



<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr>

Institut des Sciences et Techniques de Réadaptation
Département Masso-Kinésithérapie

Mémoire N°1900

Mémoire d'initiation à la recherche en Masso-Kinésithérapie

Présenté pour l'obtention du

Diplôme d'État en Masso-Kinésithérapie

Par

QUEMIN WILLIAM

Prise en charge et éducation thérapeutique du patient atteint de diabète de type
1 en lien avec sa pratique sportive

Management and therapeutic education of patients with type 1 diabetes in
relation to their sport practice

Directeur de mémoire

SHINGO KITADA

Année 2022-2023

Session 1

Membres du jury

KITADA SHINGO

COMEDALE EDITH

PALANDRE STEPHANIE

CHARTRE ANTI-PLAGIAT DE LA DREETS AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

La Directions régionales de l'économie, de l'emploi, du travail et des solidarités (DREETS) délivre sous l'autorité du préfet de région les diplômes paramédicaux et du travail social.

C'est dans le but de garantir la valeur des diplômes qu'elle délivre et la qualité des dispositifs de formation qu'elle évalue, que les directives suivantes sont formulées.

Elles concernent l'ensemble des candidats devant fournir un travail écrit dans le cadre de l'obtention d'un diplôme d'État, qu'il s'agisse de formation initiale ou de parcours VAE.

La présente chartre définit les règles à respecter par tout candidat, dans l'ensemble des écrits servant de support aux épreuves de certification du diplôme préparé (mémoire, travail de fin d'études, livret2).

Il est rappelé que « le plagiat consiste à reproduire un texte, une partie d'un texte, toute production littéraire ou graphique, ou des idées originales d'un auteur, sans lui en reconnaître la paternité, par des guillemets appropriés et par une indication bibliographique convenable »¹.

La contrefaçon (le plagiat est, en droit, une contrefaçon) est un délit au sens des articles L. 335-2 et L. 335-3 du code de la propriété intellectuelle.

Article 1 :

Le candidat au diplôme s'engage à encadrer par des guillemets tout texte ou partie de texte emprunté ; et à faire figurer explicitement dans l'ensemble de ses travaux les références des sources de cet emprunt. Ce référencement doit permettre au lecteur et correcteur de vérifier l'exactitude des informations rapportées par consultation des sources utilisées.

Article 2 :

Le plagiaire s'expose à des procédures disciplinaires. De plus, en application du Code de l'éducation² et du Code de la propriété intellectuelle³, il s'expose également à des poursuites et peines pénales.

Article 3 :

Tout candidat s'engage à faire figurer et à signer sur chacun de ses travaux, deuxième de couverture, cette chartre dûment signée qui vaut engagement :

Je soussigné(e) ...*QUEMIN WILLIAM*

Atteste avoir pris connaissance de la chartre anti-plagiat élaborée par la DREETS Auvergne-Rhône-Alpes et de m'y être conformé(e)

Je certifie avoir rédigé personnellement le contenu du livret/mémoire fourni en vue de l'obtention du diplôme suivant :

Fait à*L'Isle d'Abeau*.....

Le.....*08/04/2023*.....

Signature

Zér  **Plagiat**



¹ Site Université de Nantes : <http://www.univ-nantes.fr/statuts-et-chartes-usagers/dossier-plagiat-784821.kjsp>

² Article L331-3 : « les fraudes commises dans les examens et les concours publics qui ont pour objet l'acquisition d'un diplôme délivré par l'Etat sont réprimées dans les conditions fixées par la loi du 23 décembre 1901 réprimant les fraudes dans les examens et concours publics »

³ Article L122-4 du Code de la propriété intellectuelle

Institut des Sciences et Techniques de Réadaptation
Département Masso-Kinésithérapie

Mémoire N°1900

Mémoire d'initiation à la recherche en Masso-Kinésithérapie

Présenté pour l'obtention du
Diplôme d'État en Masso-Kinésithérapie

Par

QUEMIN WILLIAM

Prise en charge et éducation thérapeutique du patient atteint de diabète de type
1 en lien avec sa pratique sportive

Management and therapeutic education of patients with type 1 diabetes in
relation to their sport practice

Directeur de mémoire

SHINGO KITADA

Année 2022-2023

Session 1

Membres du jury

SHINGO KITADA

NOM Prénom

Université Claude Bernard Lyon 1

Président
Frédéric FLEURY

Vice-président CA
REVEL Didier

Secteur Santé

Institut des Sciences et Techniques de
Réadaptation
Directeur
Jacques LUAUTE

U.F.R. de Médecine Lyon Est
Directeur
RODE Gilles

U.F.R d'Odontologie
Directeur
Jean Christophe MAURIN

U.F.R de Médecine Lyon-Sud Charles
Mérieux
Directrice
PAPAREL Philippe

Institut des Sciences
Pharmaceutiques et Biologiques
Directrice
DUSSART Claude

Département de Formation et Centre
de Recherche en Biologie Humaine
Directeur
SCHOTT Anne-Marie

Comité de Coordination des
Etudes Médicales (CEM)
COCHAT Pierre



Institut Sciences et Techniques de la Réadaptation Département MASSO-KINESITHERAPIE

Directeur ISTR
Jacques LUAUTE

Équipe de direction du département de Masso-kinésithérapie :

Directeur de la formation
Charles QUESADA

Responsables des travaux de recherche
Denis JAUDOIN

Référents d'années
Ilona BESANCON
Edith COMEMALE

Référent formation clinique
Ayodélé MADI

Référent projets pédagogiques
Denis JAUDOIN

Responsable de scolarité
Audrey MOIRON

Remerciements

A Monsieur **KITADA Shingo**, mon directeur de mémoire, pour m'avoir guidé, accompagné et conseillé dans ce travail de recherche. Merci pour vos conseils qui ont contribué à réaliser ce travail et la construction de cette revue de littérature.

A l'**IFMK de Lyon** et mes différents terrains de stage, pour m'avoir enseigné, durant ces quatre années de formation, les connaissances et les compétences nécessaires à la pratique de mon futur métier.

A **ma famille** pour son soutien pendant toutes mes études supérieures. Merci de m'avoir accompagné durant ces années charnières pour mon futur. Merci de me soutenir dans tout ce que j'entreprends.

A celle qui m'accompagne depuis le début, **Amélie**, merci pour ton soutien et tes précieuses relectures et tes conseils de rédaction.

Liste des acronymes :

DT1	Diabète de type 1
Hba1c	Hémoglobine glyquée
RA	Résistance puis Aérobie
AR	Aérobie puis Résistance
CHO	Glucide
ATP	Adénosine triphosphate, molécule productrice d'énergie

Table des matières

1. INTRODUCTION.....	1
2. METHODOLOGIE DE RECHERCHE	5
2.1 Stratégie de recherche.....	5
2.2 Critères d'inclusion et de non-inclusion.....	5
2.3 Supports utilisés.....	6
2.4 Base de données consultées	6
2.5 MeSH Terms et équations de recherches.....	6
2.6 Etapes de sélection.....	8
3. RAPPELS ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES	11
3.1 Le pancréas et le foie.....	11
3.2 Le glucose, son assimilation et son devenir.....	13
3.2.1 Le glucose	13
3.2.2 Assimilation du glucose	13
3.2.3 La glycolyse.....	14
3.3 Les voies de production d'énergie	14
3.3.1 Le Cycle de Krebs	15
3.3.2 La cétogenèse	16
4. Mieux connaître le Diabète de Type 1.....	17
4.1 Euglycémie, Hypoglycémie, Hyperglycémie	17
4.2 Risques des hypoglycémies et hyperglycémies.....	18
4.3 Outils de mesures des glycémies	19
4.4 Insuline rapide / Insuline lente.....	19
4.5 Ratio et bolus	20
4.6 Les types d'efforts.....	21
5. Résultats et Discussion	23
5.1 Analyse des études.....	23
5.2 L'insulinothérapie	26

5.2.1	Instant t prise d'insuline et consommation de glucides	26
5.2.2	Adaptation de la dose d'insuline	27
5.2.3	Risques de la réduction des doses d'insuline	28
5.3	Les adaptations diététiques	28
5.4	Les impacts des types d'efforts	29
5.5	Protocole de gestion de la glycémie [6].....	31
5.6	Le régime cétogénique et le sport [7].....	34
6.	Adaptation en kinésithérapie	36
6.1	Le DT1 et ses risques	36
6.1.1	Construire une base pour la prise en charge du patient diabétique	37
6.1.1.2	Le questionnaire	37
6.2	L'insulinothérapie	40
6.3	Les adaptations diététiques	41
6.4	Les types d'effort.....	43
6.5	Pérennisation de ces démarches	45
6.5.1	Protocole lors de la rééducation en kinésithérapie.....	45
6.5.2	Protocole en lien avec l'activité physique.....	46
7.	Le futur du diabète de type.....	48
1.	Les cellules souches.....	48
2.	Le Tépizumab	48
3.	Le pancréas artificiel.....	49
8.	Conclusion	50
	BIBLIOGRAPHIE.....	52

Liste des tableaux

Tableau articles PubMed.....	9
Tableau articles PEDro	10
Tableau de sélection d'articles	10
Tableau des normes de glycémie.....	17
Tableau d'index glycémique	42

Liste des figures

Figure 1	8
Figure 2.....	12
Figure 3.....	13
Figure 4.....	14
Figure 5.....	15
Figure 6.....	16
Figure 7.....	19
Figure 8.....	25
Figure 9.....	32
Figure 10.....	32
Figure 11.....	33
Figure 12.....	33
Figure 13.....	33
Figure 14.....	33
Figure 15.....	38
Figure 16.....	43
Figure 17.....	45

Résumé : Le diabète de type 1 est une maladie auto-immune chronique qui perturbe la glycémie. Lors de nos rééducations, nous rencontrerons des patients qui viennent pour une autre étiologie que cette pathologie. Nous devons savoir comment les rééduquer, sans nuire à leur glycémie et, au besoin, les aider dans leur pratique sportive.

Quels sont donc les facteurs qui influenceront sur la glycémie et comment les adapter pour aider les patients dans leur activité physique ? Nous avons réalisé une revue de littérature pour faire une synthèse des connaissances à ce sujet. Parmi les facteurs qui ont été trouvés, nous allons parler des injections d'insuline, de régime alimentaire et des types d'exercices. Ces facteurs seront utiles pour adapter la pratique sportive des patients DT1.

Nous avons trouvé qu'une réduction de 70 % de l'apport en insuline avant le sport et une collation de 0,35g[CHO]/kg avant le sport améliore la stabilité de la glycémie. Cela permettra de réduire le risque d'hypoglycémie après le sport et de stabiliser la glycémie à long terme. En parallèle, nous devons adapter notre rééducation à l'impact sur la glycémie et éduquer ces patients à gérer leur pathologie lors de leur pratique sportive. Les apports d'insuline, le régime alimentaire, les types d'exercices auront un impact sur la glycémie dans cette population. En les gérant et avec de bonnes instructions, les patients pourront pratiquer le sport sans craindre les conséquences de leur pathologie et nous même, en tant que MK, pourrons les rééduquer sans déstabiliser leurs glycémies.

Mots-clés : Diabète de type 1, glycémie, sport, exercice

Abstract: Type 1 diabetes is a chronic auto-immune disease which disturbs blood glucose. During our rehabilitation, we will encounter patients who come for another reason but this pathology. We need to know how to rehabilitate them without interfering with their blood glucose level and if needed, assist them during their physical practice. So, which factors will impact blood glucose and how to adapt them to assist patients with their physical practice? We made a literature review to make a synthesis of the knowledge on this subject. Among the factors that were found to impact blood glucose, we will talk about insulin intakes, diet, and type of exercises. Those factors will be useful to adapt the sports practice of DT1 patients.

Like a 70% reduction of insulin intake before sport and a 0,35g[CHO]/kg snack before sport. It will allow to reduce hypoglycemia risk after physical practice and stabilize blood glucose in long term. In parallel we will have to adapt our reeducation to the impact on their blood glucose and to educate those patients to manage their pathology with their sports practice. Insulin intakes, diet, type of exercises will impact blood glucose in this population. By managing them and with good instructions, patients will be able to practice sports without being afraid of the consequences of their pathology and us, as physios, will be able to rehabilitate them without harming them.

Keywords : diabetes mellitus, blood glucose, sport, exercise

1. INTRODUCTION

1.1 Situation d'appel

Etant moi-même diabétique de type 1 depuis mes 17 ans, j'ai pu apprendre et observer l'impact de cette pathologie sur l'activité physique. Via différents sports et types d'activités physiques, j'ai pu me confronter aux conséquences du DT1.

Tout d'abord, dans la phase pré-diagnostic, j'ai pu observer une baisse des performances dans ma pratique du sprint, corrélée aux débuts de la pathologie.

Ensuite, alors que j'ai commencé ma première année de médecine, j'ai dû arrêter le sprint et je suis passé à la pratique de la course de fond sur une distance de maximum 10km. Sur cette distance, je n'ai jamais rencontré de problèmes. Seulement, lorsque j'ai décidé de m'entraîner pour un semi-marathon, le diabète et ses conséquences ont pris place dans la gestion de mon entraînement. En effet, sur cette distance, je manifestais des hypoglycémies per-effort et post-effort. Ce qui a commencé à m'interroger sur le besoin de renseigner les patients sur la gestion de leur glycémie en lien avec leur activité physique.

Cette idée s'est renforcée lors de mes premières séances de musculation spécifique par des entraînements de résistance. Après ces séances, je pouvais observer des hyperglycémies non expliquées par une quelconque erreur d'injection ou de prise de glucides.

Par le biais de ces expériences, j'ai pu découvrir les impacts de mon activité physique sur mes glycémies à court et moyen terme. Cette pathologie m'a montré qu'en ayant les connaissances suffisantes, pour ma part acquises lors de mes études et via ces expériences, celle-ci pouvait devenir très intéressante dans sa gestion et qu'il était possible de rendre les patients autonomes, du moment que nous leur fournissions les informations adaptées.

C'est donc pour cela que ce mémoire représente la suite de mes interrogations et ma volonté de comprendre plus en détail cette pathologie, et l'impact de l'activité physique sur elle. Pour moi, patient diabétique de type 1, mais aussi en tant que futur professionnel de santé, pour accompagner les patients dans leur pratique sportive, ce qui prend place dans un devoir de santé publique et de prévention chez le patient DT1. Par ailleurs, j'espère que ce rendu pourra servir à plus grande échelle, pour que chacun

puisse, s'il le souhaite, accompagner ces patients dans leur projet de reprise du sport, ou, dans la recherche de performance. L'objectif étant de pouvoir donner les outils nécessaires à chacun, selon leurs besoins et objectifs personnels.

1.2 Le diabète de type 1 (DT1)

Le diabète correspond à une élévation prolongée de la concentration de glucose dans le sang : on parle d'hyperglycémie. Dans le cas du diabète de type 1 (DT1), ce dérèglement est dû à un déficit d'insuline. Une hormone régulatrice de la glycémie, qui permet au glucose⁴ de pénétrer les cellules, afin de produire de l'énergie. Potentiellement très grave s'il n'est pas contrôlé, le diabète de type 1 est aujourd'hui très bien pris en charge, grâce à un apport d'insuline exogène. Néanmoins, la recherche continue à décrypter les mécanismes de la maladie, avec notamment l'objectif de comprendre comment la prévenir et d'améliorer encore les traitements, voire de la guérir. (Diabète de type 1 · Inserm, La science pour la santé, s. d.)

Le diabète de type 1 est le plus souvent diagnostiqué en présence de symptômes ; il est rarement découvert au cours d'un bilan médical. Le diagnostic du diabète de type 1 est établi grâce à une prise de sang qui dose le taux de sucre⁵ dans le sang. Le diagnostic est posé lorsque :

- la glycémie, à n'importe quel moment de la journée, est supérieure à 200 mg/dL en présence de symptômes ;
- la glycémie à jeun est supérieure ou égale à 126 mg/dL, contrôlée à deux reprises en l'absence de symptômes.

Lorsque le diagnostic est posé, un bilan initial permettant le suivi médical du diabète est prescrit par le médecin traitant ou un diabétologue :

- Un bilan sanguin : dosage de l'HbA1c, bilan lipidique, bilan de la fonction rénale ;
- Un bilan urinaire à la recherche d'une atteinte rénale ;
- Une consultation ophtalmologique.

⁴ Issu de notre alimentation ou de notre stock endogène

⁵ Glycémie

La glycémie est un terme médical pour désigner le taux ou la concentration de sucre (également appelé glucose) dans le sang. (L'astuce du champion : Les noms féminins se terminant par -i, -y, -ie, 2021)

L'HbA1c (hémoglobine glyquée) est le pourcentage d'hémoglobine ayant fixé du sucre dans le sang. Elle représente la glycémie moyenne des trois derniers mois précédant le dosage. Ce pourcentage d'hémoglobine augmente lorsque la glycémie moyenne est élevée et diminue lorsque la glycémie moyenne baisse. Mesurer l'HbA1c est l'examen de référence pour surveiller l'évolution du diabète et des complications vasculaires mais aussi pour juger à long terme de l'efficacité de sa prise en charge : régime alimentaire, activité physique et traitements médicamenteux. (Définition hba1c, hémoglobine glyquée - Sanofi-Diabète, s. d.)

L'activité physique fait partie intégrante du traitement de fond d'un diabétique de type 1. Celle-ci permet, sans injection d'insuline exogène, de diminuer la glycémie du sujet. Par le biais de l'activité sportive, le corps va produire de l'énergie en consommant le glucose présent dans le sang du patient. C'est donc un processus biologique traitant le DT1. Cependant, cela ne suffit pas à contenir le taux de glucose dans les normes recommandées. Cette activité va de plus, pouvoir provoquer des hypoglycémies selon l'intensité de l'effort fourni. Elle est donc à prendre en compte lors des injections d'insuline exogène.

Le DT1 est une pathologie chronique touchant dès le jeune âge (<18ans). L'auto-éducation est importante dans la prise en charge du patient. Celui-ci doit être capable de mesurer sa glycémie, de s'injecter la dose d'insuline nécessaire et de corriger sa glycémie. Les complications peuvent être d'ordre rénales, cardiaques, cutanées, ophtalmiques, non exhaustivement. Le sujet se doit de devenir patient expert. Notre rôle est donc de lui donner toutes les informations nécessaires pour se traiter au mieux. L'accompagnement dans les projets du patient se réalisant notamment par ce partage d'information et l'éducation thérapeutique.

Au sein de la population atteinte de diabète de type 1, la pratique sportive reste encore une activité difficile à mettre en place, dû à la peur des hypoglycémies et aux ajustements à mettre en place pour performer et compenser la pathologie. Nombreux sont ceux qui font face aux conséquences de leur pathologie lors de la pratique du sport. Cette expérience peut amener certains patients à réduire leur activité physique en durée ou en intensité voire à l'arrêter. Il apparaît donc nécessaire d'apporter les réponses et les bons

gestes à cette population, pour leur permettre de pratiquer une activité physique sans risques.

C'est en ce sens que nous recueillerons des informations sur l'insulinothérapie, les adaptations diététiques et les rôles des différents types d'efforts sur la glycémie, lors d'activité physique, pour accompagner et traiter au mieux nos patients lors de leur gestion de leur pathologie. Le diabète de type 1 n'est pas une pathologie nécessitant une prise en charge en kinésithérapie. Les conséquences de cette pathologie peuvent-elles nécessiter des séances. En dehors de ces conditions, nous serons amenés à rencontrer des patients atteints de DT1, avec un motif de consultation sans rapport avec leur pathologie chronique. C'est lors de ces séances de rééducation puis de réathlétisation que nous impacterons les glycémies de nos patients. Par une prise en charge active, les glycémies du patient seront amenées à varier selon nos séances. Pour cela, lors de nos séances, nous devons adapter notre rééducation pour s'inscrire dans la gestion de la glycémie et permettre sa stabilité. En plus, d'avoir la capacité de reconnaître les signes de variation glycémique et d'enseigner au patient comment gérer son diabète, lors, et en dehors, de son activité physique. Car en effet, grâce à l'éducation thérapeutique et dans un objectif de pérennisation des connaissances apportées au patient, nous pourrions accompagner ces patients sur la gestion de leur diabète lors de leur activité physique. C'est pour cela que nous nous demanderons dans ce travail, comment prendre en charge un patient atteint de diabète de type 1, puis l'accompagner dans la gestion de sa pratique sportive ?

2. METHODOLOGIE DE RECHERCHE

Cette revue de littérature portera sur les facteurs importants de la gestion du diabète de type 1 en lien avec l'activité physique. A l'aide des différents supports d'informations, nous réunirons les données actuelles sur l'insulinothérapie, les adaptations diététiques et les différents efforts pour permettre aux patients, une gestion optimale de leur glycémie et de leur performance, lors de leur activité physique et lors de nos prises en charge.

2.1 Stratégie de recherche

L'objectif va donc être de construire une revue de littérature pour réunir les connaissances actuelles sur le sujet. Nous suivrons donc pour cela la méthode PRISMA, une référence pour la conception de revue systématique et de méta-analyse. Cela se composera d'une sélection d'articles à inclure dans notre revue puis, à l'aide d'un diagramme de flux, la sélection à chaque étape du processus de sélection. Nous inclurons dans notre revue de littérature les articles en anglais et en français, dont les critères PICO seront respectés et publiés dans les vingt-cinq dernières années.

2.2 Critères d'inclusion et de non-inclusion

Pour cette étude nous respecterons différents critères listés ci-après :

- Age [18-60] ans
- Patient DT1 depuis au minimum 12 mois
- Patient DT1 stable, Hba1c < 9.0%
- Patient DT1 traité par injection d'insuline rapide
- IMC < 25
- Sports sans conditions extrêmes (trekking haute montagne, plongée, etc...)

Le but étant de nous intéresser à la population atteint de diabète de type 1 n'ayant pas beaucoup de notions quant à la gestion de leur pathologie en lien avec leur pratique sportive, mais aussi à la population commençant cette activité physique. C'est auprès de cette population que notre éducation thérapeutique sera la plus pertinente.

2.3 Supports utilisés

La recherche a été effectuée en se basant sur différents supports :

- Articles scientifiques
- Mémoires et thèses
- Cours de l'IFMK Lyon (notamment pour la méthodologie de recherche)
- Sites internet

2.4 Base de données consultées

La recherche d'articles a été permise en interrogeant plusieurs bases de données citées ci-dessous :

- Pubmed
- PEDro
- Cochrane

Le choix s'est porté sur ces bases de données pour leur recouvrance importante des articles scientifiques.

- Pubmed : 8.2 millions d'entrées <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/>
- PEDro : +55.000 entrées <https://pedro.org.au/>
- Cochrane : +9.000 entrées <https://france.cochrane.org/cochrane-library>

De plus, l'ISTR de Lyon possède un abonnement offert à Pubmed, ce qui permet un accès facilité aux articles issus de cette base de données. Pour le reste des bases de données, il a été choisi d'intégrer les plus accessibles, sans besoin d'inscription préalable ou d'abonnement pour obtenir des articles.

Ensuite, nous avons interrogés ces bases de données à l'aide d'équation de recherche via les onglets « Recherche avancée » pour permettre d'obtenir les articles les plus pertinents pour notre sujet.

2.5 MeSH Terms et équations de recherches

Afin de construire une équation de recherche, il est important d'obtenir des mots-clés renseignés dans les articles en lien avec notre sujet. Le site HeTop nous a permis de traduire ces mots-clés en MeSH Terms, éléments d'indexation des articles publiés. Nous retrouvons ci-dessous les MeSH Terms choisis et leur lien avec notre sujet.

	Mos-clefs et MeSH Terms
Pathologie	- Type 1 diabetes mellitus - Type 1 diabetes
Intervention kinésithérapeutique	- Exercices - Sports
Critères de jugement	- Blood glucose

Ces différents MeSH Terms ont donc permis de construire les équations de recherche de chaque base de données pour obtenir les articles. Nous les avons connectés à l'aide des connecteurs AND et OR pour construire l'équation de recherche la plus spécifique au sujet.

Voici ci-dessous les équations de recherche de chaque base de données :

Equation de recherche PubMed
((type 1 diabetes mellitus [MeSH Terms]) AND (sports [MeSH Terms])) AND (blood glucose [MeSH Terms])

Cette équation de recherche a permis d'obtenir 90 articles.

Equation de recherche PEDro
"type 1 diabetes" exercises

Cette équation de recherche a permis d'obtenir 13 articles.

Equation de recherche Cochrane
"type 1 diabetes mellitus" in Title Abstract Keyword AND sports in Title Abstract Keyword AND "blood glucose" in Title Abstract Keyword /// "type 1 diabetes mellitus" in Title Abstract Keyword AND sports in Title Abstract Keyword

Cette équation de recherche a permis d'obtenir 5 articles.

Au total, à l'aide de ces équations de recherche, nous avons construit notre pool initial d'articles contenant 108 articles qui seront ensuite triés.

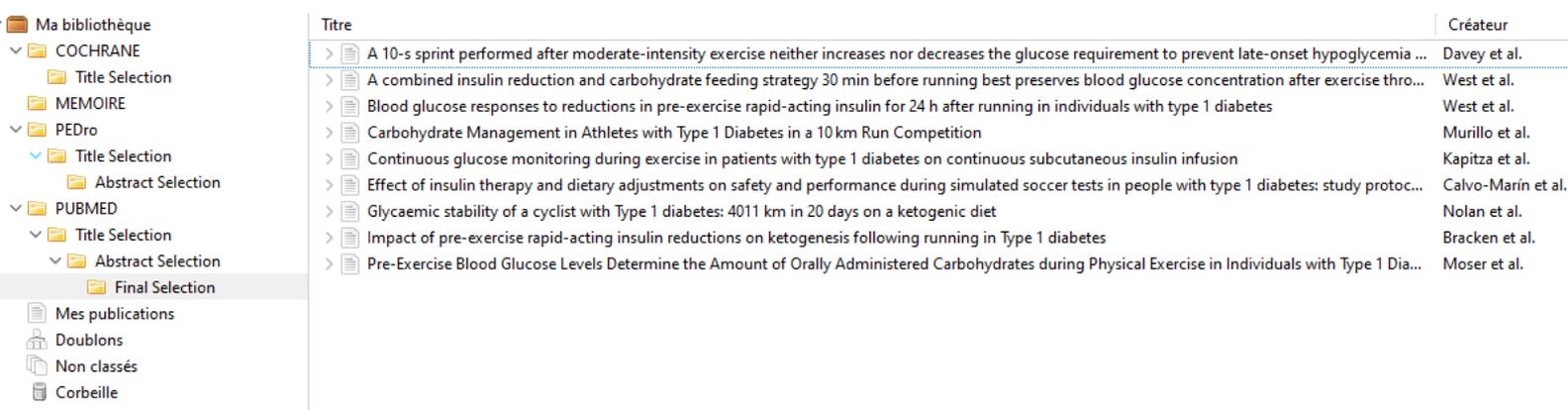
2.6 Etapes de sélection

Pour construire nos étapes de sélection des études, nous avons utilisé la méthode PRISMA (Mateo, 2020). Cette méthode organise la structure de sélection des articles en excluant les références non retenues et en respectant les critères de sélection précédemment renseignés.

Nous avons donc unifié notre pool d'articles initial avec comme première étape, l'exclusion des articles doublons, obtenus entre nos différentes bases de données. Ensuite nous avons sélectionné les articles par lecture des titres, puis des résumés et enfin la lecture complète des articles retenus jusqu'à ce stade, selon nos critères. Nous sommes donc partis de 108 articles, puis nous avons réalisés nos sélections pour être le plus pertinent quant à notre sujet :

- Parmi ce pool initial, 59 articles ont été supprimés sur leur titre. Soit car ils portaient sur une population d'enfants, soit car ils portaient sur des sports extrêmes.
- Par la suite, 16 articles ont été supprimés à la suite de la lecture du résumé.
- Enfin, 22 articles ont été supprimés sur lecture complète et construisant notre pool final.

Finalement nous avons obtenus un pool de 11 articles remplissant nos critères jusqu'à la dernière étape de sélection.



Titre	Créateur
> A 10-s sprint performed after moderate-intensity exercise neither increases nor decreases the glucose requirement to prevent late-onset hypoglycemia ...	Davey et al.
> A combined insulin reduction and carbohydrate feeding strategy 30 min before running best preserves blood glucose concentration after exercise thro...	West et al.
> Blood glucose responses to reductions in pre-exercise rapid-acting insulin for 24 h after running in individuals with type 1 diabetes	West et al.
> Carbohydrate Management in Athletes with Type 1 Diabetes in a 10 km Run Competition	Murillo et al.
> Continuous glucose monitoring during exercise in patients with type 1 diabetes on continuous subcutaneous insulin infusion	Kapitza et al.
> Effect of insulin therapy and dietary adjustments on safety and performance during simulated soccer tests in people with type 1 diabetes: study protoc...	Calvo-Marín et al.
> Glycaemic stability of a cyclist with Type 1 diabetes: 4011 km in 20 days on a ketogenic diet	Nolan et al.
> Impact of pre-exercise rapid-acting insulin reductions on ketogenesis following running in Type 1 diabetes	Bracken et al.
> Pre-Exercise Blood Glucose Levels Determine the Amount of Orally Administered Carbohydrates during Physical Exercise in Individuals with Type 1 Dia...	Moser et al.

Figure 1

Le pool d'articles a été obtenu en juin 2022, puis actualisé en novembre 2022. Pour chaque article présent à la fin de la sélection, il a été réalisé un résumé d'article ayant pour but de résumer la méthode de l'étude, ses résultats puis une partie discussion individuelle de chaque article. Nous avons aussi renseigné les auteurs, la date de parution et l'objet de l'étude. Ceux-ci sont présents en annexe (Annexe. III) pour permettre une meilleure compréhension du sujet et des articles utilisés. L'objectif est de synthétiser les données obtenues à la suite de la lecture de chaque article pour faciliter l'extraction des résultats. Une prémisse de discussion est aussi présente pour faciliter cette étape plus tard. Les articles sont référés en bibliographie.

Articles sélectionnés PubMed :

Nom de l'article	Auteurs
A 10-s Sprint Performed After Moderate-Intensity Exercise Neither Increases nor Decreases the Glucose Requirement to Prevent Late-Onset Hypoglycemia in Individuals With Type 1 Diabetes	Davey et al.
A combined insulin reduction and carbohydrate feeding strategy 30 min before running best preserves blood glucose concentration after exercise through improved fuel oxidation in type 1 diabetes mellitus	West et al.
Blood glucose responses to reductions in pre-exercise rapid-acting insulin for 24 h after running in individuals with type 1 diabetes	West et al.
Carbohydrate Management in Athletes with Type 1 Diabetes in a 10 km Run Competition	Murillo et al.
Continuous glucose monitoring during exercise in patients with type 1 diabetes on continuous subcutaneous insulin infusion	Kapitza et al.
Effect of insulin therapy and dietary adjustments on safety and performance during simulated soccer tests in people with type 1 diabetes: study protocol for a randomized controlled trial	Calvo-Marín et al.
Glycaemic stability of a cyclist with Type 1 diabetes: 4011 km in 20 days on a ketogenic diet	Nolan et al.
Impact of pre-exercise rapid-acting insulin reductions on ketogenesis following running in Type 1 diabetes	Bracken et al.
Pre-Exercise Blood Glucose Levels Determine the Amount of Orally Administered Carbohydrates during Physical Exercise in Individuals with Type 1 Diabetes-A Randomized Cross-Over Trial	Moser et al.

Tableau articles PubMed

Articles sélectionnés PEDro :

Nom de l'article	Auteurs
Morning (Fasting) vs Afternoon Resistance Exercise in Individuals With Type 1 Diabetes: A Randomized Crossover Study	Toghi-Eshghi et Yardley
Effects of Performing Resistance Exercise Before Versus After Aerobic Exercise on Glycemia in Type 1 Diabetes	Yardley et al.

Tableau articles PEDro

Base de données	Nombres d'articles trouvés	Nombres d'articles sélectionnés (sur titre)	Nombres d'articles sélectionnés (sur abstract)	Nombres d'articles sélectionnés (sur lecture de l'article ou accès à l'article)
PubMed	90	40	20	9
PEDro	13	7	6	2
Cochrane	5	2	2	0

Tableau de sélection d'articles

3. RAPPELS ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES

3.1 Le pancréas et le foie

Afin de permettre un maintien de l'euglycémie dans les normes, deux organes rentrent en jeu. Le pancréas et le foie. Ceux-ci sont liés, afin de réguler les concentrations glucidiques dans le sang (Fig.2).

Le pancréas est une glande à la fois endocrine et exocrine. Cet organe intervient dans le système digestif et la régulation de la glycémie. Ici, nous nous intéresserons tout particulièrement à ses fonctions de régulation glucidique. Ce sont les cellules endocrines qui jouent ce rôle par le biais d'amas cellulaires nommés îlots de Langerhans. Les cellules α sécrètent le glucagon (hormone hyperglycémiant), les cellules β sécrètent l'insuline (hormone hypoglycémiant). En sécrétant en bonne proportion ces deux hormones, le pancréas permet l'homéostasie glucidique en interagissant avec le foie. (Cours-Medecine.info : Partie 5 : Le pancréas, s. d.)

Le foie possède plusieurs fonctions dont celle de stocker les nutriments. Parmi ceux-ci nous nous intéresserons aux sucres (glucose, fructose et galactose). Pour cet organe, son rôle à lieu dans deux situations :

- Post-prandial : La concentration en glucose dans le sang augmente. Alors ce glucose va rentrer dans la voie de synthèse du glycogène, un glucide complexe formé de plusieurs glucoses. Cela va permettre de stocker ces nutriments dans le foie (et les muscles) en prévision d'un besoin ultérieur.
- Période de jeûne : La concentration en glucose est faible. Le foie commence donc la glycogénolyse. Cela permet de séparer les différents glucoses contenus dans le glycogène afin d'en relâcher dans le sang et rétablir la glycémie et les apports aux différents organes. (Cours-Medecine.info : Partie 6 : Le foie, s. d.)

Ces deux situations sont stimulées par les deux hormones sécrétées par le pancréas et citées ci-dessus. Le glucagon, dont le rôle est hyperglycémiant, va favoriser la glycogénolyse et ainsi augmenter la glycémie. L'insuline, hormone hypoglycémiant, va stimuler la synthèse du glycogène et permettre au glucose de pénétrer les cellules comme nous le verrons après.

Le foie synthétise aussi du glucose à partir de certains acides aminés ou d'acides gras, via la néoglucogenèse, que nous n'approfondirons pas.

RÉGULATION DE LA GLYCÉMIE

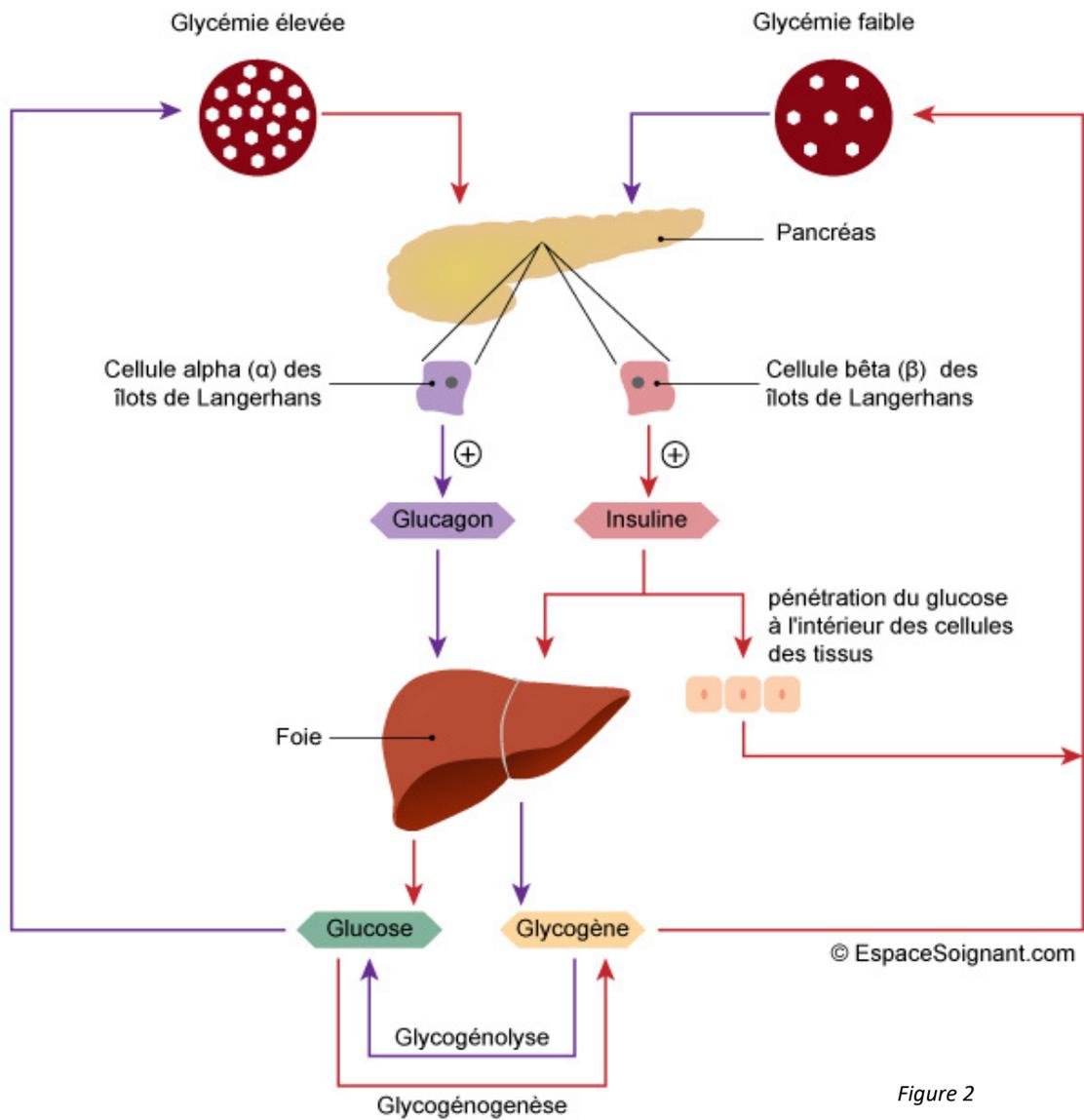


Figure 2

3.2 Le glucose, son assimilation et son devenir

3.2.1 Le glucose

Le glucose est un sucre simple qui procure de l'énergie aux cellules. En faible concentration dans le sang, nous sommes en situation d'hypoglycémie. Tandis qu'en trop haute concentration, il y a hyperglycémie.

Il est le carburant presque exclusif pour le cerveau et les muscles. Il peut être retrouvé sous forme exogène, par notre alimentation, ou endogène via la glycogénolyse notamment.

Les origines exogènes des sucres sont présentes sous différentes formes :

- Sucres simples/rapides : Glucose, galactose, fructose. Sucres rapidement assimilés
- Sucres composés : Saccharose, lactose, maltose. Sucres là aussi rapidement assimilés
- Sucres complexes/lents : Chaines de sucres simples. Assimilation lente.

Dans tous les cas, les sucres sont dégradés jusqu'à devenir des glucoses pour ensuite être assimilés et utilisés.

3.2.2 Assimilation du glucose

Lors de la digestion des aliments, les sucres sont au fur et à mesure dégradés pour devenir des glucoses facilement assimilables. Ceux-ci sont absorbés dans le duodénum et jéjunum (parties de l'intestin grêle) avant de rentrer dans l'étape suivante : la glycolyse (Fig.3).

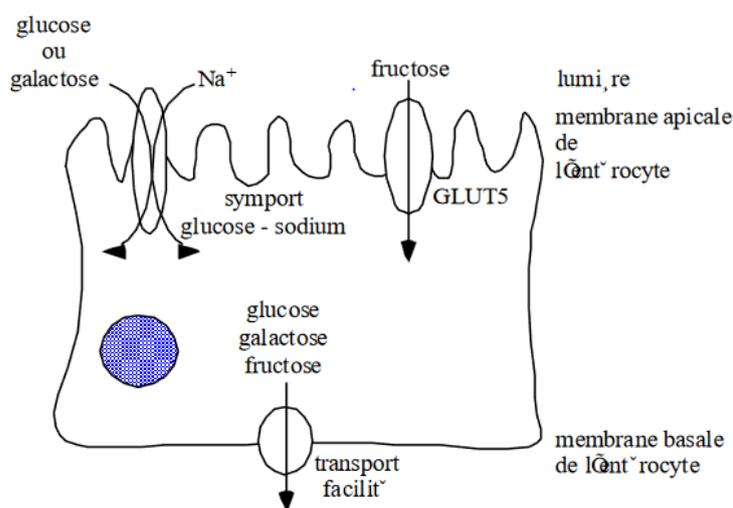


Figure 3

3.2.3 La glycolyse

Afin de rentrer dans la voie de production d'énergie, le glucose doit être modifié (Fig.4). A partir d'un glucose et à l'aide d'ATP, une dégradation oxydative a lieu pour obtenir du pyruvate, qui selon les conditions, pourra enclencher différentes voies de production d'énergie. (Naifeh, 2023)

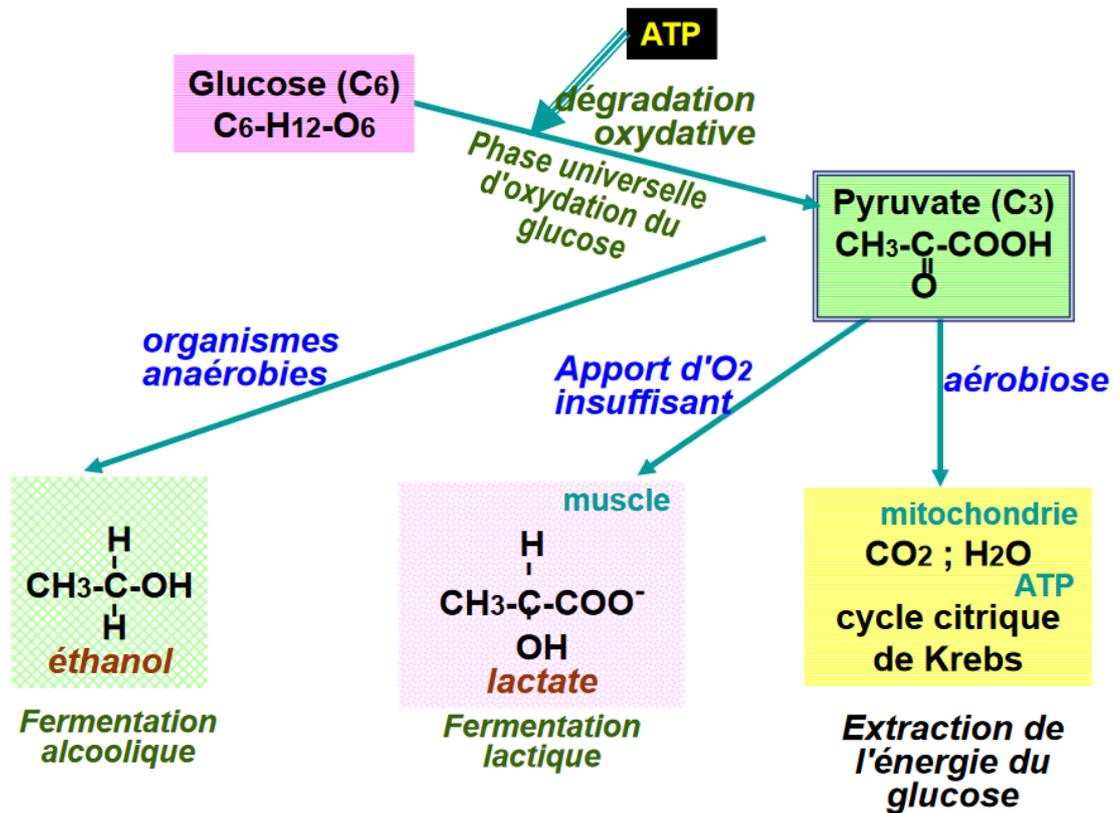


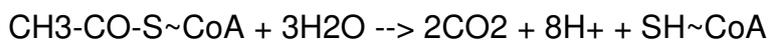
Figure 4

Ici, nous nous intéresserons à deux voies de productions d'énergie, le cycle de Krebs et la cétogénèse, toutes deux importantes dans la gestion du diabète.

3.3.1 Le Cycle de Krebs

Comme nous l'avons vu après la glycolyse, nous nous retrouvons en présence de pyruvate. Celui-ci va alors entrer dans le cycle de Krebs (Fig.5) et se transformer en acétyl-CoA, substrat de ce système de production d'ATP. (Cours-Medecine.info : Le Cycle de Krebs, s. d.)

Nous ne rentrerons pas dans les détails de ce cycle. Ici, l'objectif est de déterminer à quoi sert le glucose pour notre corps afin de saisir les besoins, par la suite, en lien avec le diabète de type 1. Ce système se décompose en 8 réactions, permettant d'obtenir l'équation de réaction suivante :



Cette réaction permet l'obtention de 12 ATP.

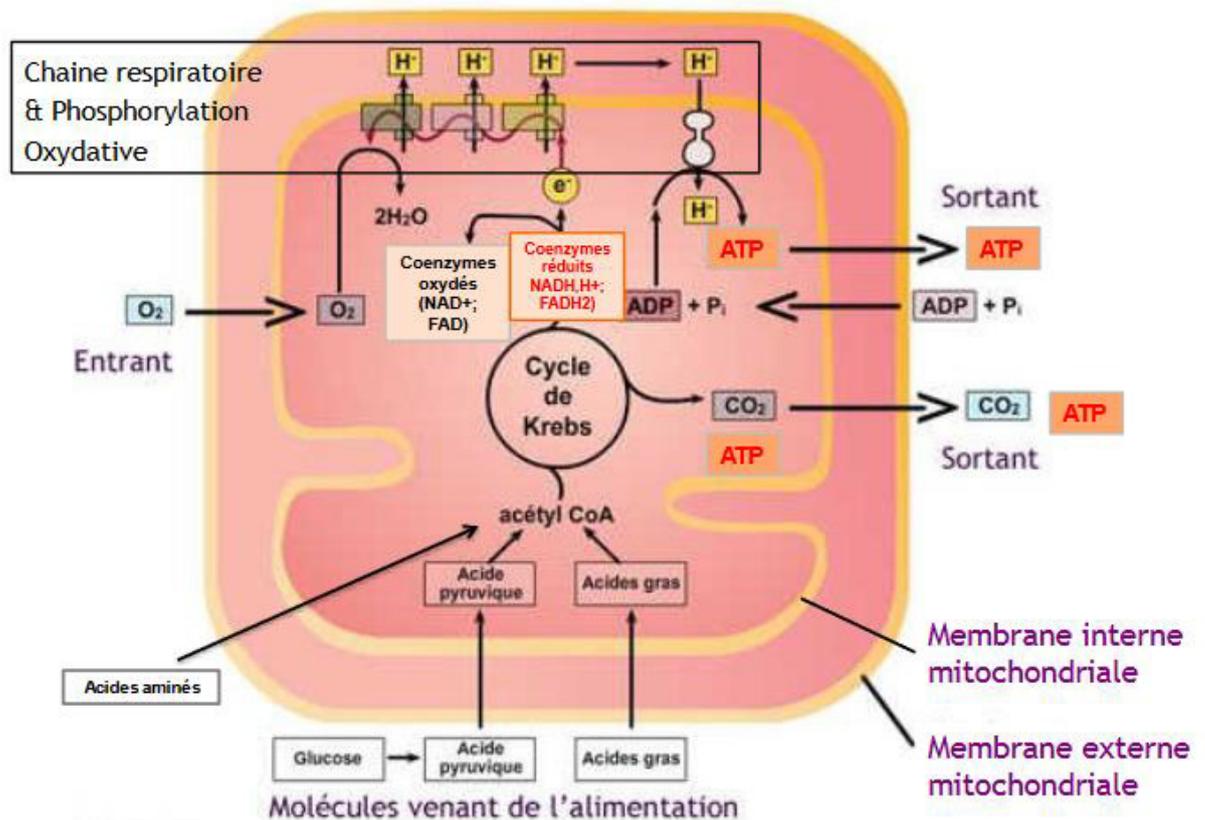


Figure 5

3.3.2 La cétogénèse

Une des autres voies de production d'énergie se base sur les lipides comme carburant : la cétogénèse (Fig.6). C'est un mécanisme propre aux cellules hépatiques. Là encore, ce système débute avec l'acétyl-CoA. Ce cycle prend place en général quand les réserves de glucose ne sont plus suffisantes pour alimenter le cycle de Krebs. A l'issue de la cétogénèse, il y a production de corps cétoniques, représentant une importante source d'énergie. (MÉTABOLISME DES CORPS CÉTONIQUES : CÉTOGÉNÈSE ET CÉTOLYSE, 2021)

Cependant les réactions de cette voie laissent trois produits à éliminer. L'acétoacétate, le β -hydroxybutyrate et l'acétone. Ceux-ci seront alors excrétés par les reins ou les poumons, ce qui peut dégrader ces organes.

Malgré tout, cette voie permet de l'obtention de 21 ATP. Soit plus que le cycle de Krebs.

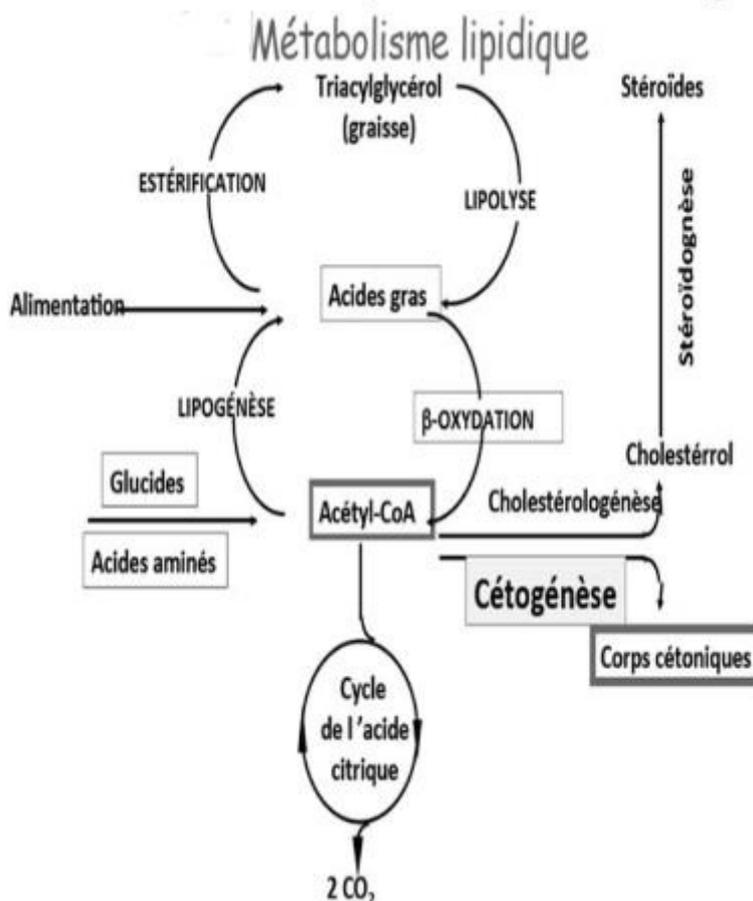


Figure 6

4. Mieux connaître le Diabète de Type 1

4.1 Euglycémie, Hypoglycémie, Hyperglycémie

La gestion du diabète de type 1 se base sur la gestion des glycémies. Il est donc nécessaire d'avoir une vision claire de ce à quoi correspond la valeur de la glycémie mesurée. Les glycémies peuvent être mesurées selon différentes unités, qu'il est nécessaire de connaître.

	mg.dL	mmol.L
Hypoglycémie	<60	<3.33
Euglycémie	[70 ; 110]	[3.885 ; 6.105]
Hyperglycémie	>110	>6.105

(Glycémie | Normes de Gycémie | Taux de Sucre dans le Sang, s. d.)

Tableau des normes de glycémie

Il reste important de préciser que cela correspond aux normes pour des personnes saines et qu'une plus importante marge est autorisée pour les patients atteints de DT1.

L'euglycémie correspond à la norme de glycémie. La valeur pour laquelle la concentration sanguine en glucide n'est ni trop haute ni trop basse.

L'hypoglycémie est le passage de la glycémie sous la norme. Elle est souvent accompagnée de différents symptômes avec beaucoup de spécificités individuelles :

- Sueurs, pâleur, sensation de faim anormale, nausées légères ;
- Nervosité, tremblements, palpitations, irritabilité ;
- Fourmillements ou picotements autour de la bouche ;
- Vertige, maux de tête, vision trouble ;
- Sensation de faiblesse, perte d'équilibre ;
- Accélération du rythme cardiaque, sensation d'angoisse.

A cela se rajoute selon la gravité, une incapacité à se concentrer, de la confusion, ou des difficultés à s'exprimer.

L'hyperglycémie prend place lorsque que la glycémie dépasse la norme. Lors d'une hyperglycémie, le corps tente d'éliminer le sucre en excès. Notamment par l'urine avec une pollakiurie qui engendre une déshydratation. Les symptômes accompagnateurs seront :

- Soif
- Pollakiurie
- Sensation de bouche sèche
- Vision floue
- Fatigue importante

(Hypoglycémie, hyperglycémie et acidocétose, s. d.)

Pour mesurer l'évolution de la glycémie au long terme, il est réalisé des prises de sang tous les 3 mois permettant de mesurer l'Hba1c (ou hémoglobine glyquée). Le glucose étant véhiculé par le sang, il s'accumule progressivement dans les globules rouges. Leur durée de vie est de 120 jours, ce qui explique que l'Hba1c permet d'observer la glycémie à long terme. L'objectif pour un patient atteint de type 1 n'est pas le même qu'un sujet sain. Tandis que l'hémoglobine glyquée chez un sujet sain est de 7% ou moins, pour un diabétique de type 1 la valeur doit être comprise entre 7% et 7.5% pour minimiser les risques. L'Hba1c reflète la glycémie sur les 3 derniers mois et est donc impactée par la fréquence et l'intensité des hypoglycémies. Ainsi une Hba1c de 7.3% ne correspond pas à la même chose pour un patient ayant eu 5 hypoglycémies dans les 3 derniers mois et un autre en ayant eu 25. (Norme HbA1c | Hémoglobine Glyquée ou HbA1c | Taux de Bba1c, s. d.)

4.2 Risques des hypoglycémies et hyperglycémies

Le risque principal du diabète de type 1 à court terme est l'hypoglycémie. Dans les cas les plus extrêmes, celles-ci peuvent provoquer des pertes de connaissance et mettre en danger l'individu en fonction de son environnement ou de la situation. A moindre risque, la confusion et l'inconscience peuvent elles aussi mettre en danger la personne selon les situations. Cela influence aussi le quotidien des personnes atteintes et leur activité physique. Impactant leur performance, notamment dans la qualité technique des gestes mais aussi dans les prises de décisions selon les sports.

A l'opposé, le risque d'hyperglycémie prend place sur des conséquences à moyen et long terme. Lors de la gestion du DT1, le patient va préférer un état d'hyperglycémie lors

de son activité physique pour éviter les risques aigus, évoqués précédemment. La consommation des glucides lors de cet effort permettra aussi de réguler cette hyperglycémie bien qu'insuffisant la plupart du temps. A long terme, l'hyperglycémie affectera les vaisseaux sanguins et provoquera de nombreuses complications comme l'infarctus, l'AVC, des atteintes oculaires, rénales, neuronales ou encore des troubles de cicatrisation conduisant parfois à des amputations. (Que faire en cas d'hyperglycémie ? Vivre avec diabète - Genève - HUG, s. d.)

4.3 Outils de mesures des glycémies

Comme vu précédemment, il est nécessaire de connaître sa glycémie. Pour cela, plusieurs outils sont mis à disposition pour la population atteinte de diabète de type 1.

Parmi les tout premiers outils de mesure, nous pouvons évoquer le dextro ou glucomètre. Ce lecteur de glycémie permet de mesurer le taux de glucose dans le sang via prélèvement de sang capillaire au niveau des doigts. Il ne permet cependant que d'avoir une mesure à l'instant t sans vision des glycémies en amont ou post-mesure.



Figure 7

L'outil CGM (Fig.7), pour « Continuous Glucose Monitor », permet une mesure sur une plus large tranche chronologique. En effet, son intérêt étant de pouvoir obtenir la courbe de sa glycémie sur les heures précédant la mesure et sur la tendance à venir. Il se compose d'un capteur placé sur la peau et d'un lecteur permettant le transfert des données et une analyse de ces dernières. Cela permet d'obtenir de nombreuses statistiques, fournies à l'utilisateur, comme sa moyenne de glycémie sur une semaine, un mois, le nombre d'hypoglycémies et leur moment d'apparition, le temps passé dans la norme, etc. Cela permet alors à son utilisateur de contrôler au mieux sa glycémie et facilement tout au long de la journée. (Diabète et mesure du glucose en continu (CGM / MGC) Diabete-Infos.fr, 2020)

4.4 Insuline rapide / Insuline lente

Le traitement du diabète de type 1 consiste en une supplémentation d'insuline exogène, sous différentes formes et origines. Le pancréas n'en produisant plus, il est

nécessaire de fournir au corps de quoi réguler le taux de glucose dans le sang pour éviter les complications.

L'insuline rapide correspond à l'insuline injectée lors des repas au cours de la journée, permettant aux glucides ingérés, d'intégrer les cellules et d'entrer dans le cycle de Krebs, ou d'être stockés, comme nous l'avons vu précédemment. Celle-ci prend effet entre quarante-cinq minutes et une heure après son injection. Il est donc nécessaire de coordonner son injection avec le temps d'assimilation des glucides, qui est de trente minutes post-ingestion. Cette insuline permet aussi de corriger les glycémies selon une sensibilité à l'insuline calculée lors du diagnostic du DT1 à l'hôpital.

L'insuline lente, elle, permet de lisser la glycémie sur le temps d'une journée. Elle est injectée à heure fixe le plus possible pour avoir un effet qui se suit, sans se chevaucher. Son action aura lieu à long terme et permet de diminuer les variations des glycémies au cours de la journée. Sa dose est calculée lors du diagnostic du DT1 à l'hôpital puis est amenée à être modifiée de manière empirique selon les données récoltées.

4.5 Ratio et bolus

Le ratio insuline/glucides est une formule permettant de calculer la dose d'insuline nécessaire pour couvrir la quantité de glucides consommés lors d'un repas. Ce ratio varie d'une personne à l'autre et peut varier d'un repas à l'autre. Ce ratio est renseigné à la suite de la première hospitalisation ou ils sont déterminés selon notre journal diététique et l'évolution de nos glycémies face aux injections d'insuline. Cela permet alors de ne plus avoir à consommer de quantité fixe de glucides lors d'un repas et d'adapter les doses d'insuline aux différents repas et à notre activité physique comme nous le verrons. Ces ratios sont amenés à évoluer au cours de la pathologie. Il est donc aussi important que le patient puisse réadapter ces ratios, si possible, afin de maintenir une stabilité glycémique.

Exemple : Ratio (1 : 12), 1U couvre 12g de glucides. Repas de 60g $\rightarrow 60/12 = 5U$

Lors d'épisode d'hyperglycémie, le retour à la normale peut être effectué lors d'un repas grâce à un bolus d'insuline. Celui-ci permet, par des unités « bonus » d'insuline de ramener le patient en euglycémie. Il dépend de la sensibilité à l'insuline. Cela correspond à la baisse de la glycémie obtenue par 1U d'insuline. L'activité physique peut jouer ce même rôle en diminuant la glycémie par consommation de glucides dans les voies de production d'énergie comme vu précédemment. (Calcul des glucides avancé : 1 unité d'insuline/n grammes de glucides | Diabète Québec, 2020)

Exemple : Glycémie pré-prandial : 190mg.dL ; 1U → - 40mg.dL ; Bolus de 2U pour un retour à 110mg.dL

4.6 Les types d'efforts

Il existe plusieurs types d'exercices lorsque nous réalisons une activité physique. Chacun avec ses avantages et inconvénients, ainsi que leur impact, que nous analyserons ultérieurement.

Les exercices aérobies reposent sur le mode de production d'énergie par le cycle de Krebs. Celui-ci s'effectuant en ayant un apport d'oxygène suffisant au cours de sa réalisation. Il présente un intérêt très important pour la santé cardiaque, se basant sur des exercices d'endurance de longue durée, avec des mouvements continus. Il fait intervenir les grands groupes musculaires en synchronisation. Il augmente l'endurance du cœur (augmente la capacité d'éjection, diminue la fréquence cardiaque, etc...), des poumons (augmente la capacité pulmonaire, meilleure diffusion et perfusion ; etc...) et des muscles (formation de fibre de type I, augmentation des mitochondries, etc...). Ainsi, en plus de son effet musculaire, ce type d'exercice augmente l'efficacité cardiaque ce qui minimise la charge de travail du cœur et le protège de complications associées au diabète de type 1. Parmi ces exercices, nous pouvons évoquer le vélo, la course à pied ou encore la natation. Nous retrouverons ces exercices dans un but de gain d'endurance et d'adaptation des structures musculo-tendineuses et cardiaque. (Exercices d'aérobie | Institut de cardiologie de l'Université d'Ottawa | Centre de la prévention et du mieux-être, s. d.)

Au contraire, les exercices de résistance se base sur des muscles phasiques ayant une activité discontinue au cours d'une action de haute intensité. Ce type d'exercice puise moins dans les ressources corporelles et aura un impact principalement à composante musculaire (formation de fibres de type II, hypertrophie musculaire, hyperplasie musculaire). Parmi ces exercices nous pouvons évoquer la musculation et toutes les dérivations d'exercices mettant en charge le patient dans un mouvement associé à un groupe musculaire ou un muscle précis de manière discontinue. Ces exercices auront un intérêt prononcé au cours de nos rééducations pour renforcer un groupe de muscle ou un muscle spécifique.

En général, au cours de nos rééducations, ces deux types d'exercices seront utilisés. Chacun permet à sa manière à reprogrammer les structures à recevoir de la contrainte. Ici, nous verrons ensuite comment ces types d'exercices impactent la glycémie des

patients et comment les organiser pour aider au mieux le patient dans sa gestion glycémique quotidienne.

5. Résultats et Discussion

5.1 Analyse des études

L'étude [1] (Davey et al., 2013), est une étude portant sur l'effet d'un sprint de 10 secondes après un effort d'intensité modérée. Elle est composée de 7 participants, hommes et femmes. C'est une étude comparative et randomisée. Elle compare deux groupes, un effectuant ce sprint post-effort et l'autre non. L'objectif étant d'observer, ou non, une protection contre les hypoglycémies à long terme post-effort. Cette étude d'après obtient un score PEDro de 8/11. Ici, les patients, thérapeutes et examinateurs ne sont pas en aveugle, ce qui malgré tout ne remet pas en cause les résultats de l'étude. Cependant, nous rappelons que le nombre de participants restent faible et donc, qu'il est important d'être critique quant à ces résultats.

L'étude [2] (West et al., 2011), porte sur la combinaison entre la prise de glucides d'index glycémique bas avec la réduction de la dose d'insuline rapide. Ici, 7 hommes participent à l'étude. L'étude est comparative et randomisée. 4 conditions sont testées, 30 minutes de repos post-prandial, 60 minutes, 90 minutes et 120 minutes. Cette étude obtient un score PEDro de 8/11 pour les mêmes raisons que l'étude [1] ce qui nous permet de prendre en compte les résultats. Cependant, nous rappelons que le nombre de participants restent faible et qu'il est important d'être critique quant à ces résultats.

L'étude [3] (West et al., 2010b), examine la glycémie au long cours sur 24h, après un effort de 45 minutes et une injection d'insuline à 100%, 75%, 50% ou 25%. L'objectif étant de connaître quelle proportion permet d'obtenir la meilleure réponse glycémique et la meilleure stabilité. 6 hommes et 1 femme participent à cette étude. Cette étude obtient un score PEDro de 6/11. Ce score bas est à associé aux nombreuses études retrouvant les mêmes résultats. En effet, les résultats donnés dans cette étude sont désormais considérés comme étant un consensus.

L'étude [4], (Murillo et al., 2015), s'intéresse à la consommation de glucides avant, pendant et après une course de 10km chez les patients diabétiques, en comparaison avec les quantités recommandées. Elle est composée de 49 patients DT1 et de 127 athlètes sains. Elle se compose de deux protocoles, l'un comparant la prise de glucides le jour de la course entre 31 athlètes DT1 et 127 athlètes sains, puis l'autre, randomisé et simple aveugle composé de 18 athlètes DT1, comparant la réponse glycémique selon une prise de 0.7g[CHO]/kg (maximum recommandé) ou de 0.35g[CHO]/kg (quantité consommée lors du protocole 1). Son score PEDro est de 7/11.

L'étude [5], (Kapitza et al., 2010), évalue les variations de la glycémie, pendant et après l'exercice physique chez les patients atteints de diabète de type 1, avant et après un programme d'exercice modéré ou intense de 14 jours. Cette étude est randomisée et comparative entre deux groupes de 8 patients, l'un effectuant 14 jours d'effort modéré et l'autre 14 jours d'effort intense. Bien entendu, le caractère modéré et intense est adapté à chacun. Elle obtient un score PEDro de 8/11.

L'étude [6] (Calvo-Marín et al., 2017), est une hypothèse de protocole traitant de l'effet de l'insulinothérapie et des changements diététiques sur la gestion du diabète et sur les performances dans le cadre du football. Ce protocole est prévu pour être randomisé, en double aveugle, contrôlé et crossover. Ce qui donnerait une note PEDro de 11/11. Il sera donc intéressant de veiller aux résultats de ce protocole lorsqu'il sera testé. En attendant, les points utilisés dans ce protocole se basant sur d'autres articles validés, nous pouvons nous en inspirer pour comprendre cette gestion par le patient, en lien avec son activité physique.

L'étude [7], (Nolan et al., 2019), est une étude portant sur un homme atteint de DT1, basant sa gestion glycémique sur le régime cétogénique. Ici, le score PEDro n'est pas adapté étant donné que cela relève plus d'une présentation de donnée obtenue par un seul sujet. Aucune comparaison n'est apportée ici mais cette étude permet de démontrer empiriquement l'apport d'autres stratégies dans la gestion du diabète de type 1 en lien avec l'activité physique.

L'étude [8] (Bracken et al., 2011), examine l'effet des réductions des doses d'insuline rapide sur l'organisme chez le patient DT1. Elle est composée de 7 patients, 6 hommes et une femme, et est randomisée. 4 groupes sont formés selon les réductions des doses d'insuline. Son score PEDro s'élève à 7/11. Cependant, nous rappelons que le nombre de participants restent faible et qu'il est important d'être critique quant à ces résultats.

L'étude [9], (Moser et al., 2019), évalue la quantité de glucides administrées par voie orale nécessaire pour maintenir l'euglycémie pendant un exercice d'intensité modérée chez les personnes atteintes de diabète de type 1. C'est une étude randomisée, crossover et composée de 9 patients, 5 hommes et 4 femmes. Deux conditions sont testées pour tous les patients, 100% de la dose d'insuline lente et 75% de cette dose. Son score PEDro est de 8/11. Cependant, nous rappelons que le nombre de participants restent faible et qu'il est important d'être critique quant à ces résultats.

L'étude [10] (Yardley et al., 2012), détermine les effets de l'ordre des exercices sur les réponses glycémiques aiguës, chez les personnes atteintes de diabète de type 1

effectuant à la fois des exercices aérobies et de résistance au cours de la même séance. C'est une étude crossover composée de 12 patients. Chacun effectue l'enchaînement travail aérobique puis travail de résistance ainsi que l'enchaînement opposé. Le score PEDro de cette étude est de 7/11. Cependant, nous rappelons que le nombre de participants restent faible et qu'il est important d'être critique quant à ces résultats.

L'étude [11] (Toghi-Eshghi & Yardley, 2019), examine l'effet de l'exercice du matin à jeun par rapport à l'exercice de l'après-midi sur les réponses glycémiques suite à un exercice de résistance. C'est une étude randomisée et crossover, composée de 12 participants, 3 hommes et 9 femmes. Chacun effectue une session matinale et une session dans l'après-midi avec observation des réponses glycémiques. Le score PEDro est de 8/11. Cependant, nous rappelons que le nombre de participants restent faible et qu'il est important d'être critique quant à ces résultats.

Comme nous l'aurons vu, nombre de ces études sont composées de peu de participants, ce qui les rends moins valides. Cependant, il est nécessaire de comprendre que beaucoup d'entre elles construisent une piste d'investigation pour plus tard et que les résultats recherchés ne nécessitent pas forcément un nombre de participant élevé. Pour évaluer la validité de ces études, nous nous sommes basés sur l'échelle PEDro (PEDro, 2020) référencée ci-après.

Échelle PEDro – Français

1. les critères d'éligibilité ont été précisés	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>
2. les sujets ont été répartis aléatoirement dans les groupes (pour un essai croisé, l'ordre des traitements reçus par les sujets a été attribué aléatoirement)	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>
3. la répartition a respecté une assignation secrète	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>
4. les groupes étaient similaires au début de l'étude au regard des indicateurs pronostiques les plus importants	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>
5. tous les sujets étaient "en aveugle"	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>
6. tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient "en aveugle"	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>
7. tous les examinateurs étaient "en aveugle" pour au moins un des critères de jugement essentiels	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>
8. les mesures, pour au moins un des critères de jugement essentiels, ont été obtenues pour plus de 85% des sujets initialement répartis dans les groupes	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>
9. tous les sujets pour lesquels les résultats étaient disponibles ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle conformément à leur répartition ou, quand cela n'a pas été le cas, les données d'au moins un des critères de jugement essentiels ont été analysées "en intention de traiter"	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>
10. les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>
11. pour au moins un des critères de jugement essentiels, l'étude indique à la fois l'estimation des effets et l'estimation de leur variabilité	non <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/>

Figure 8

Après analyse des articles sélectionnés, il en ressort trois pistes impactant la gestion de la glycémie chez le patient DT1, en lien avec son activité physique.

L'insulinothérapie est une composante très importante à maîtriser pour le patient, ayant un impact conséquent et direct sur sa glycémie. Une mauvaise gestion de cet élément peut conduire à une hypoglycémie aigüe lors de l'effort ou une période d'hyperglycémie non compensée.

Les adaptations diététiques, difficiles à mettre en place étant donné leurs caractères très arithmétiques, sont cependant très impactantes sur la stabilité des glycémies à court et moyen terme. Celles-ci concernent les quantités de glucides (CHO) consommés ou d'autres régimes alimentaires introduisant des voies de production d'énergie alternatives. Les conséquences des types d'efforts sur la glycémie, comme nous le verrons, permettent de jouer sur la stabilité des glycémies selon l'exercice choisi mais aussi selon le temps t où cet effort est effectué.

Ainsi nous présenterons ces résultats en trois parties, chacune portant sur un des axes impactant la gestion de la glycémie en lien avec l'activité physique chez les personnes atteintes de DT1.

5.2 L'insulinothérapie

Comme expliqué précédemment, l'insulinothérapie est une composante importante de la gestion de la glycémie, que le patient devra employer plusieurs fois par jour. Celle-ci sera donc à adapter à l'activité physique étant donné leur impact similaire.

5.2.1 Instant t prise d'insuline et consommation de glucides

Plusieurs études utilisées dans cette revue de littérature se sont basées sur les résultats obtenus en amont par d'autres travaux, pour ce qui concerne le moment d'injection avant l'activité physique. Il a été prouvé que l'insuline intervient une heure après son administration. Il convient alors de coupler ce temps d'action au temps nécessaire à la digestion des glucides pour que l'insuline agisse après que le corps ait assimilé ces glucides, sans risques d'hypoglycémies. Différents types de glucides existent et par conséquent, plusieurs durées d'assimilation. En général, on considère qu'il faut 30 minutes au corps pour les assimiler et les rendre disponibles pour la production d'énergie ou pour le stockage.

Dans l'étude [2] (West et al., 2011), une analyse est réalisée sur ce temps d'injection après consommation de glucides à index glycémique⁶ bas (Indice glycémique | Diabète Québec, 2014). Plusieurs temps de repos sont testés entre, la dose d'insuline à la suite du repas, et l'activité physique. Il est montré de meilleurs résultats avec 30 minutes de repos post-prandial. Nous retrouvons une meilleure contribution des lipides et glucides à la production d'énergie par une meilleure oxydation et une augmentation de la production de glucides (CHO) par glycogénolyse. Cela permet d'intégrer les glucides endogènes et de réduire la chute de la glycémie pour éliminer le risque d'hypoglycémie. Ainsi, dans le cas des glucides à index glycémique lent, il convient de consommer ces glucides et de réaliser la dose d'insuline 30 minutes avant l'effort.

5.2.2 Adaptation de la dose d'insuline

L'insuline et l'activité physique vont avoir pour effet de réduire la glycémie. Or, si ces deux effets se cumulent, le risque d'hypoglycémie augmente en fréquence et en intensité. Pour autant, l'activité physique, lors d'un effort modéré, ne suffit pas à elle seule pour maintenir l'euglycémie. Il convient donc d'adapter l'insulinothérapie (insuline rapide ici) à la pratique d'activité physique modérée. L'étude [3] (West et al., 2010b) analyse l'évolution de la glycémie sur 24h selon différents pourcentages de la dose d'insuline usuelle. Il en ressort qu'une dose d'insuline de 25% la dose usuelle, permet de réduire les risques d'hypoglycémies per-effort et post-effort. De plus, cela permet de diminuer la consommation de glucides et d'énergie sur cette même durée. Cet article est sorti en 2010, et désormais, ce résultat est un consensus pour la pratique d'activité physique modérée. Il est donc important pour le patient, d'avoir la capacité de calculer sa dose d'insuline nécessaire quant à sa consommation de glucides au cours du repas, puis de ne réaliser qu'un quart de cette dose.

Dans l'étude [9] (Moser et al., 2019), il a été objectivé une réduction de l'insuline lente pour des efforts répétés de manière régulière. L'insuline lente a pour rôle de stabiliser la glycémie à moyen terme. Dans des cas d'efforts réguliers, l'activité physique peut palier son effet ou l'accentuer. Il est donc recommandé, après lecture de cet article, d'être attentif aux glycémies moyennes lors d'activités physiques régulières. Dans le but de diminuer l'insuline lente si le patient présente une glycémie moyenne basse, voir des hypoglycémies à répétition, sans lien avec une erreur dans les ratios d'insuline rapide.

⁶ Reflète la rapidité avec laquelle les glucides d'un aliment sont digérés, convertis et retrouvés sous forme de glucose dans le sang.

5.2.3 Risques de la réduction des doses d'insuline

La réduction de la dose d'insuline rapide est un facteur de développement d'acidose diabétique dans 13 à 45% des cas. De plus, l'activité physique augmente la formation de cétone. Ainsi, diminuer la dose d'insuline pourrait conduire à des hypercétonémies ou des acidocétoses, entraînant des conséquences néfastes pour l'organisme. L'étude [8] (Bracken et al., 2011) a examiné les effets de cette réduction. Le développement de cétogenèse n'a pas été impacté par la réduction des doses d'insuline pré-exercice. Cela conforte les recommandations de diminuer la dose d'insuline avant un effort physique. Parmi les différentes conditions de réduction de la dose d'insuline rapide, la concentration en lactate était inférieure dans la condition 25% par rapport aux autres. Ce qui peut être une information importante pour les sports d'endurance. En limitant la production de lactate lors de l'effort, les conséquences néfastes pour l'organisme et les performances sont réduites.

En effet, lors d'efforts d'endurance, le corps va petit à petit perdre sa capacité de production d'énergie en aérobie et utiliser la voie de production produisant des lactates. Ces mêmes lactates vont eux limiter la performance en provoquant de la fatigue musculaire et donc diminuer les capacités sur un effort de longue durée. (Yu et al., 2013)

5.3 Les adaptations diététiques

En parallèle de l'adaptation de l'insulinothérapie, il convient aussi d'optimiser sa diététique pour préparer l'activité physique en amont et pendant. L'article [9] (Moser et al., 2019) a évalué la quantité de glucide nécessaire pour maintenir l'euglycémie pendant un effort d'intensité modérée. Il en ressort un besoin de 36g/h en pré-effort (h : heures d'effort ; g : quantité de glucides en grammes). Ce résultat est à mettre en parallèle avec les résultats obtenus par l'étude [4] (Murillo et al., 2015).

Cette étude a permis de déterminer la consommation de glucides avant, pendant et après une course de 10 kilomètres. En s'intéressant à la quantité consommée par les patients diabétiques et la différence entre le jour de la course et le reste du temps, comparé à des coureurs sains. Ainsi, un petit-déjeuner normal contenait 35.6 ± 17.1 g de glucides pour des coureurs diabétiques contre 47.7 ± 24.1 g pour les coureurs sains. Cependant, le jour de la course, les coureurs augmentaient leur consommation de glucides jusqu'à être similaire à celle des coureurs sains, qui eux, ne changeaient rien. Pour ce qui est de la consommation de glucides per-effort, cela était identique entre les coureurs diabétiques et le groupe contrôle. De plus, seulement 58.1% des athlètes

diabétiques prenaient une supplémentation post-effort contre 83.9% chez les athlètes sains. La glycémie était maintenue plus stable pour une consommation de 0,35g[CHO]/kg, soit la moitié de la consommation recommandées, sans épisodes d'hypoglycémies et pour des performances identiques. Cette valeur fut obtenue empiriquement en se basant sur la quantité réellement consommée par les coureurs diabétiques avant une course. Lors de l'expérience, la dose d'insuline rapide était réduite de 30%.

Ainsi, une consommation de 0,35g[CHO]/kg permet une meilleure stabilité glycémique lors d'effort d'endurance de moins d'une heure. La littérature nous renseigne d'autres informations dont deux majeures. GRIMM, enseigne 75g[CHO]/h sans réduction de la dose d'insuline et 100g[CHO]/h pour un effort de plus d'une heure. De plus, DUBE, enseigne 40g[CHO]/h sans injection d'insuline. Ici, plusieurs informations sont proposées et il est important de les faire se recouper pour gérer au mieux son diabète. Etant donné les grandes variations inter-individuelles, il convient de trouver la consommation la plus adaptée à son organisme mais aussi à son sport et notamment sa durée et son intensité, qui sont des facteurs impactant la glycémie.

Le choix se portera sur l'expérience du patient. En essayant différents protocoles d'adaptations diététiques, il sera possible de rechercher sur plusieurs semaines, lequel permet une meilleure stabilité glycémique. L'objectif étant de trouver celui qui évite le plus possible les hypoglycémies per-effort et post-effort sans provoquer d'hyperglycémies trop importantes et trop longues. C'est une adaptation très minutieuse pour laquelle nous devons être capable d'accompagner nos patients comme nous le verrons par la suite.

5.4 Les impacts des types d'efforts

L'activité physique ne va pas avoir pour seul rôle de diminuer la glycémie. Cela est plus complexe et il est donc important de déterminer, comment réaliser son effort et à quel moment, pour gérer au mieux sa glycémie.

Une des questions qui se pose et de savoir s'il est plus intéressant de réaliser une activité physique le matin ou l'après-midi. L'étude [11] (Toghi-Eshghi & Yardley, 2019) a comparé la glycémie de deux groupes crossover, un réalisant du sport le matin, l'autre l'après-midi. L'effort proposé était ici un exercice de résistance, 3 séries de 8 répétitions pour 7 exercices pendant 40 minutes. Les variations glycémiques étaient plus importantes lorsque l'effort était réalisé le matin, avec plus d'hyperglycémies. Tandis que la glycémie post-effort de l'après-midi était de $[147 \pm 45 - 133 \pm 45]$ mg.dL, celle du matin

était de 171 ± 54 à 187 ± 54] mg.dL. Les statistiques de l'étude ne sont pas assez significatives pour être utilisées en tant que tel, mais les variations, elles, rendent compte de l'intérêt de réaliser des exercices de résistance l'après-midi. La pratique du matin n'étant pas pour autant proscrite, il faut cependant adapter sa dose d'insuline, étant donné l'observation d'hyperglycémies, avec des glycémies de 196 ± 57 mg.dL.

A plus long terme, l'étude [5] (Kapitza et al., 2010) a étudié les variations glycémiques entre un programme d'exercices modérés ou intenses sur 14 jours. La comparaison de ces deux programmes d'entraînements n'a pas déterminé de différences significatives. Il convient donc d'en conclure que cet aspect n'influe pas sur la stabilité glycémique. Il ne faut donc pas fermer de portes aux sportifs atteints de diabète de type 1. Des sports avec beaucoup d'intensité sont tout à fait envisageable pour ces patients, sans risques d'hypoglycémies supérieurs à la pratique d'un sport d'intensité modérée.

Cependant, l'ordre des efforts peut être un facteur influant sur les variations glycémiques. Lors de l'étude [10] (Yardley et al., 2012), il a été déterminé les effets de l'ordre des exercices aérobies et de résistance sur les réponses glycémiques aiguës. Il a été démontré que chez les personnes saines, l'enchaînement résistance/aérobie (RA) permet d'augmenter la participation des lipides à la production d'énergie. Les exercices de résistance sont sous la même forme que ceux de l'étude [11] (Toghi-Eshghi & Yardley, 2019), et l'exercice d'aérobie consiste à 45 minutes de course à pied sur tapis roulant, à 60% de la Vo₂max. L'insuline rapide a été réduite de 50% les jours d'exercices. L'énergie consommée fut identique selon AR ou RA. L'exercice aérobique a provoqué comme attendu une baisse de la glycémie, dû à des besoins plus importants en énergie. L'enchaînement RA a provoqué plus d'hypoglycémies mais permet de les réduire sur les 12 heures post-effort, en intensité et en fréquence. Il a été observé que les exercices de résistance augmentent la glycémie lorsqu'ils durent plus de 12 minutes. Ainsi, il apparaît plus intéressant de réaliser l'enchaînement RA pour finir sur un effort orientant vers la diminution de la glycémie et réduisant les risques d'hypoglycémies à moyen terme. Il sera intéressant au cours de nos rééducations d'adapter ce point pour optimiser la glycémie de nos patients. En enseignant cela au patient, eux-mêmes pourront adapter leurs entraînements et profiter de cet effet hypoglycémiant en fin de séance et de protection à moyen terme contre les hypoglycémies. Il sera tout de même nécessaire d'intégrer une prise de glucide post-effort adapté pour contrer l'hypoglycémie rencontrée à court terme après l'effort.

Le sprint de 10 secondes, après un effort modéré est annoncé comme protecteur contre les hypoglycémies post-effort et permettra de réduire la quantité de glucides

consommés pour prévenir l'hypoglycémie. L'étude [1] (Davey et al., 2013) a voulu prouver cela en comparant deux groupes. Un groupe effectuant un effort modéré de 45 minutes suivi d'un sprint de 10 secondes, et un groupe ne faisant qu'un effort modéré de 45 minutes. Il n'a pas été démontré que la quantité de CHO nécessaire diminuait après un sprint de 10 secondes. Le bénéfice du sprint en prévention de l'hypoglycémie post-effort est donc remis en question dans la gestion de la glycémie du diabétique de type 1.

5.5 Protocole de gestion de la glycémie [6]

Une étude publiée en 2017 propose un protocole combinant l'insulinothérapie et des changements diététiques, permettant la gestion du diabète, en prenant en compte les performances sportives dans le cadre du football. Cette étude est très intéressante car elle pourrait permettre de donner une gestion « type » aux athlètes atteints de diabète de type 1, avec des consignes précises et facilement applicable. De plus, elle prend en compte une notion importante dans l'activité physique, la performance et la prise de décision. Le cerveau se base sur le même fonctionnement que les muscles pour agir. Il consomme du glucose pour son activité. Une chute de la glycémie provoque, comme nous l'avons vu lorsque nous expliquions l'impact des hypoglycémies, un déficit de réactivité et de cognition. Bien que moins dangereuses dans un sport comme le football, ces hypoglycémies peuvent avoir un impact sur le jeu et les performances, dans tous les sports avec prise de décision et adaptation à son environnement. La stratégie proposée se compose en 4 points :

- 1) Réduction de 75% de la dose d'insuline rapide pré-effort
- (2) Repas post-exercice avec un faible index glycémique (1g[CHO]/kg) et une dose d'insuline rapide réduite de 50%
- (3) Snack à faible index glycémique (0.3g[CHO]/kg) sans dose d'insuline rapide avant de dormir
- (4) Réduction de 20% de l'insuline lente les jours d'effort

Chacun de ces axes stratégiques a pour objectif de répondre à une problématique déjà rencontrée précédemment dans nos études. Les résultats obtenus ont permis d'en conclure :

- (1) Réduit le risque d'hypoglycémie
- (2) Evite une augmentation rapide de la glycémie
- (3) + (4) Réduisent le risque d'hypoglycémie à long terme

Ce protocole réunit ainsi toutes les notions précédemment évoquées et paraît essentiel à communiquer aux athlètes atteints de diabète de type 1 pour regrouper toutes les informations nécessaires à la bonne gestion de leur glycémie en lien avec leur activité physique. Malgré le fait que ce protocole n'a pas encore été mise en place, d'après nos résultats précédents, nous pouvons avoir le recul pour dire que les points proposés sont cohérents, et se basent sur des résultats prouvés.

Les résultats ont été associés à des tests de performance physique et cognitif adapté au football. Parmi ces tests nous retrouvons le Loughborough Soccer Passing Test, le Loughborough Soccer Shooting Test, le Stroop test, le Digit vigilance test, le Corsi block-tapping task et enfin le Rapid visual information processing task.

Loughborough Soccer Passing Test (Fig. 2. Loughborough Soccer Passing Test. (A) Piece of aluminum)	Loughborough Soccer Shooting Test (Figure 2 — Schematic of the Loughborough Soccer Shooting Test)
--	---

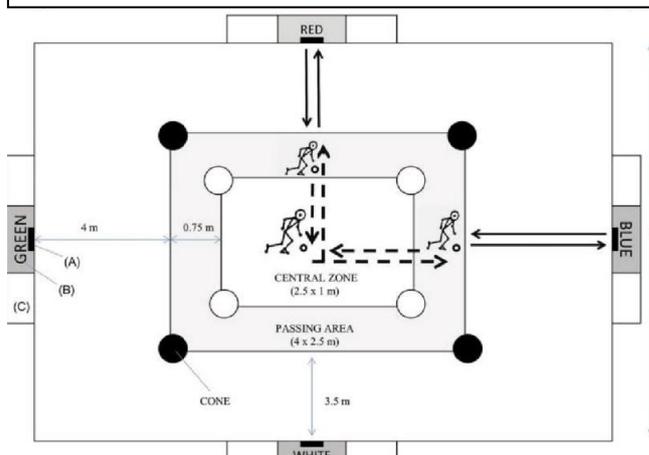


Figure 9

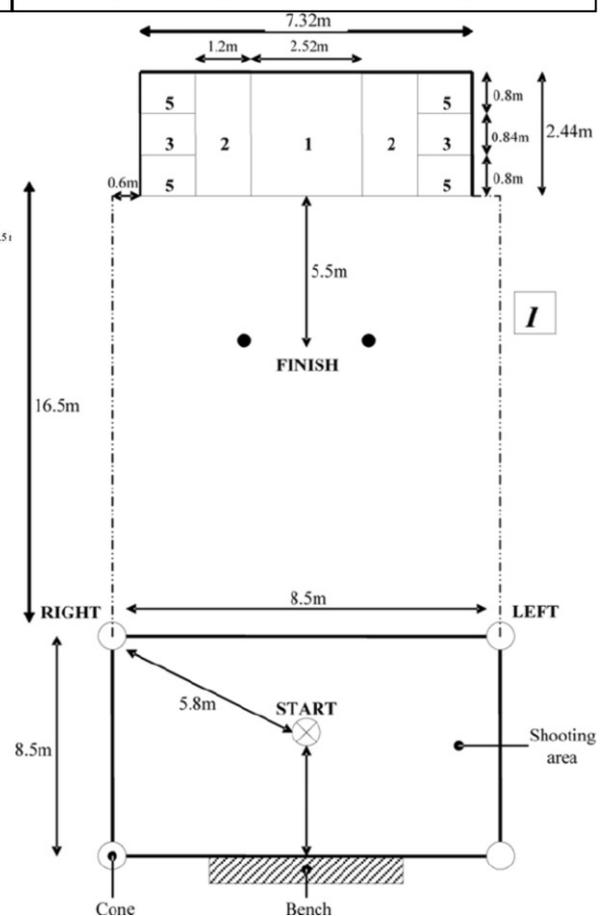


Figure 10

Stroop Test (Martial, 2023)

JAUNE BLEU ORANGE
 NOIR ROUGE VERT
 VIOLET JAUNE ROUGE
 ORANGE VERT NOIR
 BLEU ROUGE VIOLET
 VERT BLEU ORANGE

Figure 11

Digit Vigilance Test (Digit vigilance test Instructions)

Serial No: Name: Age: Sex: Date:

Total time: Errors:

```

0 5 3 0 4 7 2 8 1 0 2 8 0 2 4 1 2 4 0 8 0 7 3 5 1 8 5 4 2 9
8 4 2 1 3 5 6 1 9 7 5 0 3 8 2 3 0 7 4 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1 2
1 7 4 8 0 3 2 9 7 1 4 3 2 5 9 5 7 8 0 3 4 5 6 1 7 2 8 3 9 4
0 1 3 2 9 4 0 5 8 7 3 1 0 5 1 7 5 9 8 1 7 2 8 3 9 4 5 2 0
4 0 7 1 5 3 2 9 1 8 0 4 2 8 6 9 3 1 5 3 1 4 2 5 3 8 4 7 5 8
2 3 8 2 0 9 7 4 0 1 3 8 0 9 2 2 1 3 8 6 3 7 4 8 5 0 6 1 7 2
5 8 9 3 1 7 2 0 8 4 1 3 5 7 0 4 8 2 0 4 8 5 0 6 1 7 2 8 3 9
3 9 1 4 2 6 8 7 5 1 3 2 4 0 8 0 6 4 1 1 8 5 2 0 6 3 1 7 4 2
0 2 3 5 7 9 1 4 6 2 4 1 3 7 9 8 2 5 2 9 3 1 7 4 2 5 7 8 3 5
0 2 5 6 1 3 7 2 4 6 1 7 8 3 5 9 4 6 3 1 8 5 2 0 6 3 1 4 2 7
8 3 7 8 2 6 4 9 1 5 7 2 4 6 8 7 9 8 4 6 9 1 4 7 1 2 5 8 4 3
7 4 9 7 1 3 5 2 4 6 9 8 1 3 7 5 7 9 6 1 0 3 8 4 9 5 1 0 2 7
4 5 2 9 2 1 3 7 9 8 2 0 2 4 1 3 5 7 8 3 7 8 3 9 4 1 5 2 6 7
2 0 4 1 9 4 3 5 7 1 4 7 3 1 4 1 3 9 5 7 8 1 6 2 7 3 8 4 9 5
5 7 6 3 1 9 6 5 6 3 5 8 8 2 5 8 1 7 9 5 9 2 4 0 8 1 3 5 7 9
3 8 2 5 0 4 2 8 7 2 0 9 7 3 8 6 2 8 7 9 1 2 3 5 3 9 1 7 3 4
2 0 8 7 1 3 5 7 9 8 4 2 0 9 7 4 8 0 1 2 3 4 5 7 8 4 0 2 8 9
1 7 4 9 6 0 8 3 2 1 3 5 7 9 2 2 6 5 3 4 2 8 7 9 4 1 2 8 4 6
0 5 8 2 1 3 9 7 4 9 7 5 3 1 8 5 4 3 2 0 4 8 0 2 9 5 7 3 9 1
4 0 3 4 0 2 5 8 2 5 2 8 5 2 3 3 1 4 5 8 5 1 2 4 5 2 3 9 5 6
5 4 5 6 8 1 4 7 1 6 3 9 6 4 5 7 2 1 4 1 6 3 4 0 1 6 8 4 1 2
3 2 7 8 0 3 0 1 7 4 1 7 6 7 9 3 2 6 2 7 5 8 0 6 3 4 1 6 7
1 3 9 5 4 8 2 5 2 8 5 2 8 9 4 5 1 7 3 8 7 9 1 2 7 4 5 2 7 8
0 1 8 3 5 7 1 4 3 9 6 3 9 1 2 0 4 2 8 1 9 1 2 7 4 5 2 7 8
6 4 2 9 3 6 9 3 4 1 7 4 1 3 4 2 6 3 9 5 2 1 3 4 3 8 1 6 3 4
    
```

Figure 12

Corsi block-tapping task (Figure 2. A. Corsi blocks tapping test: example of stimuli, trial.)

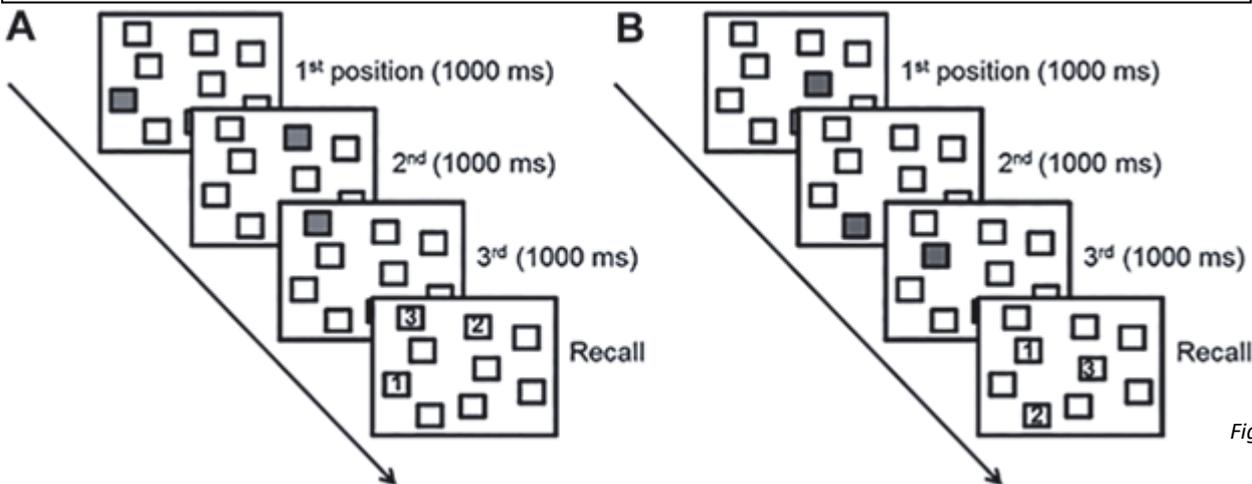


Figure 13

Rapid visual information processing task (Neale, 2015)

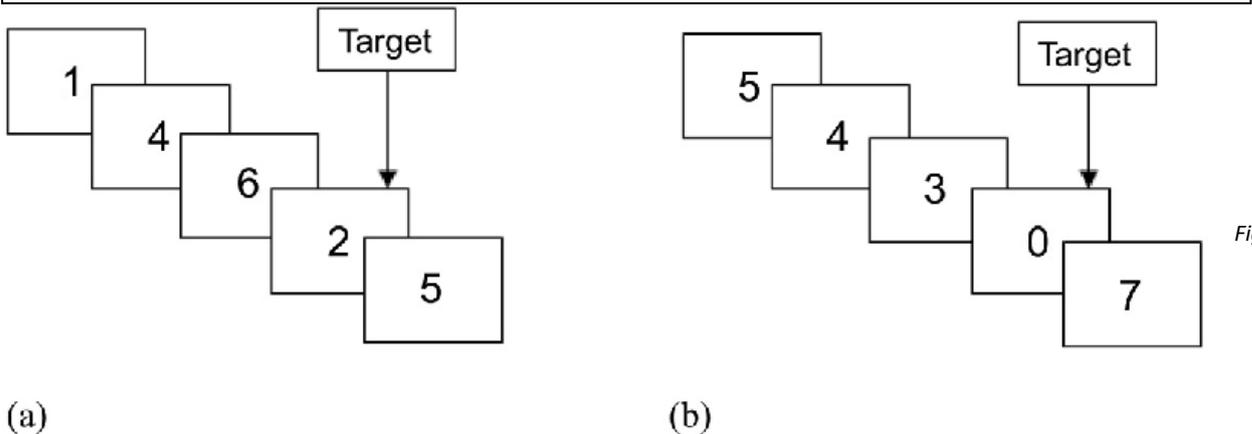


Figure 14

Ces tests ont pour but d'évaluer les performances techniques dans le cadre du football et les capacités de vigilance et d'attention. L'objectif étant d'évaluer la performance sportive en testant la technique liée au sport et les compétences cognitives nécessaire aux sports avec prise de décision, étant des facteurs impactés par les hypoglycémies ou hyperglycémies.

Le protocole n'a été adapté à ce jour qu'au football mais pourrait s'adapter à d'autres sports. On peut notamment penser au basket, au rugby ou même à des sports individuels comme le tennis ou le squash. La notion de performance cognitive revient assez peu dans les études traitant de la gestion du diabète de type 1 bien que ce soit une partie très importante dans la plupart des sports. Même si un sprint sur 100 mètres ne demande pas autant de prise d'informations qu'un match de football ou soit bien plus court, il reste nécessaire d'avoir la capacité de maintenir la technique de course tout du long de la course. Ainsi, il apparaît important de développer cet axe dans le futur.

Même pour une population non adepte de l'activité physique, ce protocole peut permettre de diminuer la charge mentale associée à la gestion du diabète de type 1. Avoir une recette pour la pratique sportive peut aussi permettre à cette population de commencer le sport tout en gérant leur glycémie. (Calvo-Marín et al., 2017)

5.6 Le régime cétogénique et le sport [7]

Pour finir, nous étudierons un cas individuel, d'un homme de 37 ans atteint de diabète de type 1, qui a parcouru 4011km à vélo en 20 jours en Australie avec une glycémie 80.4% du temps de [70.27-180.18]mg.dL grâce à un régime cétogénique. Sur cette période, 98.4% des 20 jours ont été mesurés à l'aide d'un CGM.

Le régime cétogénique se base sur une importante consommation de lipides, avec pour objectif de favoriser la production d'énergie par cétogenèse, produisant plus d'ATP que le cycle de Krebs. Un repas type est constitué de : <10g glucides ; 40-50g protéines ; 70-90g lipides. Dans ce cas, l'activité physique continue était suffisante pour ne pas recourir à des injections d'insuline rapide le matin et le midi. Les ratios étaient de 1.5U/10g de glucides et de 1U/10-15g de protéines. L'insuline lente était-elle de 2U.

Cet individu a installé ce régime depuis 4 ans avec un Hba1c pré-régime de 6.8% contre une Hba1c de 5% post-régime, sans épisode hypoglycémiques fréquents pouvant fausser cette valeur. On rappelle que les normes fixées tendent à arriver entre 7% et

7.5%. Ici la valeur est bien moindre bien qu'elle ne soit pas impactée par des hypoglycémies. (Nolan et al., 2019)

Ce régime peut donc paraître être une solution pour limiter les complications liées au diabète de type 1 et permet une alternative de traitement lorsque la personne est très sportive. Nous rappelons cependant que ce sujet est une personne très entraînée, à raison de 8-10h/semaine d'effort à faible intensité ou d'intensité modérée à 100-110bpm, ce qui permet d'optimiser l'oxydation des lipides. Tandis que l'étude précédente permettait de répondre à une large population, cette stratégie reste très contraignante et demande de nombreuses conditions, non adaptables pour tout le monde. De plus, ce régime était ici installé depuis 4 ans et nous ne savons pas combien de temps il a fallu à son organisme pour s'adapter au nouveau mode de production d'énergie. De plus, si malgré, cela rend le sujet très vulnérable aux hypoglycémies. Il serait donc nécessaire d'étudier ce régime chez une plus grande tranche de la population atteinte de diabète de type 1, et de s'intéresser aux autres complications pouvant accompagner ce régime.

L'objectif ici, est de savoir que d'autres solutions peuvent se présenter pour les patients diabétiques de type 1 et que chaque cas est différent. Un protocole pourra fonctionner pour certains, sans être efficace ou optimal pour d'autres. Il est donc important de se renseigner sur la gestion de nos patients et de l'accompagner ensuite en partant de ses habitudes, ses capacités et ses objectifs.

6. Adaptation en kinésithérapie

Toutes ces données nous permettent de mieux appréhender le patient et sa pathologie. A l'aide de ces connaissances nous devons avoir la capacité d'adapter notre rééducation pour s'inscrire dans la gestion des glycémies du patient. Et cela se fera à l'aide des différents points cités précédemment.

6.1 Le DT1 et ses risques

En tant que professionnel de santé, il est important de renseigner notre patient sur les risques et complications de sa pathologie. Lors du diagnostic du diabète de type 1, un premier stage d'éducation thérapeutique est réalisé, permettant au patient de saisir les principaux enjeux et risques en lien avec sa pathologie. Cependant, il est important de revoir avec le patient les signes idiosyncrasiques des hypoglycémies et hyperglycémies. Cela nous permet à nous, d'être capable de les reconnaître en séance et d'agir en conséquence. Mais cela peut aussi permettre au patient de prendre du recul sur ses symptômes et de mieux reconnaître ces irrégularités.

Il faudra aussi apporter les informations sur les risques des hypoglycémies et hyperglycémies notamment sur le long terme, les complications au cours du terme étant en général bien connues des patients. Nous porterons alors beaucoup d'importance sur les risques de perte de connaissance et les complications cardio-vasculaires, oculaires, rénales ou cutanées si nous observons une mauvaise gestion des glycémies.

Selon nos préférences sur les modes de travail, nous pourrions nous aider d'outils tels que les CGM, vu précédemment, pour avoir une information sur la glycémie avant et après la séance ainsi que les réactions glycémiques en dehors des séances et à long terme par rapport aux efforts. Pour un suivi plus poussé, nous pourrions consulter les données récoltées par le patient lors de ses mesures de glycémie via CGM qui sont consultables par l'intermédiaire d'applications⁷. Si le patient n'utilise pas de CGM, nous pourrions tout simplement lui demander de réaliser un tableur renseignant ses glycémies, ses événements hypoglycémiques, ainsi que ses doses injectées.

⁷ Exemple : LibreLink ; Diabète Passeport ; VeryDiab

6.1.1 Construire une base pour la prise en charge du patient diabétique

Afin de prendre en charge au mieux les patients atteints de diabète de type 1, il est nécessaire d'avoir le maximum d'informations en lien avec sa gestion glycémique. Pour cela plusieurs moyens peuvent être mis en place.

6.1.1.1 L'interdisciplinarité

Les patients diabétiques de type 1 sont suivis régulièrement en service d'endocrinologie à raison de un ou deux rendez-vous annuels, voire plus si besoin. Cela permet de vérifier la stabilité de la maladie et de vérifier les différents signes d'aggravations chez le patient diabétique comme la sensibilité plantaire, la qualité cutané des zones d'injections ou tout autres signes de complications, notamment la tension oculaire. Il est donc possible de demander des renseignements à l'endocrinologue en charge de notre patient pour connaître un peu plus sa situation. En nous basant sur les bilans déjà effectués à l'hôpital, nous pouvons connaître la stabilité du patient, ses habitudes d'insulinothérapie, son régime alimentaire si présent et les complications présentes ou non.

L'autre caractère important de cette interdisciplinarité est que le médecin référent ne voit le patient qu'une à deux fois dans l'année pour la plupart des cas, tandis que nous sommes amenés à le voir plusieurs fois par semaine sur la durée de sa prise en charge en kinésithérapie. Ce qui nous permet d'échanger des informations pertinentes avec le corps médical.

6.1.1.2 Le questionnaire

Lors de notre première séance avec notre patient, nous pouvons lui fournir un questionnaire à remplir pour la prochaine séance et nous renseignant sur sa situation. Nous proposons un questionnaire type (construit empiriquement selon les attentes pour un patient DT1) permettant de répondre aux questions les plus importantes sans noyer le patient sous un excès d'information. Nous analyserons ce questionnaire après sa présentation :

QUESTIONNAIRE SUIVI DIABETE TYPE 1

Nom Prénom :

Age :

Date du diagnostic : JJ/MM/AAAA

Situation du diagnostic :

Sports pratiqués :

3 dernières Hba1c : Hba1c⁸ / Hba1c⁹ / Hba1c¹⁰

Glycémie moyenne sur 15j : x mg.dL

Nbr d'épisodes hypoglycémiques (15j) :

Ratio insuline rapide : Matin xU.g / Midi xU.g / Soir xU.g

Ratio insuline lente : Moment d'injection + xU

Remplir les informations manquantes (approximativement) :

Aliment	Poids total	Teneur en glucide
Pâtes / Riz	100g	g
Pain Baguette	40g	g
Pomme	150g	g
Banane	100g	g

Symptômes d'hypoglycémie :

Symptômes d'hyperglycémie :

Figure 15

⁸ Hba1c < 12 mois

⁹ Hba1c < 6 mois

¹⁰ Hba1c < 3 mois

Dans ce questionnaire nous retrouvons des informations importantes qui nous permettront d'avoir une meilleure compréhension de la situation du patient venant en rééducation.

La date du diagnostic nous renseigne sur l'expérience du patient quant à sa maladie, et aussi de son stade d'acceptation de sa pathologie, qui est chronique avec un impact psychologique important bien que nous n'en parlions pas dans ce mémoire.

La situation du diagnostic nous permet de connaître les conditions dans lequel le diabète a été diagnostiqué et le rapport du patient à sa maladie. Un diagnostic à la suite de symptômes sans complications graves, tel qu'un malaise hyperglycémique est un meilleur terrain et permettra au patient de mieux accepté sa pathologie.

Les sports pratiqués permettent de mieux connaître le patient et de commencer à réfléchir à l'impact de ses sports sur sa glycémie, mais aussi d'orienter notre accompagnement aux besoins de son sport et les possibilités d'adaptations sur la gestion de ses glycémies.

L'Hba1c est un indicateur de stabilité glycémique au long terme. Grâce aux trois dernières hémoglobines glyquées, nous pouvons savoir si le diabète est équilibré depuis plus de trois mois ou s'il est récemment stabilisé voire pas stable. Si possible, le patient peut aussi nous fournir ses examens sanguins généraux pour savoir si d'autres problèmes sont rencontrés.

La glycémie moyenne nous renseigne sur la stabilité à court et moyen terme des glycémies. Nous pouvons lui demander en supplément si possible le tracé de ses glycémies sur les 15 derniers jours pour observer les moments d'hyperglycémies ou d'hypoglycémies. Une courbe type est montrée en annexe (annexe I).

Le nombre d'hypoglycémies sur les 15 derniers jours nous permet de savoir si le patient présente des risques dus à une mauvaise gestion de sa glycémie en lien ou non avec son activité physique.

Les ratios sont en eux-mêmes essentiels seulement pour le patient, mais nous pouvons, en cas d'irrégularité dans les glycémies, discuter avec le patient d'une nécessité de les modifier pour stabiliser ses glycémies.

Le tableau à remplir permet d'évaluer la capacité du patient à calculer les proportions de glucides ingérés lors des repas en prévision de nos explications quant aux régimes alimentaires que nous verrons plus tard. Il est important pour ces patients d'être autonome avec ces calculs, pour ensuite calculer la dose d'insuline nécessaire pour stabiliser la glycémie post-prandial.

Les symptômes d'hypoglycémies et d'hyperglycémies sont individu-dépendant. Cela nous permet donc de connaître ces signes chez notre patient en cas de besoin et permet aussi au patient de prendre du recul quant à ses symptômes et peut-être mieux les reconnaître.

Ainsi, un questionnaire permet de rapidement synthétiser le terrain dans lequel se présente le patient et d'ensuite l'accompagner dans la gestion de son diabète. Bien sûr, cet accompagnement se fait conjointement avec le corps médical, étant donné que nous ne sommes pas habilités à prendre des décisions, même si nous pouvons conseiller le patient et donné notre avis au médecin.

6.2 L'insulinothérapie

Lors des séances de kinésithérapie, il faudra pallier le risque d'hypoglycémie étant donné que pour de nombreuses pathologies rencontrées, les séances seront actives pour le patient. Ainsi le moment d'injection d'insuline devra être adapté, conjointement à la consommation de glucides et à la séance. Il conviendra alors de conseiller à notre patient de réaliser son injection d'insuline et sa prise de glucides 30 minutes avant la séance pour permettre, comme vu précédemment, une meilleure stabilité des glycémies post-effort.

Afin de gérer au mieux les glycémies du patient, le patient devra aussi adapter ses doses d'insuline pré-effort. Cette gymnastique mathématique doit devenir facile pour le patient afin que cela soit fait naturellement et qu'il pérennise cette adaptation. Les patients atteints de DT1 sont généralement habitués à réaliser des calculs mais cette adaptation peut venir s'ajouter à la charge mentale du patient et il convient alors de s'assurer que le patient est enclin à réaliser cet effort, ou du moins à lui enseigner les bénéfices que cela lui apporte, pour que ce choix soit personnel et non provoqué. Alors, en complément du temps d'injection, le patient devra s'injecter 25% de la dose d'insuline usuelle. Désormais, avec les smartphones, cette charge mentale peut être fortement diminuée, étant donné qu'il revient simplement de diviser la dose calculée par 4. Cette charge mentale peut aussi être diminuée par nous, professionnel de santé, en plaçant notre séance à horaire fixe et en proposant au patient un repas type pour lequel la quantité de glucide est connue et donc la dose avec réduction pré-effort est identique à chaque fois.

6.3 Les adaptations diététiques

Comme nous l'avons vu, la consommation glucidique est un élément essentiel dans la gestion des glycémies en lien avec l'activité physique. Cependant, beaucoup d'informations sont disponibles. Nous pouvons dans ce cas demander au patient s'il suit des indications pour sa consommation de glucide et si oui lesquels. S'il en suit et que les glycémies sont stables alors il sera important de ne rien changer. Si elles ne sont pas stables, alors, il faudra indiquer au patient qu'il serait intéressant de changer ces indications pour s'adapter au mieux à son métabolisme et réduire les variations glycémiques. Dans le cas où le patient ne suit aucune indication, nous pourrions lui en proposer, parmi les suivantes :

- 36g[CHO]/h ; h : heures d'effort
- 75g[CHO]/h → 100g[CHO]/h pour un effort de >1h sans réduction d'insuline
- 40g[CHO]/h sans insuline
- 0.35g[CHO]/kg ; kg : poids du patient

Pour toutes ces indications, il faudra s'assurer de leur bonne réalisation, pour juger de leur efficacité. Certaines peuvent être plus contraignante et nous devons alors proposer une indication adaptée au patient. Ces adaptations diététiques seront à associer aux adaptations d'insulinothérapie.

Il faudra aussi porter une attention particulière sur la consommation per-effort de glucides, lors d'effort de longue durée. Les patients atteints de DT1 seront bien plus sujets à des hypoglycémies, et il faudra contrer cela lors d'effort d'endurance, notamment si nous préparons des objectifs tel que des courses de fond ou de longue marche par exemple. Lors de l'effort, plusieurs éléments seront à même de resucrer le patient. Cela peut aller du simple carré de sucre à la boisson isotonique en passant par des compotes à boire. Ici, selon l'effort du patient, notre discours ne sera pas identique. En effet pour un effort d'une durée modérée (moins d'une heure) nous favoriserons des produits simples avec une teneur en sucre élevée (ex : dosette de sucre, compote à boire, ...). Selon l'objectif de performance, nous pourrions parler de boisson isotonique même sur une durée inférieure à une heure. La boisson isotonique est un apport optimal en sucres et minéraux lors de l'effort pour retarder la fatigue et hydrater. Le principe repose sur une boisson dont la composition se rapproche le plus possible de celle du plasma sanguin, permettant une absorption rapide. La recette se compose de sucres à index glycémique

élevé, des maltodextrines¹¹ et des sels minéraux pour palier à leur perte lors de l'effort. Cette boisson sera à consommer petit à petit lors de l'effort et sera adapter plus spécifiquement à des efforts de longue durée (plus d'une heure). Même sur ces durées, il est possible de consommer des produits simples si le patient n'est pas à l'aise ou n'a pas envie de préparer ses boissons isotoniques. (Boisson isotonique : pourquoi et comment la fabriquer ? s. d.). Une recette de boisson isotonique est proposée en annexe (annexe II).

Afin de permettre une meilleure compréhension du patient, il est important de lui enseigner des référentiels pour les teneurs en sucre des ingrédients afin de lui proposer des produits simples avec une teneur glycémique connue. Pour cela, il existe des applications proposant un calcul de teneur en glucide selon la quantité des ingrédients¹².

Il est aussi possible d'apprendre les teneurs glycémiques de certains produits ou de fournir un tableau avec des exemples.

Aliment	Poids total	Teneur en glucide
Pâtes / Riz	100g	30g
Pain Baguette	40g	20g
Pomme	150g	20g
Banane	100g	20g

(Index glycémique, s. d.)

Tableau d'index glycémique

Il est aussi important d'apporter au patient la notion d'index glycémique. L'indice glycémique permet de noter la rapidité d'absorption d'un aliment dans son processus de transformation. En résumé, plus cet indice est élevé, plus l'aliment sera hyperglycémiant et perturbera la stabilité glycémique. Il est donc préférable de concentrer sa consommation per-effort sur des produits avec un indice glycémique élevé pour avoir une réaction rapide et éviter les hypoglycémies lors de l'effort. Pour cela nous pouvons fournir au patient des exemples et des notions sur des aliments simples et connus.

¹¹ Glucides dérivés du maïs, avec un goût peu sucré malgré une forte concentration glycémique

¹² Diabète Gourmand ; Mon Glucocompteur

Catégorie	IG bas (<= 35)	IG modéré (35 à 50)	IG élevé (> 50)
Fruits	Fraise (25) Cerise (25) Poire (30) Orange (35) Pêche (35) Pomme (35)	Jus de pomme (40) Jus d'orange (45) Kiwi (50) Banane mûre (50)	Dattes (55) Melon (65) Pastèque(75)
Légumes Légumineuses	Poireau (15) Salade verte (15) Carotte crue (20) Haricot vert (30)		Pomme de terre vapeur (70) Pomme de terre bouillie (70) Pomme de terre purée (80) Pomme de terre au four (95)
Céréales et dérivés	Pain wasa (35)	Pain épeautre (45) Riz basmati complet (45) Pâtes complètes (50) Riz basmati (50)	Spaghettis blancs bien cuits (55) Pizza (60) Pain complet (65) Pain de seigle 30% (65) Croissant (70) Riz blanc (70) Lasagnes (75) Pain de mie (85) Pain blanc sans gluten (90)
Sucres			Confiture (50) Nutella (55) Miel (60) Sucre blanc (70) Boissons sucrées (70)

Figure 16

Cependant, au cours de la journée, et lors des consommations alimentaires à distance de l'effort, il faudra favoriser des produits avec un indice glycémique faible pour maintenir une bonne stabilité de glycémie.

6.4 Les types d'effort

Un des points importants sur notre prise en charge sera le moment choisi pour réaliser les séances de kinésithérapie. Parmi les études analysées, il a été montré moins de variations glycémiques lors des efforts réalisés l'après-midi pour des séances de résistance. Il sera alors intéressant de proposer plus de séance en après-midi pour les patients atteints de diabète de type 1, selon, bien évidemment, les disponibilités des patients.

De plus, il n'a pas été montré de différences entre des programmes d'exercices modérés ou intenses. Ainsi, l'intensité de la séance ne portera pas d'intérêt sur

l'adaptation de nos séances et nous pourrons alors réaliser des séances intenses sans présenter plus de risques pour le patient, en étant tout de même attentif aux signes d'hypoglycémies notamment.

Les différents types d'efforts auront des impacts différents, voire diamétralement opposés. Les exercices de résistance ont montré une augmentation de la glycémie lorsque la séance dure plus de 12 minutes. Cette information devra être portée au patient, qui devra alors s'attendre à de possibles hyperglycémies à la suite de ce type de séance. Contrairement aux exercices d'aérobie qui eux provoquent des baisses de glycémies étant donné des consommations d'énergie plus importante.

Chez les personnes saines, il est prouvé que l'enchaînement d'exercices de résistance puis d'aérobie permet d'augmenter la participation des lipides dans la production d'énergie. Actuellement, nous n'avons pas connaissance d'un mécanisme différent chez les personnes atteintes de diabète type 1. Ainsi, cet enchaînement nous permettrait de réduire le besoin de glucides post-effort et alors, d'améliorer la stabilité des glycémies en utilisant la céto-genèse dans la production d'énergie. De plus, au vu des effets de chaque type d'exercice, cet enchaînement permettra de finir la séance sur une baisse de la glycémie, si, bien gérée, permettra une stabilité de la glycémie, étant plus facilement corrigée qu'une hyperglycémie. Nous devons alors favoriser cet enchaînement dans la construction de nos séances avec des patients atteints de DT1.

6.5 Pérennisation de ces démarches

6.5.1 Protocole lors de la rééducation en kinésithérapie

Nous avons pu voir que plusieurs adaptations seront à mettre en place par nous-même dans la rééducation du patient mais aussi par le patient lui-même. En plus de lui expliquer l'intérêt de ces adaptations, nous pouvons lui fournir une synthèse de ces informations, là encore, dans le but de diminuer la charge mentale du patient et de s'assurer des bonnes pratiques pré-effort et post-effort. Nous allons donc présenter un exemple de fiche synthèse pouvant être fournie au patient diabétique de type 1.



Figure 17

Cela permet d'être clair sur les consignes que le patient doit suivre lors de sa rééducation. Les consignes pré-séance servent à sécuriser le patient par rapport à la séance en diminuant le risque d'hypoglycémies comme nous avons pu le voir précédemment.

Les consignes post-séance vont permettre d'avoir un suivi sur les glycémies à distance de l'effort et ainsi savoir s'il est nécessaire de modifier des adaptations comme la quantité de glucides ingérés en amont ou alors de modifier le contenu des séances ou leur construction. L'objectif étant d'habituer le patient à cette gymnastique entre la mise en place d'une adaptation et la remise en question de son efficacité, pour qu'il puisse réaliser cela plus tard, en autonomie, en lien avec son activité physique.

6.5.2 Protocole en lien avec l'activité physique

Parmi les études analysées, nous avons évoqué l'une d'elle proposant un protocole, regroupant toutes les adaptations sur lesquelles nous pouvons nous pencher pour stabiliser au mieux les glycémies des patients. Le diabète de type 1 étant une pathologie chronique traitée par le patient lui-même, une grande charge mentale en découle et peut bloquer le patient dans sa volonté d'optimiser ses performances et limiter les risques, ou simplement de commencer une activité physique. Comme nous l'avons vu, il faudra jouer sur l'insulinothérapie, la diététique, les types d'efforts, en plus de la gestion quotidienne du diabète, des doses d'insulines, des conséquences des hyperglycémies et hypoglycémies, là encore, en plus de l'attention portée aux symptômes de ces irrégularités. Par conséquent, il peut être intéressant d'organiser des protocoles comme proposé dans cette étude. Parmi les indications, nous rappelons :

- (1) Réduction de 75% de la dose d'insuline rapide pré-effort
- (2) Repas post-exercice avec un faible index glycémique (1g[glucide]/kg) et une dose d'insuline rapide réduite de 50%
- (3) Snack à faible index glycémique (0.3g[glucide]/kg) sans dose d'insuline rapide avant de dormir
- (4) Réduction de 20% de l'insuline lente les jours d'effort

Ces différentes indications permettent de jouer sur plusieurs points importants de la gestion du diabète en lien avec l'activité physique. Cela permet :

- (1) Réduit le risque d'hypoglycémie
- (2) Evite une augmentation rapide de la glycémie
- (3) + (4) Réduisent le risque d'hypoglycémie à long cour

L'objectif ici n'est pas de suivre un protocole mais de s'inspirer de ce principe pour construire conjointement avec le patient, un protocole lui permettant d'avoir des indications claires et de pouvoir se référer à un code de bonne conduite lors de ses activités physique et lors de sa rééducation. Il est très important de rendre le patient actif et indépendant. La chronicité de sa pathologie, l'oblige à être capable de s'auto-gérer et d'adapter ces consignes au besoin. Ce n'est donc pas un protocole simplement suivi. Le patient doit comprendre les mécanismes de sa pathologie et les lois suivies par les différents facteurs impactant, afin d'optimiser au mieux sa rééducation puis à long terme, son activité physique.

7. Le futur du diabète de type

Le diabète de type 1 est une pathologie qui touche de plus en plus de personnes dans le monde. Ainsi, de nombreuses recherches sont réalisées pour permettre d'améliorer les traitements proposés et même pour le soigner. Parmi ces pistes, nous en évoquerons plusieurs, afin d'avoir les connaissances nécessaires pour discuter avec les patients des avancées et d'être compétent quant aux traitements que présentent les patients. L'idée ici n'est pas d'en connaître les mécanismes par cœur, mais au moins de connaître leur existence pour renseigner nos patients et maintenir nos connaissances à jour.

1. Les cellules souches

Une étude (Al-Hasani et al., 2022) s'est intéressée à la plasticité des cellules pancréatiques. Dans cette étude, les chercheurs ont utilisé les cellules souches du pancréas d'un donneur diabétique de type 1, afin de les différencier en cellules β productrices d'insuline. Cette étude présente tout de même des limites, n'ayant été évaluée qu'en in vitro et dans le cas d'un donneur isolé. Cependant, cela offre une piste à explorer et qui diffère des recherches visant à greffer un pancréas, celui-ci fonctionnant un temps avant que la pathologie auto-immune ne reprenne le dessus et détruise ce pancréas. Cela limiterait les complications liées aux greffes tout en permettant la production d'insuline endogène.

2. Le Tépizumab

« Il s'agit d'un médicament qui aide à supprimer la réponse immunitaire en limitant l'action des lymphocytes T qui jouent un grand rôle dans l'immunité. Avec le DT1, les cellules bêta qui produisent l'insuline, situées dans le pancréas, sont détruites par le système immunitaire. En agissant ainsi, ce médicament pourrait donc limiter ce processus. » (Better, 2022). Ce nouveau médicament approuvé aux Etats-Unis depuis le 17 novembre 2022 a pour objectif de retarder l'apparition du diabète de type 1 chez les personnes indiquées comme étant à haut risque¹³. Ce même produit n'est encore qu'en cours d'essais cliniques au Canada et mérite donc de prendre du recul sur son efficacité

¹³ « Les personnes considérées à risque, et pour lesquelles le médicament est actuellement en attente d'approbation, sont celles qui présentent à la fois des taux de glucose anormalement élevés lors du test de tolérance au glucose, au moins deux auto-anticorps liés au DT1 » (Better, 2022).

et son rapport bénéfice/risque. Cependant, ce médicament reste prometteur, une étude clinique de 2019 (Herold et al., 2019) indiquait qu'un traitement de 14 jours permettait de repousser en moyenne de deux ans l'apparition du DT1. Ce médicament permettrait alors plusieurs points :

- Prolonger le temps sans devoir s'injecter de l'insuline
- Retarder l'apparition éventuelle de complications en lien avec le DT1
- Permettre aux personnes et à leur famille d'avoir plus de temps pour s'adapter au diagnostic

3. Le pancréas artificiel

Cette option repose sur l'association entre un capteur glucidique et une pompe à insuline. Grâce à un système de mesure de la glycémie en continu, ces données sont analysées afin d'être envoyées à une pompe qui règle automatiquement le débit d'insuline administrée. Cela permet de reproduire l'action du pancréas biologique tout en diminuant la charge mentale demandée au patient pour la gestion de ses glycémies.

Plusieurs systèmes sont disponibles. Au niveau des capteurs, nous avons déjà évoqués le capteur CGM, dorénavant beaucoup utilisé par les patients DT1. Pour ce qui est des pompes, plusieurs options sont possibles :

- La pompe externe sous-cutanée. Celle-ci est la plus ancienne et bien connue des patients DT1.
- La pompe implantable. Celle-ci est placée chirurgicalement dans les muscles du ventre et nécessite d'être réapprovisionnée tous les 1 à 2 mois dans des centres hospitaliers expérimentés.

A l'aide de ces pompes, nous pouvons construire un circuit fermé, où le patient ne gère rien et la pompe se régule grâce aux données apportées par le capteur. Il est aussi possible de construire un circuit ouvert où le patient doit confirmer chaque administration d'insuline, calculée en amont par la pompe.

Ainsi, il sera important de se tenir au courant des avancées de la recherche afin de pouvoir informer les patients des possibilités de prise en charge mais aussi de pouvoir échanger sur les intérêts de chaque technique, et leurs inconvénients.

8. Conclusion

Ainsi, pour prendre en charge un patient atteint de diabète de type 1, il est essentiel de prendre compte des facteurs étudiés avec les articles sélectionnés. Tout d'abord, il est essentiel de connaître la physiopathologie du DT1 et reconnaître les signes de déséquilibres tels que les hypoglycémies et les hyperglycémies. Cela nous permet alors de pouvoir suivre la pathologie du patient et l'accompagner plus précisément grâce aux outils évoqués précédemment (tableur ou application). L'insulinothérapie demande au patient le besoin d'adapter sa dose d'insuline à sa pratique sportive en la réduisant de 75% avec une prise 30 minutes avant l'effort. Ce facteur sera à associer aux ajustements alimentaires à effectuer. Pour ce facteur, il existe, comme nous l'avons vu, plusieurs indications avec ou sans résultat selon le patient. L'important étant de trouver la méthode adaptée au patient. Le patient doit être capable de connaître la teneur en glucide des produits qu'il utilise pour stabiliser au mieux sa glycémie. Enfin, il faudra adapter le contenu de nos séances et l'heure de ces séances à la glycémie du patient. En plus d'une plus grande stabilité glycémique lorsque les efforts ont lieu l'après-midi, il sera préférable de finir sur un exercice aérobique pour améliorer la stabilité glycémique, ou alors, de prévenir le patient que les exercices de résistance augmenteront sa glycémie post-effort. En lien avec la diététique et les exercices, il faudra sensibiliser les patients à la prise de glucide per-effort, pour des efforts de longue durée, afin d'éviter les hypoglycémies. Pour permettre au patient d'intégrer toutes ces informations et pour nous permettre de jouer sur tous ces facteurs efficacement, il sera possible de proposer au patient un protocole pour qu'il se réfère au document chaque fois qu'une interrogation se présente. Cela augmentera l'efficacité de notre prise en charge en jouant sur ses glycémies et pérennisera les informations apportées au patient dans la suite de sa rééducation puis de sa réathlétisation, avant que celui-ci finisse par gérer lui-même son diabète en parallèle de son activité physique.

Ici, nous n'aurons pas intégré le caractère bio-psycho-social associé à cette pathologie ainsi que les patients se présentant avec des complications déjà acquises en amont de la rééducation. Ce rendu dresse un tableau et des indications pour des patients atteints de diabète de type 1 sans problèmes associés importants, hormis la raison de leur consultation. Il est donc important de se renseigner sur les indications en rééducation pour les complications que pourront présenter ces patients.

Enfin, l'objectif est de permettre aux kinésithérapeutes qui le souhaitent de pouvoir prendre en charge de manière adaptée les patients atteints de diabète de type 1 et souhaitant optimiser la gestion de leurs glycémies en lien avec leur activité physique. A moindre mesure, cela permet aussi d'orienter les patients sur la reprise d'une activité physique, puis si besoin, de son optimisation.

Grâce à nos résultats nous avons pu construire un guide de bonne conduite quant à la gestion du diabète de type 1 en lien avec l'activité physique. Il est de notre devoir de promouvoir cette activité physique afin de réduire les complications chez le patient DT1 mais aussi de l'accompagner dans cette pratique afin de s'assurer de sa sécurité et si besoin de sa performance. Dans cette revue de littérature plusieurs points n'auront pas été abordés et mériteront, à posteriori, de s'y intéresser. Entre autres, nous pourrions approfondir l'impact psychologique de cette pathologie vis-à-vis de l'activité physique, ayant déjà exploré les paramètres cliniques et paracliniques. Nous n'avons de plus, pas inclus les patients DT1 se présentant avec déjà d'autres complications. Il sera essentiel de s'adapter au terrain dans lequel se présente le patient, et un autre travail pourrait permettre de comprendre comment mieux prendre en charge ces patients. Pour finir, la recherche autour du diabète de type 1 avance vite et fait l'objet de nombreux espoirs pour les patients atteints de cette pathologie. Cependant, la mise en place de ces avancées mettra encore du temps à être mise en place de manière globale. Il est donc important de se tenir informé de ces avancées pour pouvoir en parler avec les patients et à terme, les intégrer à nos consignes.

BIBLIOGRAPHIE

- Gedda, M. (2015). Traduction française des lignes directrices PRISMA pour l'écriture et la lecture des revues systématiques et des méta-analyses. *Kinésithérapie, la Revue*, 15(157), 39-44. <https://doi.org/10.1016/j.kine.2014.11.004>
- Définition hba1c, hémoglobine glyquée - Sanofi-Diabète. (2022). Sanofi-Diabète. <https://www.sanofi-diabete.fr/comprendre-diabete/mesures-de-la-glycemie/glycemie-differents-indicateurs/qu-est-ce-que-hba1c>
- L'astuce du champion : Les noms féminins se terminant par -i, -y, -ie. (2021, 1 janvier). <https://www.linternaute.fr/dictionnaire/fr/definition/glycemie/> lintern@ute.
- Diabète de type 1 · Inserm, La science pour la santé. (2022). Inserm. <https://www.inserm.fr/dossier/diabete-type-1/>
- Yardley, J. E., Kenny, G. P., Perkins, B. A., Riddell, M. C., Malcolm, J., Boulay, P., Khandwala, F., & Sigal, R. J. (2012). Effects of Performing Resistance Exercise Before Versus After Aerobic Exercise on Glycemia in Type 1 Diabetes. *Diabetes Care*, 35(4), 669-675.
- Davey, R. J., Bussau, V. A., Paramalingam, N., Ferreira, L. D., Lim, E. M., Davis, E. A., Jones, T. W., & Fournier, P. A. (2013). A 10-s Sprint Performed After Moderate-Intensity Exercise Neither Increases nor Decreases the Glucose Requirement to Prevent Late-Onset Hypoglycemia in Individuals With Type 1 Diabetes. *Diabetes Care*, 36(12), 4163-4165.
- West, D. J., Stephens, J. W., Bain, S. C., Kilduff, L. P., Luzio, S., Still, R., & Bracken, R. M. (2011). A combined insulin reduction and carbohydrate feeding strategy 30 min before running best preserves blood glucose concentration after exercise through improved fuel oxidation in type 1 diabetes mellitus. *Journal of Sports Sciences*, 29(3), 279-289.
- West, D. J., Morton, R. D., Bain, S. C., Stephens, J. W., & Bracken, R. M. (2010). Blood glucose responses to reductions in pre-exercise rapid-acting insulin for 24 h after running in individuals with type 1 diabetes. *Journal of Sports Sciences*, 28(7), 781-788.
- Murillo, S., Brugnara, L., del Campo, E., Yagüe, I., Dueñas, B., & Novials, A. (2015). Carbohydrate Management in Athletes with Type 1 Diabetes in a 10 km Run Competition. *International Journal of Sports Medicine*, 36(10), 853-857.
- Kapitza, C., Hovelmann, U., Nosek, L., Kurth, H. J., Essenpreis, M., & Heinemann, L. (2010). Continuous Glucose Monitoring during Exercise in Patients with Type 1 Diabetes on Continuous Subcutaneous Insulin Infusion. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 4(1), 123-131.
- Bracken, R. M., West, D. J., Stephens, J. W., Kilduff, L. P., Luzio, S., & Bain, S. C. (2011). Impact of pre-exercise rapid-acting insulin reductions on ketogenesis following running in Type 1 diabetes. *Diabetic Medicine*, 28(2), 218-222.

- Moser, O., Eckstein, M. L., Mueller, A., Birnbaumer, P., Aberer, F., Koehler, G., Sourij, C., Kojzar, H., Pferschy, P., Dietz, P., Bracken, R. M., Hofmann, P., & Sourij, H. (2019). Pre-Exercise Blood Glucose Levels Determine the Amount of Orally Administered Carbohydrates during Physical Exercise in Individuals with Type 1 Diabetes—A Randomized Cross-Over Trial. *Nutrients*, 11(6), 1287.
- Calvo-Marín, J., Torrealba-Acosta, G., Campbell, M., Gaboury, J., Ali, A., & Chen-Ku, C. H. (2017). Effect of insulin therapy and dietary adjustments on safety and performance during simulated soccer tests in people with type 1 diabetes : study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, 18(1).
- Nolan, J., Rush, A., & Kaye, J. (2019). Glycaemic stability of a cyclist with Type 1 diabetes : 4011 km in 20 days on a ketogenic diet. *Diabetic Medicine*, 36(11), 1503–1507.
- Toghi-Eshghi, S. R., & Yardley, J. E. (2019). Morning (Fasting) vs Afternoon Resistance Exercise in Individuals With Type 1 Diabetes : A Randomized Crossover Study. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 104(11), 5217–5224.
- Cours-Medecine.info : Partie 6 : Le foie. (s. d.-b). <https://www.cours-medecine.info/medecine/physiologie/foie.html#stockage-livraison-nutriments>
- Cours-Medecine.info : Partie 5 : Le pancréas. (s. d.-b). <https://www.cours-medecine.info/medecine/physiologie/pancreas.html#morphologie-fonctionnelle>
- Naifeh, J. (2023, 9 janvier). Biochemistry, Aerobic Glycolysis. StatPearls - NCBI Bookshelf. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470170/>
- Cours-Medecine.info : Le Cycle de Krebs. (s. d.). <https://www.cours-medecine.info/medecine/biochimie/cycle-de-krebs.html#entree-du-glucose>
- (2021). MÉTABOLISME DES CORPS CÉTONIQUES : CÉTOGÈNE ET CÉTOLYSE. [Http : //Univ.Ency-Education.Com](http://Univ.Ency-Education.Com).
- Hypoglycémie, hyperglycémie et acidocétose. (s. d.). ameli.fr | Assuré. <https://www.ameli.fr/assure/sante/themes/diabete/diabete-symptomes-evolution/acido-cetose-hypoglycemie-hyperglycemie>
- Norme HbA1c | Hémoglobine Glyquée ou HbA1c | Taux de Bba1c. (s. d.). <https://www.federationdesdiabetiques.org/information/glycemie/hba1c>
- Glycémie | Normes de Gycémie | Taux de Sucre dans le Sang. (s. d.). <https://www.federationdesdiabetiques.org/information/glycemie>
- Que faire en cas d'hyperglycémie ? Vivre avec diabète - Genève - HUG. (s. d.). HUG - Hôpitaux Universitaires de Genève. <https://www.hug.ch/vivre-avec-diabete/que-faire-cas-hyperglycemie>
- Diabète et mesure du glucose en continu (CGM / MGC) Diabete-Infos.fr. (2020, 21 janvier). Diabète Infos. <https://diabete-infos.fr/mesure-du-glucose-en-continu/>
- Calcul des glucides avancé : 1 unité d'insuline/n grammes de glucides | Diabète Québec. (2020, 1 juin). Diabète Québec. <https://www.diabete.qc.ca/fr/comprendre-le-diabete/ressources/documents-utiles/la-methode-avancee-du-calcul-des-glucides-1-unite/>
- Exercices d'aérobic | Institut de cardiologie de l'Université d'Ottawa | Centre de la prévention et du mieux-être. (s. d.). <https://pwc.ottawaheart.ca/fr/educatives/education-en-sante-cardiaque/les-facteurs-de-risque/activite-physique/exercices-daerobie>

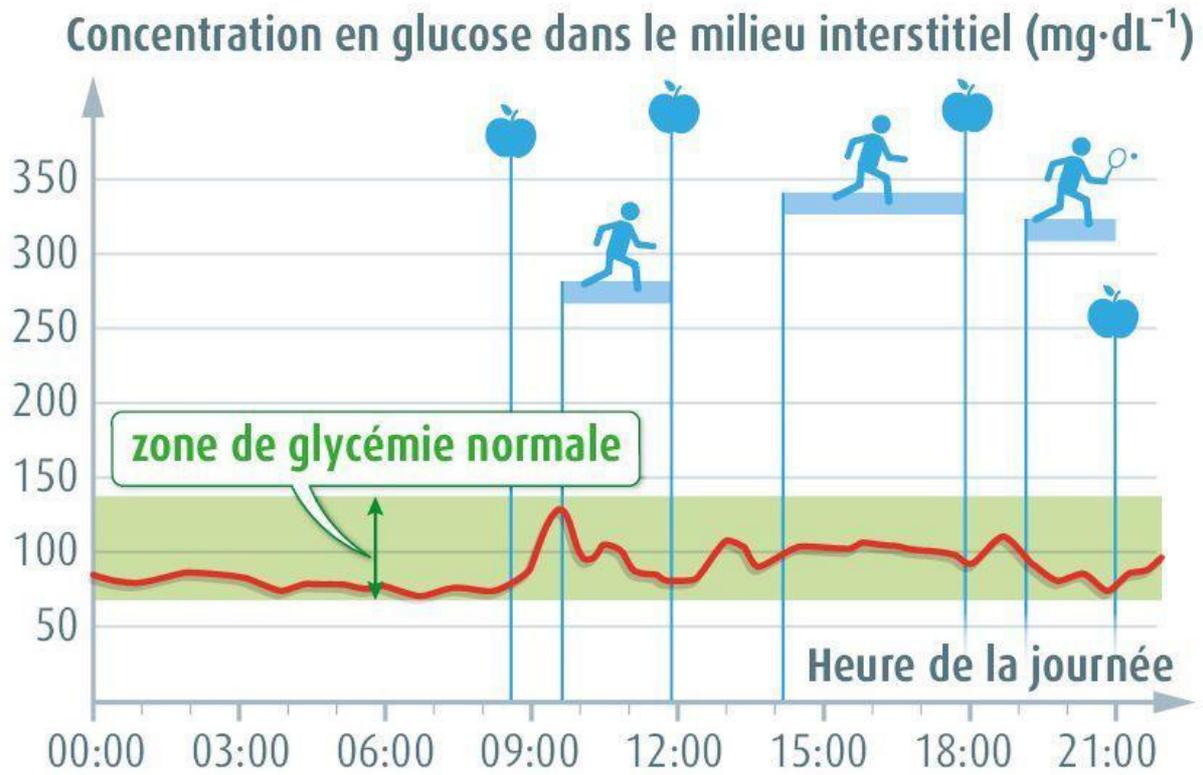
- Indice glycémique | Diabète Québec. (2014, août 14). Diabète Québec. <https://www.diabete.qc.ca/fr/vivre-avec-le-diabete/alimentation/aliments-et-nutriments/lindice-glycemique/>
- Index glycémique. (s. d.). © Philippe Baudoin Sport Passion. <https://www.sport-passion.fr/dietetique-fitness-minceur/index-glycemique.php>
- Yu, H., Rathore, S. S., Lopez, J. A., Davis, E. L., James, D. E., Martin, J. H., & Shen, J. (2013, août 27). Comparative studies of Munc18c and Munc18-1 reveal conserved and divergent mechanisms of Sec1/Munc18 proteins. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. <https://www.pnas.org/content/pnas/110/35/E3271.full.pdf>
- PEDro. (2020, 2 septembre). *Échelle PEDro - PEDro*. PEDro - Physiotherapy Evidence Database. <https://pedro.org.au/french/resources/pedro-scale/>
- Better. (2022). Un premier médicament pour prévenir et retarder le diabète de type 1. *BETTER*. <https://type1better.com/fr/un-nouveau-medicament-pour-prevenir-et-retarder-lapparition-du-diabete-de-type-1-dt1/>
- Herold, K. C., Bundy, B. N., Long, S. P., Bluestone, J. A., DiMeglio, L. A., Dufort, M. J., Gitelman, S. E., Gottlieb, P. A., Krischer, J. P., Greenbaum, C. J., Marks, J. B., Moore, W. V., Moran, A., Rodriguez, H., Russell, W., Schatz, D. A., Skyler, J. S., Tsalikian, E., Wherrett, D. K., . . . Greenbaum, C. J. (2019). An Anti-CD3 Antibody, Teplizumab, in Relatives at Risk for Type 1 Diabetes. *The New England Journal of Medicine*, 381(7), 603-613. <https://doi.org/10.1056/nejmoa1902226>
- Al-Hasani, K., Khurana, I., Mariana, L., Loudovaris, T., Maxwell, S. E., Harikrishnan, K., Okabe, J., Cooper, M. E., & El-Osta, A. (2022). Inhibition of pancreatic EZH2 restores progenitor insulin in T1D donor. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, 7(1). <https://doi.org/10.1038/s41392-022-01034-7>
- *Les innovations - Ajd*. (2017, 9 novembre). Ajd. <https://www.ajd-diabete.fr/la-recherche-sur-le-diabete/les-innovations/>
- *Fig. 2. Loughborough Soccer Passing Test. (A) Piece of aluminum (30 x. . .* (s. d.). ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/Loughborough-Soccer-Passing-Test-A-Piece-of-aluminum-30-10-cm-B-colour-target_fig2_271722604
- Martial, C. (2023). Test de Stroop : qu'est-ce que c'est ? *LiNote*. <https://linote.fr/blog/test-de-stroop/>
- *Figure 2 — Schematic of the Loughborough Soccer Shooting Test (I =. . .* (s. d.-b). ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/Schematic-of-the-Loughborough-Soccer-Shooting-Test-I-investigator_fig2_26331807
- *Figure 2. A. Corsi blocks tapping test : example of stimuli, trial. . .* (s. d.). ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/A-Corsi-blocks-tapping-test-example-of-stimuli-trial-structure-and-timing-B-Corsi_fig2_317346252
- Neale, C. (2015). *Functional Activation during the Rapid Visual Information Processing Task in a Middle Aged Cohort : An fMRI Study*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Functional-Activation-during-the-Rapid-Visual-Task-Neale/Johnston/3171131c6a7963eb8470c610726727db7806a2f0>

ANNEXES

Sommaire des annexes

Annexe I. Courbe glycémique type	57
Annexe II. Recette boisson isotonique	58
Annexe III. Résumés d'articles	59

Annexe I. Courbe glycémique type



© Belin Éducation/Humensis, 2020 Manuel SVT Terminale spécialité

© Amélie Veaux

Annexe II. Recette boisson isotonique

Pour un litre :

- 30-40g Maltodextrine
- 30-40g Saccharose (sirop)
- 1 pincée de sel

Annexe III. Résumés d'articles

[1] Résumé: A 10-s Sprint Performed After Moderate-Intensity Exercise Neither Increases nor Decreases the Glucose Requirement to Prevent Late-Onset Hypoglycemia in Individuals with Type 1 Diabetes

R AYMOND J. DAVEY, VANESSA A. BUSSAU, NIRUBASINI PARAMALINGAM, LUIS D. FERREIRA, EE MUN LIM, ELIZABETH A. DAVIS, TIMOTHY W. JONES, PAUL A. FOURNIER

DIABETES CARE, VOLUME 36, D ECEMBER 2013

Objet article : Déterminer si effectuer un sprint de 10 secondes après un effort d'intensité modérée, augmente la quantité de glucides nécessaire pour maintenir l'euglycémie et prévient des hypoglycémies post-exercice.

Méthode de l'étude :

L'étude est basée sur 4 articles → Ont montrés que sprint en hyperglycémie avant ou après exercice modéré, protège d'une hypoglycémie post-effort à court terme et ne nécessite pas de prise CHO pour prévenir une hypo post-effort. Mais risque augmenté d'hypoglycémie post-effort à long terme. → Donc sprint de 10s

7 participants TD1 (4H/3F) ; 18.9 ± 4.6 ans ; TD1 > 10.4 ± 4.2 ans ; Hba1c = 7.9 ± 0.7 %

VO2max mesurée

Randomisé, comparative

Prise CHO identiques, conditions hyperglycémiques avant l'effort

Deux groupes :

- Sprint 10s + effort modéré
- Effort modéré

Effort : 30' d'exercice d'intensité modérée sous condition d'hyperglycémie à 40% de Vo2max

Résultats :

- Durant effort modéré : Quantité CHO pour maintenir euglycémie identique entre les deux groupes.
 - Après effort : idem
- Pas de bénéfice au sprint 10s pré-effort pour protéger des hypoglycémies post-effort
- L'effort modéré réduit les réponses contre-régulatrices à l'hypoglycémie. Il est possible que le sprint effectué ici diminue encore ces réponses

Discussion :

Bénéfice du sprint en prévention de l'hypoglycémie remis en cause.

[2] Résumé: A combined insulin reduction and carbohydrate feeding strategy 30 min before running best preserves blood glucose concentration after exercise through improved fuel oxidation in type 1 diabetes mellitus

DANIEL J. WEST, JEFFREY W. STEPHENS, STEPHEN C. BAIN, LIAM P. KILDUFF, STEPHEN LUZIO, RACHEL STILL, & RICHARD M. BRACKEN

Journal of Sports Sciences, February 1st, 2011; 29(3): 279–289

Objet article : Examiner les réponses de la glycémie et de l'oxydation des glucides aux variations du moment de consommation de CHO d'un index glycémique bas, combiné à une stratégie de réduction de l'insuline, avant, pendant et après la course chez les personnes atteintes de type 1 Diabète

Méthode de l'étude :

Stratégie actuelle pour limiter le risque d'hypoglycémie → réduction des doses d'insuline

Consensus sur la prise de glucide lent pour stabiliser la glycémie lors de l'effort

Temps action insuline : 60'

7H ; 31 ans ; DT1 > 19 ans ; Hba1c : 8.3% ; Condition physique : effort 3x/semaine, >30'

Ratio insuline : 1.10/10g CHO

VO2max mesurée

Prise CHO identiques, Dose d'insuline à 25%

Randomisé, comparative

4 conditions : Repos post-prandial 30', 60', 90' et 120'. Effort : 45' à 71%VO2max

Résultats :

CHO production, CHO oxydation, Lipides oxydation significativement meilleur pour 30' de repos.

Meilleure contribution des lipides et glucides dans la production d'énergie pour 30' repos.

Chute de la glycémie moins importante pour 30' repos. Pas d'hypoglycémie pour 30' repos.

Discussion :

En conclusion, un index glycémique bas de glucides et une dose d'insuline réduite, administrée 30 minutes avant la course, améliore la glycémie avant et après l'exercice.

[3] Résumé: Blood glucose responses to reductions in pre-exercise rapid-acting insulin for 24 h after running in individuals with type 1 diabetes
DANIEL J. WEST, RICHARD D. MORTON, STEPHEN C. BAIN, JEFFREY W. STEPHENS, & RICHARD M. BRACKEN
Journal of Sports Sciences, May 2010; 28(7): 781–788

Objet article : Examiner la glycémie au long cours sur 24h après un effort de 45' et une injection d'insuline à 100%, 75%, 50% ou 25%.

Méthode de l'étude :

6 hommes / 1 femme ; 34 ans ; diabète équilibré ; sport > [2-5]x/semaine

Ratio : 1.30U/10g

Prise CHO identiques

4 conditions : Dose d'insuline à 100%, 75%, 50% ou 25%

120min de repos après repas (plus la recommandation)

Effort : 45' à 70% de Vo2max

Résultats :

Meilleure réponse glycémique à long cours avec une dose d'insuline réduit de 75%.

En plus, consommation d'énergie et de glucides diminuées sur cette période. (24h)

Discussion :

Consensus actuel sur la dose d'insuline pré-effort pour diminuer le risque d'hypoglycémie per-effort.

[4] Résumé: Carbohydrate Management in Athletes with Type 1 Diabetes in a 10 km Run Competition

S. Murillo, L. Brugnara, E. del Campo, I. Yagüe, B. Dueñas, A. Novials
2015 Int J Sports Med

Objet article : Identifier la consommation de glucides avant, pendant et après une course de 10km en comparaison avec les quantités recommandées et analyser les évènements liés à ces quantités

Méthode de l'étude :

Actuellement, consignes : diminution dose d'insuline, augmentation consommation CHO avant, pendant et après l'effort

49 patients TD1 (H/F); Age: [18-50]ans, TD1 > 2 ans

Protocole 1:

31 athlètes DT1 / 127 athlètes sains

Comparaison quantités CHO J0 de la course.

Protocole 2 :

Randomisé, simple aveugle

CHO supplément en pré-effort

18 athlètes DT1 ; Groupe 0.7g[CHO]/kg (maximum recommandé) ; Groupe 0.35g[CHO]/kg (quantité consommée lors du protocole 1)

Dose d'insuline réduite de 30%

Résultats :

Protocole 1 :

Diminution dose d'insuline J0 de la course → 16.3±9.5U contre 14.7±8.9U

CHO consommé pour un petit-déjeuner normal Groupe TD1 < Groupe contrôle → 35.6±17.1g comparé à 47.7±24.1g

CHO consommé au petit déjeuner J0 course similaire → 43.4±19g Groupe TD1 comparé à 47.3g±26.2g groupe contrôle

Supplémentation en course, identique en quantité de CHO et nombre d'athlètes

1h après la course, 58.1% TD1 athlètes ont pris une supplémentation contre 83.9% dans le groupe contrôle. Les quantités sont aussi différentes, 24.9±12.2g groupe TD1 comparé à 34.4±16.6g groupe contrôle → CHO groupe TD1 < CHO groupe contrôle

Protocole 2 :

Pas de différence pour les performances → 54.5±12.5' CHO-élevé comparé à 57±9.2' CHO-faible

Quantité supplémentation : 55.5±7.1g CHO-élevé vs. 29.7±5.1g CHO-faible

Groupe CHO-élevé → Augmentation importante de la glycémie / Groupe CHO-faible → Glycémie stable

Pas d'évènements hypoglycémiques

Discussion :

Athlètes TD1 consomment des quantités de CHO inférieures à celles recommandées.

Une supplémentation de CHO à 0.35g/kg semble permettre une meilleure stabilité glycémique pour un effort de moins d'une heure.

Augmentation de la quantité de CHO consommé au petit déjeuner à priori seulement pour éviter l'hypoglycémie mais cela reste moins que les athlètes sains.

Recommandations :

- GRIMM : 75g[CHO]/h sans réduction de la dose d'insuline → 100g[CHO]/h pour un effort de >1h.
- DUBE : 40g[CHO]/h sans insuline

[5] Résumé: Continuous Glucose Monitoring during Exercise in Patients with Type 1 Diabetes on Continuous Subcutaneous Insulin Infusion
Christoph Kapitza, Ulrike Hövelmann, Leszek Nosek, Heinz-Joerg Kurth, Matthias Essenpreis, and Lutz Heinemann.
Journal of Diabetes Science and Technology Volume 4, Issue 1, January 2010

Objet article : Evaluer les variations de la glycémie, pendant et après l'exercice physique, chez les patients atteints de diabète de type 1, pris en charge par perfusion sous-cutanée continue d'insuline, avant et après un programme d'exercice modéré ou intense de 14 jours.

Méthode de l'étude :

Randomisé

16 patients; H; Hba1c $7.3 \pm 0.8\%$; Age 39 ± 11 ans

Groupe A (n=8) : 14 jours d'effort modéré

Groupe B (n=8) : 14 jours d'effort intense

Prise CHO identiques ; Dose d'insuline dépendante du patient

Effort : tapis de course, 45'

Résultats :

Dose d'insuline identique entre les groupes avant et après effort ; Dose pré-effort > Dose post-effort dans les deux groupes

Supplémentation CHO identique entre les deux groupes

Pas de différence de variation des glycémies entre les deux groupes

Cependant, les patients du groupe A ont passés moins de temps en hypoglycémie durant les 21h post-effort. Pour les patients du groupe B, ce temps n'a pas évolué

Pas de différence sur le nombre d'hypoglycémies

Discussion :

Pas de risques plus importants entre un programme d'exercice modéré ou intense. Ce qui ressort de l'étude est l'importance de la consultation de sa glycémie pour adapter au mieux sa consommation de CHO en lien avec sa pratique sportive.

[6] Résumé: Effect of insulin therapy and dietary adjustments on safety and performance during simulated soccer tests in people with type 1 diabetes: study protocol for a randomized controlled trial

Javier Calvo-Marín, Gabriel Torrealba-Acosta, Matthew Campbell, Jesse Gaboury, Ajmol Ali, Chih Hao Chen-Ku

Calvo-Marín et al. Trials (2017) 18:338

Objet article : Construction d'une étude sur l'effet de l'insulinothérapie et des changements diététiques sur la gestion du diabète et les performances dans le cadre du football via un protocole.

Méthode de l'étude :

Randomisé, Double aveugle, Contrôlé, Crossover

Stratégie proposée :

- (1) Réduction de 75% de la dose d'insuline rapide pré-effort
- (2) Repas post-exercice avec un faible index glycémique (1g[glucide]/kg) et une dose d'insuline rapide réduite de 50%
- (3) Snack à faible index glycémique (0.3g[glucide]/kg) sans dose d'insuline rapide avant de dormir
- (4) Réduction de 20% de l'insuline lente les jours d'effort

Participants > 18ans ; Diabète équilibré ; >90' sport/semaine ; >4 sorties compétitives/mois

Groupe suivant la stratégie vs groupe contrôle puis inverser

Tests football (Loughborough Soccer Passing Test, Loughborough Soccer Shooting Test (LSST), Stroop test , Digit vigilance test, Corsi block-tapping task, Rapid visual information processing task)

Résultats :

Cette stratégie apparaît comme une amélioration pour la gestion du diabète en lien avec la pratique sportive

- (1) Réduit le risque d'hypoglycémie
- (2) Evite une augmentation rapide de la glycémie
- (3) + (4) Réduit le risque d'hypoglycémie à long cours

Discussion :

Protocole pas encore évalué. A évaluer aussi dans d'autres sports avec des tests spécifiques au sport et d'autres communs à la concentration.

Prise en compte des capacités cognitives très importantes pour les sports avec prise de décision.

[7] Résumé: Glycaemic stability of a cyclist with Type 1 diabetes: 4011 km in 20 days on a ketogenic diet

J. Nolan, A. Rush and J. Kaye

Diabetic Medicine, 10 June 2019

Objet article : Etude d'un cas de patient TD1 sur l'impact de la diététique à base d'un céto-génique.

Méthode de l'étude :

Homme de 37 ans, TD1, 4011km sur 20 jours en Australie, 98.4% des 20 jours ont été mesurés grâce à un outil de mesure de la glycémie (CGM)

Régime installé depuis 4 ans.

Entraînement de 8-10h/semaine à faible intensité ou intensité modérée avec 100-110bpm pour optimiser l'oxydation des lipides.

Repas : <10g CHO ; 40-50g protéine ; 70-90g lipides

Ratio injection : 1.5U/10g [CHO] et 1U/10-15g [protéine]

Insuline lente : 2U à 5h00.

Pas d'injection pour petit-déjeuner et midi (l'activité sportive palliant la hausse de glycémie)

Résultats :

80.4% de temps passé entre 3.9-10mmol.L (soit 70.27-180.18 mg/dl).

Hba1c avant régime : 6.8%

Hba1c après régime céto-génique : 5% sans épisode hypoglycémique recensé pouvant fausser la valeur

Discussion :

Régime céto-génique est viable pour maintenir une glycémie stable lors d'un effort d'intensité modérée sur longue durée sans risque d'hypoglycémie

Régime céto-gène = - glucose, + lipides. Résultats suggèrent que la production d'énergie par la voie des lipides permet de limiter les variations glycémiques.

Etude portant sur un seul participant, biais inter-individuel +++

Conditions physiques du participant, sport d'endurance avec effort continu sans pointe d'intensité sur court terme.

Régime installé sur une longue durée. Combien de temps pour être efficace ?

Nécessite une extrême rigueur sur la gestion des repas et une pratique sportive constante et régulière. Adaptée pour une minorité de la population diabétique sportive.

[8] Résumé: Impact of pre-exercise rapid-acting insulin reductions on ketogenesis following running in Type 1 diabetes

R. M. Bracken, D. J. West, J. W. Stephens, L. P. Kilduff, S. Luzio and S. C. Bain
DIABETICMedicine, 6 October 2010

Objet article : Examiner les effets des réductions de la dose d'insuline pré-effort sur les modifications du bêta-hydroxybutyrate sanguin, du glucose, de l'équilibre acido-basique et des réponses hormonales contre-régulatrices à la course prolongée chez les individus atteints de diabète de type 1

Méthode de l'étude :

La réduction de la dose d'insuline est un facteur de développement d'acidose diabétique (13-45% des cas). De plus, l'activité physique augmente la formation de cétone. Donc diminuer la dose d'insuline avant un effort pourrait conduire à une hypercétonémie ou à une acidocétose.

Randomisé

7 patients TD1 ; 6H/1F ; 34 ± 2 ans ; TD1 > 16 ans ; Hba1c $8.3 \pm 0.1\%$

Prises CHO identiques

Groupes : 100%/75%/50%/25% Dose d'insuline

Effort : 45' à 70% Vo2max

Résultats :

Au bout de 2h → Glycémie 25% dose > Glycémie 100% dose

Pas de différence dans les statuts acido-basique ou les hormones contre-régulatrices

Les concentrations de bêta-hydroxybutyrate sanguin ont augmentées immédiatement après l'effort (100% +0.06 mmol.L , 75% dose +0.04 mmol.L , 50% dose +0.04 mmol.L , 25% dose +0.03 mmol.L). Le pic étant atteint au bout de 3h.

Le pH sanguin a augmenté dans toutes les conditions, mais la variation pour 25% dose était moins importante comparé à la dose 100%. Au bout de 5' de repos, plus de différences

Le lactate sanguin et les catécholamines plasmatiques ont augmentés de manière similaire dans toutes les conditions. Le lactate sanguin ne montrait plus de différences entre les conditions après 5' de repos.

La glycémie 3h post-effort était meilleure pour 25% dose comparé à 75%.

Discussion :

Le développement de cétogenèse n'a pas été impacté par la réduction des doses d'insuline pré-exercice. Cela conforte les recommandations de diminuer la dose d'insuline avant un effort physique.

Une carence en insuline pourrait diminuer la production d'oxaloacétate des hépatocytes, ralentir sa condensation en acétyl coenzyme A et augmenter la formation d'acétoacétate et de bêta-hydroxybutyrate. Pourtant dans l'étude, le niveau de bêta-hydroxybutyrate est resté bas, sûrement grâce à un apport suffisant en AcetylCoA.

L'augmentation du pH peut être dû à une hyperventilation due à la course. Malgré tout, la concentration en lactate était inférieure dans la condition 25% dose par rapport aux autres conditions. Ce qui peut être une information importante pour les sports d'endurance en limitant la production de lactate lors de l'effort, qui pénalise lors de sport à longue durée.

De plus, l'objectif de réduire les hypoglycémies est rempli en diminuant les doses d'insuline, avec une meilleure réponse pour une dose de 25%.

[9] Résumé: Pre-Exercise Blood Glucose Levels Determine the Amount of Orally Administered Carbohydrates during Physical Exercise in Individuals with Type 1 Diabetes—A Randomized Cross-Over Trial

Othmar Moser, Max L. Eckstein, Alexander Mueller, Philipp Birnbaumer, Felix Aberer, Gerd Koehler, Caren Sourij, Harald Kojzar, Peter Pferschy, Pavel Dietz, Richard M. Bracken, Peter Hofmann and Harald Sourij

Nutrients 2019

Objet article : Evaluer la quantité de glucides administrées par voie orale nécessaire pour maintenir l'euglycémie pendant un exercice d'intensité modérée chez les personnes atteintes de diabète de type 1.

Méthode de l'étude : Hormones contre-régulatrices (adrénaline, noradrénaline) augmente la production de glucose hépatique par glycogénolyse

Randomisé

9 patients ; 5H/4F; Age : 32.1 ± 9.0 ans ; Hba1c : $7.2 \pm 0.6\%$

Effort : 55' de vélo à $63 \pm 7\%$ Vo2max 5j de suite

Deux conditions : 100% dose d'insuline lente, 75% dose d'insuline lente

Prises CHO identiques

Les patients pouvaient commencer la session si glycémie $> 126\text{mg.dL}$

Si $<126\text{mg.dL}$ → 15-30g CHO consommé, si la glycémie ne dépassait pas 126mg.dL après 10', la procédure était reconduite.

Même principe lors de l'exercice. Mais arrêt si glycémie $<70\text{mg.dL}$

Résultats :

Quantité CHO dernier repas avant l'effort était identique entre les deux conditions (100% insuline dose 62 ± 6 g vs 75% insuline dose 64 ± 15 g)

Les glycémies pré-effort était identique entre les deux conditions (75% insuline dose 177 ± 14 mg/dL vs 100% insuline dose 173 ± 10 mg/dL)

Glycémies post-effort :

- 100% dose d'insuline : 91–136 mg/dL - 75% dose d'insuline : 101–129 mg/dL

Quantités CHO consommés pour maintenir l'euglycémie identiques entre les deux conditions avec une médiane de 36g

Pas de variation entre J1 et J5

Discussion :

Pour des efforts répétés consécutivement, la dose d'insuline lente semble devoir être réduite pour une meilleure stabilité glycémique.

La quantité de CHO a consommé pour maintenir l'euglycémie, d'après cette étude, est de 36g/h durant un effort d'intensité modéré

Cependant cette quantité ne varie pas selon la dose d'insuline lente

[10] Résumé: Effects of Performing Resistance Exercise Before Versus After Aerobic Exercise on Glycemia in Type 1 Diabetes

JANE E. YARDLEY, GLEN P. KENNY, BRUCE A. PERKINS, MICHAEL C. RIDDELL, JANINE MALCOLM, PIERRE BOULAY, FARAH KHANDWALA, RONALD J. SIGAL
DIABETES CARE, VOLUME 35, A PRIL 2012

Objet article : Déterminer les effets de l'ordre d'exercice sur les réponses glycémiques aiguës chez les personnes atteintes de diabète de type 1 effectuant à la fois des exercices aérobies et de résistance au cours de la même séance.

Méthode de l'étude :

Chez personne saine, RA permet d'augmenter l'utilisation des lipides dans la production d'énergie.

12 patients ; Hba1c $7.1 \pm 1.0\%$

Efforts :

- 45' de course à 60% Vo2max + 45' travail de résistance (3 séries de 8 répétitions avec 90s de repos entre chaque série, 7 exercices) (AR)
- 45' travail de résistance + 45' de course à 60% Vo2max (RA)

Jour de test : Insuline lente réduite de 10% ; Insuline rapide réduite de 50%

Résultats :

Pas de différence d'énergie consommé AR ($4,277 \pm 729$ kJ) et RA ($4,247 \pm 589$ kJ).

Exercice aérobique provoquant une chute de la glycémie comme attendu. Cela cesse une fois l'exercice finit.

Glycémie augmente pendant l'exercice de résistance lorsqu'il suit l'exercice aérobique.

J+1 effort, dose d'insuline groupe AR < dose d'insuline groupe RA ($36.1 \pm 16.3U$ vs. $38.8 \pm 18.5U$)

10 besoins de supplémentation lors de l'AR contre 6 lors de la RA

Discussion :

RA → diminue la glycémie, provoque des hypoglycémies, nécessite moins de supplémentation CHO. Mais sur 12h, hypoglycémies réduites en fréquence et en intensité

Les exercices de haute intensité peuvent quant à eux augmenter le taux de glucose et provoquer des hyperglycémies si l'exercice dure >12'

Effectuer des exercices de résistance avant les exercices aérobiques améliore la stabilité glycémique tout au long de l'exercice et réduit la durée et la gravité de l'hypoglycémie post-exercice pour les personnes atteintes de diabète de type 1.

[11] Résumé: Morning (Fasting) vs Afternoon Resistance Exercise in Individuals with Type 1 Diabetes: A Randomized Crossover Study

Saeed Reza Toghi-Eshghi and Jane E. Yardley

J Clin Endocrinol Metab, November 2019

Objet article : Déterminer l'effet de l'exercice du matin à jeun par rapport à l'exercice de l'après-midi sur les réponses glycémiques à l'exercice de résistance

Méthode de l'étude :

Randomisé / Crossover

12 patients ; 3H/9F ; 31 ± 8.9 ans ; TD1 $> 19.1 \pm 8.3$ ans ; Hba1c $7.4 \pm 0.8\%$

Effort : 3 séries de 8 répétitions, 7 exercices pendant 40' (RE)

Deux groupes : session matinale / session après-midi puis patients changent

Résultats :

Session matinale : Glycémie a augmentée (171 ± 54 à 187 ± 54 mg.dL)

Session après-midi : Glycémie a diminuée (147 ± 45 à 133 ± 45 mg.dL)

Après 60' de repos, la glycémie REmatin était bien plus élevée que celle REap (196 ± 57 comparé à 142 ± 52 mg.dL)

Plus de variation glycémique et plus d'hyperglycémie pour REmatin

Discussion :

Du fait des importants biais inter-individus et intra-individuel, ces résultats ne sont en somme pas significatif de manière purement statistique. Mais il permette de prendre en compte le sens des variations. Il apparait donc plus intéressant de pratiquer un exercice de résistance l'après-midi. Si pratiqué le matin, il convient d'adapter sa dose d'insuline en conséquence.