) fourni un résumé de l'influence du type d'exercice sur la glycémie.

### 5.1 TIMING DE L'EXERCICE

Le moment de la journée où se situe l'exercice, notamment par rapport au repas influence la réponse des athlètes diabétiques. Certaines études suggèrent qu'un nombre moins important d'hypoglycémies survient lorsque les athlètes s'entraînent avant le petit déjeuner plutôt que durant l'après-midi [12]. Il s'agit cependant d'études avec un nombre restreint de sujets ( $n = 35$ ) qui nécessitent d'être confirmées par d'autres études.

**Tableau 1** Influence du type d'exercice sur la glycémie.

Type d'exercice	Effet sur la glycémie
Aérobie	Risque d'hypoglycémie élevé durant et après l'exercice
Anaérobie	Risque d'hyperglycémie par augmentation de la glycogénolyse du foie, après l'exercice
Association d'aérobie et d'intervalles courts de hautes intensités	Effet protecteur sur les hypoglycémies nocturnes (recherches supplémentaires nécessaires à la confirmation de cette affirmation)
En compétition	Générateur de stress psychologique, équilibre glycémique plus fragile

## 5.2. NUTRITION

Pour parvenir à performer au plus haut niveau, les athlètes diabétiques ont des besoins nutritionnels spécifiques. L'anticipation des hypo/hyperglycémies n'est pas aisée et nécessite un suivi précis des recommandations en termes d'ingestion alimentaire (et en particulier glucidique) et d'hydratation avant/pendant/après l'exercice. Ces recommandations sont spécifiques du type d'exercice (intensité, durée), de l'athlète, des conditions climatiques, et de nombreux autres facteurs pas toujours maîtrisables.

La société américaine de diabétologie (American Diabetes Association -ADA-) et le Collège américain de Médecine du sport (American College of Sports Medicine ACSM-) proposent les recommandations suivantes [13,14] :

- consommation de glucides (CHO) de 6 à 10 g/kg corporel pendant et après l'exercice ;
- consommation de protéines de 1,2 à 1,4 g/kg pour les athlètes pratiquant un sport d'endurance. 1,6 à 1,7 g/kg pour les athlètes plus explosifs.

## 5.3. 20 À 25 % DE LIPIDES DU TOTAL ÉNERGÉTIQUE QUOTIDIEN

Pour des athlètes effectuant des exercices d'endurance réguliers, il est recommandé de consommer 60 % de CHO/jour avec un timing régulier, de façon à pouvoir reproduire le même schéma quotidiennement. Et permettre de cette façon, un bon contrôle glycémique, un stock optimal de glycogène dans les muscles et le foie, prévenir la fatigue, optimiser les performances, prévenir les complications.

Le [Tableau 2](#) décrit les recommandations des différents apports avant/pendant/après l'exercice.

**Tableau 2** Recommandation des différents apports avant/pendant/après l'exercice.

Timing	Apport
Avant l'exercice	3 à 6 heures avant l'exercice, un repas facilement digérable de 200 à 350 g de CHO est bénéfique aux performances. Le repas idéal doit être riche en CHO, faible en lipide, modéré en protéines. 1 heure avant l'exercice, 1 g/kg corporel de CHO pauvre en lipides. Si l'exercice dure moins de 45 minutes, un encas de 15 g de CHO ingurgité 15 à 30 minutes avant le début de la pratique sportive est recommandé.
Pendant l'exercice	Les besoins dépendent de la durée et de l'intensité de l'exercice : –1 heure : 5 à 6 g de CHO/kg –Plus de 2 heures : 8 g de CHO –Intense (> 80 % FC max) : 15 g de CHO L'alimentation durant l'exercice peut être liquide ou solide. Les solides apporteront une sensation de satiété plus grande que les liquides. Les liquides permettent également l'hydratation.
Après l'exercice	Après l'exercice, l'alimentation doit être riche en CHO et en protéines, faible en lipide. Consommer directement des CHO permet de renouveler le stock de glycogène de manière plus efficace et minimise le risque d'hypoglycémie d'apparition tardive (1,5 g/kg de CHO 30 min après l'exercice et 1,5 g/kg de CHO 1 à 2 heures plus tard). La sensation de soif est inhibée durant l'exercice. Une hydratation préventive est nécessaire, sucrée ou non. Si elle est sucrée, un maximum de 10 % est toléré afin de ne pas créer d'effet indésirable (crampe, nausée, diarrhée, ballonnement). Elle doit être réalisée de façon répartie dans le temps, par petites gorgées, pour ne pas créer d'inconfort abdominal, ne pas stimuler la diurèse et assurer la rétention d'eau nécessaire. L'hydratation après l'exercice se fait en fonction du poids perdu.

## 6. Entourage et prévention

De nombreux sports ont des exigences énergétiques imprévisibles, il est donc nécessaire de s'entraîner avec un entourage sensibilisé et éduqué au contrôle glycémique [5,15,16]. Des formations spécifiques sont parfois disponibles au sein des fédérations sportives. En rugby (world rugby), il existe un diplôme spécifique qui est indispensable au sein de chaque club.

Éduquer à la reconnaissance des signes/symptômes d'hypoglycémies (Tableau 3) [4,17] :

- signes de la réaction adrénérergique : sudations surtout faciales, tremblements, pâleur, tachycardie, sensation de faim impérieuse ;
- signes de souffrance cérébrale : asthénie, céphalées, troubles visuels (diplopie), dysesthésies péri-buccales, troubles du comportement (désorientation ou petite absence, ou au contraire agressivité, possibilité d'actes délictueux avec incidence médico-légale,...). [17]

En cas d'hypoglycémie, il est nécessaire d'écarter l'athlète du terrain et d'effectuer un resucrage avec des sucres rapides (15 à 20 g). Sauf en cas d'inconscience où il faut utiliser du glucagon ou de l'eau avec 50 % de dextrose [18].

**Tableau 3** Signes et symptômes neuroglucopéniques en fonction de la localisation cérébrale (gauche) et manifestations cliniques neuro-végétatives par ordre de fréquence décroissante (droite) [17].

Hypoglycémie Signes de neuroglucopénie	Réponse neurogène Signes neurovégétatifs
<i>Cortical</i>	
Désorientation, confusion, trouble de la concentration	Sudation
Parole incohérente	
Perception vague, paresthésies Tremblements	Tremblements
Somnolence	
Perte de contact avec l'environnement	Fatigue
<i>Sous-corticoencéphalique</i>	
Incapacité à discriminer les sensations et à répondre aux stimuli	Pâleur
Activité motrice non contrôlée	
Signes d'activité sympathique accrue	Fringale
Dilatation pupillaire	
<i>Mésencéphalique</i>	
Spasmes toniques	Vertiges
Déviation des yeux	Anxiété
Réflexe plantaire en extension	Nervosité
Perte des mouvements oculaires conjugués	Palpitations
<i>Prémyélocéphalique</i>	
Spasmes en extension des extrémités induits par rotation de la tête	Paresthésies
<i>Myélocéphalique</i>	
Coma, respiration superficielle	Nausées
	Vomissements
	Soif
	Hypertension artérielle, Trouble du rythme cardiaque
Bradycardie	
Myosis fixe	Oedème aigu pulmonaire
Hypothermie	Hypertension artérielle pulmonaire
	Angor
Hyporéflexie	

Le GLUCAGEN KIT® est une solution injectable, utilisée pour traiter en urgence les hypoglycémies sévères survenant chez des patients diabétiques qui ont perdu connaissance. Une éducation de l'entourage à son utilisation ainsi que de leurs fournir les informations sur l'endroit où trouver le produit en cas d'urgence est indispensable.

Finalement, l'hygiène des pieds doit être une priorité chez le DT1. La neuropathie périphérique et l'altération de la circulation sanguine, aboutissent à une perte de sensation dans les pieds, rend plus fréquent les ulcères diabétiques et les lésions traumatiques. Une attention particulière doit être portée à la prévention et à l'hygiène des pieds, en chaussant une pointure plus grande, en utilisant des chaussettes adaptées, en maintenant des ongles coupés courts et en asséchant entre les orteils. Un examen quotidien des pieds doit être réalisé, idéalement à la lumière et sous tous les angles, il est préférable de ne pas réaliser cet examen seul [5,19].

## 7. Conclusion

Aujourd'hui, il semble difficile de fournir une seule série de recommandations convenant à tous les diabétiques de type 1 qui souhaitent faire de l'exercice. Ce n'est qu'au travers une série d'essais qu'un équilibre glycémique pourra être trouvé. En effet, comme nous l'avons vu dans cet article, de nombreux paramètres endogènes et exogènes, imparfaitement maîtrisables pour une partie d'entre eux, sont concernés.

Des apports nutritionnels adéquats combinés à des injections d'insuline (après autorisation via AUT) correctement dosées sont essentiels à l'équilibre glycémique et à l'obtention de performances sportives. L'obtention d'une glycémie contrôlée malgré les contraintes supplémentaires fournies par l'activité sportive est possible. Chaque athlète diabétique de type 1 est unique et évolue de manière individuelle en fonction du sport pratiqué, de l'intensité de l'exercice réalisé, de l'alimentation prise et du moment de la journée.

La mise en place d'une boucle fermée de régulation glycémique, à l'aide d'un pancréas artificiel permettant d'adapter l'insulinothérapie en fonction de la mesure continue du glucose semble offrir des résultats prometteurs en réduisant l'hyperglycémie tout en adaptant l'insulinothérapie pour diminuer le risque d'hypoglycémie. De ce fait, ce que les auteurs appellent, le temps passé dans la cible (time in range pour les anglo-saxons) se voit augmenter.

### DÉCLARATION DE LIENS D'INTÉRÊTS

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

## RÉFÉRENCES

- [1] Atkinson MA, Eisenbarth GS, Michels AW. Type 1 diabetes. *The Lancet* 2014;383(9911):69–82.
- [2] Gautier JF, Mauvais-Jarvis F. Physical exercise and insulin sensitivity. *Diabetes Metab* 2001;27:255–60.
- [3] Raveendran AV, Chacko EC, Pappachan JM. Non-pharmacological treatment options in the management of Diabetes Mellitus. *Eur Endocrinol* 2018;14:31–9, <http://dx.doi.org/10.17925/EE.2018.14.2.31>.
- [4] Kirk SE. Hypoglycemia in athletes with diabetes. *Clinics in sports medicine* 2009;28(3):455–68.
- [5] Lisle DK, Trojian TH. Managing the athlete with type 1 diabetes. *Current sports* 2006;5(2):93–8.
- [6] Harris GD, White RD. Diabetes in the competitive athlete. *Current sports medicine reports* 2012;11(6):309–15.
- [7] Guelfi KJ, Jones TW, Fournier PA. New insights into managing the risk of hypoglycaemia associated with intermittent high-intensity exercise in individuals with type 1 diabetes mellitus. *Sports medicine* 2007;37(11):937–46.
- [8] Radermecker R, Hermans M, Legrand D, Scheen A. L'insulinothérapie par pompe externe à perfusion continue d'insuline. *Revue Médicale de Liège* 2005;60(5–6):329–34.
- [9] Yardley JE, Colberg SR. Update on Management of Type 1 Diabetes and Type 2 Diabetes in Athletes. *Current sports medicine reports* 2017;16(1):38–44.
- [10] Borot S, Benhamou PY, Atlan C, Bismuth E, Bonnemaïson E, Catargi B, et al. Évaluation dans le diabète des implants actifs Group (EVADIAC). Practical implementation, education and interpretation guidelines for continuous glucose monitoring: A French position statement. *Diabetes Metab* 2018;44:61–72, <http://dx.doi.org/10.1016/j.diabet.2017.10.009>.
- [11] Iscoe KE, Riddell MC. Continuous moderate-intensity exercise with or without intermittent high-intensity work: effects on acute and late glycaemia in athletes with Type 1 diabetes mellitus. *Diabetic Medicine* 2011;28(7):824–32.
- [12] Scheen AJ, van Winkel R, De Hert MA. Traitements neuroleptiques et troubles métaboliques. *Médecine des Maladies Métaboliques* 2008;2(6):593–9.
- [13] American Diabetes Association. Physical activity/exercise and diabetes. *Diabetes Care* 2004;27(90001):S58–62.
- [14] Colberg SR, Sigal RJ, Fernhall B, Regensteiner JG, Blissmer BJ, Rubin RR, et al. Exercise and type 2 diabetes: the American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement. *Diabetes Care* 2010;33(12):e147–67.
- [15] Draznin MB. Managing the adolescent athlete with type 1 diabetes mellitus. *Pediatric Clinics of North America* 2010;57(3):829–37.
- [16] Gomez AM, Gomez C, Aschner P, Veloza A, Muñoz O, Rubio C, et al. Effects of performing morning versus afternoon exercise on glycemic control and hypoglycemia frequency in type 1 diabetes patients on sensor-augmented insulin pump therapy. *Journal of diabetes science and technology* 2015;9(3):619–24.
- [17] Radermecker R, Philips JC, Jandrain B, Paquot N, Lefebvre P, Scheen A. Le cerveau, un organe gluco-dépendant. Effets délétères de l'hypoglycémie et de l'hyperglycémie. *Revue Médicale de Liège* 2008;63(5–6):280–6.
- [18] Radermecker R, Scheen A. Le coma hypoglycémique, un phénomène paroxystique redouté chez le patient diabétique de type 1. *Revue médicale de Liège* 2004;59(5):265–9.
- [19] Malacarne S, Chappuis B, Egli M, et al. Preventive measures of diabetic foot complications. *Revue Médicale Suisse* 2016;12(521):1092–6.