

Année universitaire 2023-2024

Master 1^{ère} année

Master 2^{ème} année

Master STAPS mention : *Activité Physique Adaptée et Santé*

Parcours : *Activité physique adaptée et santé*

MEMOIRE

TITRE : EFFETS DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE SUR LES VARIATIONS
GLYCÉMIQUES CHEZ LE SUJET PRÉSENTANT UN DIABÈTE DE
TYPE 1

Par : KLIMM Félix

Sous la direction de : LESPAGNOL Elodie

Soutenu à la Faculté des Sciences du Sport et
de l'Éducation Physique le : 13/05/2024

« La Faculté des Sciences du Sport et de l'Éducation Physique n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les mémoires; celles-ci sont propres à leurs auteurs. »

Remerciements

Je tenais à remercier tout particulièrement ma directrice de mémoire Elodie Lespagnol, pour son accompagnement, sa disponibilité, et sa bienveillance qui m'ont permis de réaliser ce mémoire dans les meilleures conditions.

Également un grand merci à Elsa Heyman, pour ses précieux conseils et le contenu de ses enseignements qui m'ont beaucoup aidé.

Merci à Maxime, enseignant en activité physique adaptée à Eurasport et collègue, avec qui j'ai partagé les séances tout au long de l'année, dans la joie, la bonne humeur, et l'effort.

Je souhaite aussi exprimer toute ma gratitude envers les professeurs de la faculté des sports responsables du Master 1 en Activité Physique Adaptée, pour les outils et contenus théoriques nécessaires à la réussite de mes études universitaires.

Enfin, je tenais à remercier les participants de l'étude à laquelle j'ai pu participer en tant qu'enseignant en Activité Physique Adaptée, qui m'ont beaucoup appris sur cette pathologie qu'est le diabète de type 1, mais également pour leur implication, leur bonne humeur et leur motivation au fil des séances.

Table des matières

Lexique.....	4
Partie 1 : Positionnement du sujet.....	5
1) Introduction.....	5
2) Revue de littérature.....	7
A) effets physiopathologiques de l'activité physique.....	7
B) les limites à la pratique.....	8
C) effets de l'activité physique sur le DT1.....	8
C.1- effets exercice aigu sur la glycémie.....	8
a) exercice aérobie.....	8
b) exercice anaérobie.....	10
C.2- effets exercice chronique.....	11
3) Prise en charge en activité physique adaptée.....	12
A) 4 situations didactiques.....	12
Situation 1 : Tabata Boxe (forme intermittent intense).....	12
Situation 2 : Balle au prisonnier (continu modérée).....	14
Situation 3 : Relais en basket fauteuil (intermittent intense).....	14
Situation 4 :Badminton : exercice de « tournante » (intermittent intense).....	15
B) justification.....	16
Partie 2 : Évaluations, Résultats, Interprétations.....	16
1) Protocole d'évaluation.....	16
A) effort aérobie.....	17
B) effort anaérobie.....	17
C) score IPAQ.....	18
2) Statistiques.....	20
3) Résultats.....	20
A) interprétation des résultats.....	22
B) limites de l'étude.....	23
Pour obtenir des résultats plus concluants, il aurait été intéressant d'avoir plus de participants à l'étude, mais également de tester les mêmes personnes sur l'effort aérobie et anaérobie.	
Malheureusement, la présence des participants aux séances n'était pas forcément régulière, il a donc été difficile de tester les mêmes personnes sur les deux types d'efforts.....	23
Partie 3 : Références bibliographiques.....	24
Résumé.....	26

Lexique

DT1 : Diabète de type 1

APA : Activité Physique Adaptée

ATP : Adénosine triphosphate

VO2 : Consommation d'oxygène en ml.min.kg

VO2max : Consommation maximale d'oxygène en ml.min.kg

FC : Fréquence cardiaque

Fcmax : Fréquence cardiaque maximale

min : Minutes

MET : Metabolic equivalent of task

IPAQ : International physical activity questionnaire

%: Pourcentage

Partie 1 : Positionnement du sujet

1) Introduction

Le diabète de type 1 représente 10 % des cas de diabètes en France. Il peut se déclencher à tout âge, mais son apparition est de plus en plus précoce, si bien que 50 % des personnes atteintes ont moins de 20 ans. Et le nombre de cas ne cesse d'augmenter, au rythme de 3 à 4 % par an (Inserm, 2019).

Certains éléments environnementaux peuvent jouer un rôle dans le déclenchement du DT1, comme les infections virales ou l'alimentation par exemple. Néanmoins, aucun facteur clair ne se dégage à ce jour.

Une prédisposition génétique est impliquée, même s'il n'existe pas d'antécédents familiaux dans 85 % des cas.

Son apparition peut également être due à des facteurs géographiques, avec un taux d'incidence plus fréquent dans les pays nordiques que dans les régions équatoriales.

Le DT1 est une pathologie caractérisée par une destruction auto-immune des cellules Bêta du pancréas qui produisent l'insuline. Plus de 80 % des cellules sont détruites au bout d'un an de diagnostic.

En effet, l'insuline est l'hormone hypoglycémiante principale de l'organisme. A l'exercice, trois mécanismes vont se mettre en place pour stimuler la translocation des transporteurs de glucose GLUT 4, permettant une meilleure absorption du glucose par les muscles et les tissus adipeux : l'augmentation de la sensibilité du récepteur musculaire à l'insuline, l'augmentation du débit sanguin musculaire et donc un apport en insuline plus important. Et enfin la contraction musculaire.

L'insuline empêche le foie de libérer du glucose, inhibant ainsi la néoglucogénèse et la glycogénolyse (Heyman, 2018). Elle permet également d'inhiber la lipolyse au niveau du tissu adipeux, et de stimuler la synthèse protéique.

Cette hormone permet de maintenir un certain taux de glucose dans le sang. Elle possède donc une fonction régulatrice de la glycémie, qui doit être comprise entre 70 et 180 mg/dl chez le sujet diabétique, et entre 80 et 140 mg/dl chez le sujet sain.

Il existe différents traitements : l'injection d'insuline en sous cutanée par un stylo à insuline, à raison de 3 à 4 injections par jour, avec de l'insuline rapide au moment des repas ou à action prolongée lors de la journée.

Ensuite la pompe à insuline, qui envoie de l'insuline en continu toute la journée, ou en injection en bolus que le patient peut s'administrer au moment des repas.

Il existe également des pompes à insuline externes, avec ou sans tubulure.

La pompe permet plus de flexibilité au sujet atteint de diabète de type 1, il peut réguler son débit de base et ses bolus d'insuline lui-même.

Néanmoins, du fait de leur traitement insulinique exogène, les sujets sont soumis à des variations glycémiques importantes, ce qui augmente le risque d'hyperglycémie ou d'hypoglycémie.

L'hyperglycémie peut provoquer certains symptômes tels que : la polydipsie (soif excessive), polyurie (mictions fréquentes), une fatigue importante, la langue sèche, ou encore une irritabilité accrue.

L'hypoglycémie quant à elle peut entraîner : une sensation de faiblesse, de faim importante, des sueurs, des vertiges, des tremblements ou encore des troubles de la concentration.

Il est donc obligatoire de surveiller et contrôler régulièrement la glycémie chez ces patients.

La pratique d'une activité physique régulière présenterait de nombreux bénéfices sur la santé cardiovasculaire (Brazeau et al., 2012), ainsi que sur la gestion de la glycémie au quotidien, visant à améliorer la qualité de vie du sujet.

Le diabète de type 1 est une pathologie complexe, imprévisible, et très hétérogène d'un individu à l'autre. Et il me tient à cœur d'apporter mon aide aux patients en matière d'activité physique adaptée, afin de leur permettre une meilleure connaissance de leur corps et de leur diabète.

J'ai donc choisi de porter mon étude sur les effets de l'activité physique de type aérobie et anaérobie sur la variation de la glycémie chez le sujet atteint de diabète de type 1.

2) Revue de littérature

A) effets physiopathologiques de l'activité physique

Lors d'un exercice physique, une quantité plus importante de glucose dans le sang est consommée par les cellules musculaires pour produire de l'ATP par les différentes filières énergétiques : la filière aérobie, anaérobie lactique et anaérobie alactique. La consommation de glucose par la cellule musculaire augmente proportionnellement avec l'intensité de l'exercice.

L'activité physique de type aérobie possède donc une action hypoglycémiante, en faisant chuter le taux de glucose sanguin.

En revanche, des exercices courts et intenses de type anaérobie peuvent entraîner une augmentation de la glycémie. Cela peut s'expliquer par les hormones de stress comme l'adrénaline, qui poussent l'organisme à produire plus de glucose qu'il n'en dépense, favorisant ainsi l'hyperglycémie.

Ces fluctuations glycémiques peuvent être problématiques chez le sujet atteint de diabète de type 1.

La pratique d'une activité physique régulière présenterait de nombreux bénéfices sur le plan de la santé physique et mentale, en prévenant certaines complications liées au diabète telles que des problèmes cardiaques, rénaux, oculaires et neurologiques. Elle contribue ainsi à une amélioration de la qualité de vie, une réduction du stress, une meilleure gestion du poids, un renforcement musculaire. Selon Brazeau et al. (2012), elle permet également une diminution du risque de complications cardiovasculaires.

L'activité physique permet également une amélioration de la sensibilité des cellules et tissus à l'insuline, qui va stimuler la translocation des GLUT 4 et entraîner une meilleure absorption du glucose par les cellules et tissus. Et ainsi un meilleur équilibre de la glycémie sur le long terme. Cette amélioration de l'utilisation du glucose pourra permettre une réduction de la dépendance à l'insuline, et donc une réduction de la dose à injecter, en accord avec le professionnel de santé.

B) les limites à la pratique

L'étude de Finn et al. (2021) met en évidence que sur 72 individus présentant un diabète de type 1, la majorité ne respectent pas les recommandations en matière d'activité

physique. En effet, ces résultats ont été obtenus par les données accélérométriques et également par le questionnaire IPAQ.

Le sujet présentant un diabète de type 1 est donc exposé à des barrières à la pratique d'activité physique, la principale étant une faible perception de son aptitude physique (Dubé et al., 2005). Ce sentiment conduit à une restriction de son engagement dans les activités physiques et à une augmentation de la sédentarité, entraînant une détérioration de la condition physique et le plongeant dans le cercle vicieux du déconditionnement.

Par ailleurs, l'état nutritionnel du sujet diabétique de type 1 aura également une influence sur l'action hypoglycémiante de l'activité physique (Mabiala Babela et al., 2018), favorisant ainsi une action plus importante des hormones de contre-régulation de l'hyperglycémie. Il est donc crucial de bien choisir le type d'activité et l'intensité, pour maintenir une glycémie stable.

La peur de l'hypoglycémie est aussi un frein à la pratique. Elle est majorée par une mauvaise gestion de la glycémie à l'exercice (Hadjkacem et al., 2022). Ce résultat est également retrouvé dans l'étude de Brazeau et al. (2012).

Enfin, le manque de soutien familial est un frein à l'activité physique pour le sujet diabétique de type 1 (Hadjkacem et al., 2022).

C) effets de l'activité physique sur le DT1

C.1- effets exercice aigu sur la glycémie

a) exercice aérobie

La VO₂max est un indicateur de l'aptitude aérobie, et de prévention des maladies cardiovasculaires.

Le manque de pratique physique de type aérobie entraîne une diminution de la VO₂max, qui s'explique par des limitations centrales, notamment par une diminution du débit cardiaque et du volume d'éjection systolique. Mais également par des limitations périphériques, telles qu'une diminution de l'apport sanguin musculaire et un passage limité de l'oxygène du sang vers les cellules musculaires.

Selon l'étude de Rissanen et al. (2015), qui a comparé un groupe de sujets sains et DT1 sur une épreuve d'effort maximale sur ergocycle. Les résultats montrent une VO₂pic plus

faible chez les sujets diabétiques que chez le groupe contrôle (47 ± 5 vs 56 ± 7 ml.min.kg). Les limitations centrales et périphériques sont donc associées au contrôle glycémique chez le sujet présentant un diabète de type 1.

Figure 1: Réponses cardiorespiratoires à l'exercice Pic

	Type 1 Diabètes (n = 7)	Contrôles (n = 10)	P
Work rate (W)	268 ± 29	319 ± 42	0.014
Work rate (W.kg ⁻¹ FFM)	3.7 ± 0.5	4.6 ± 0.7	0.014
VO ₂ (L.min ⁻¹)	3.42 ± 0.41	3.89 ± 0.44	0.040
VO ₂ (mL.min ⁻¹ .kg ⁻¹)	40 ± 3	47 ± 6	0.012
VO ₂ (mL.min ⁻¹ .kg ⁻¹ FFM)	47 ± 5	56 ± 7	0.013
Ventilation (L.min ⁻¹)	137.7 ± 28.4	152.2 ± 28.5	0.318
SpO ₂ (%)	95 ± 3	95 ± 3	0.272
CaO ₂ (mL O ₂ .L ⁻¹ blood)	188 ± 15	189 ± 10	0.917
EDV (mL.kg ⁻¹ FFM)	2.21 ± 0.39	2.36 ± 0.26	0.362
SV (mL.kg ⁻¹ FFM)	1.54 ± 0.16	1.70 ± 0.09	0.016
HR (bpm)	177 ± 11	183 ± 14	0.339
CO ₂ (mL.min ⁻¹ .kg ⁻¹ FFM)	273 ± 29	313 ± 27	0.012
Systolic blood pressure (mm Hg)	221 ± 26	199 ± 15 ^a	0.069
Diastolic blood pressure (mm Hg)	84 ± 24	72 ± 13 ^a	0.255
SVR (mm Hg.L ⁻¹ .min.kg FFM)	464 ± 50	391 ± 61 ^a	0.032
C(a-v)O ₂ (mL O ₂ .L ⁻¹ blood)	170 ± 33	176 ± 24	0.695

Data are means ± SD.

^an = 7.

De plus, lors d'un exercice aigu aérobie, une quantité plus importante de glucose est consommée, faisant chuter le taux de glucose sanguin. L'activité physique de type aérobie possède donc une action hypoglycémiant (Heyman, 2018).

Cependant, il convient de prendre en considération la glycémie initiale, la quantité de glucides ingérés dans les heures précédant la séance, la dose d'insuline post-prandiale ainsi que le niveau d'activité physique du patient, car ces facteurs peuvent également expliquer les variations glycémiques à l'exercice

b) exercice anaérobie

L'exercice physique de type anaérobie permettrait d'atténuer la baisse de glycémie à l'exercice (Heyman, 2018).

L'étude de Yardley et al. (2013) a comparé les réponses glycémiques de douze individus physiquement actifs atteints de diabète de type 1. Le groupe a réalisé une séance de 45 minutes de renforcement musculaire (3 séries de 7 exercices avec 8 répétitions à charge relativement intense) et une séance d'exercice aérobie pendant 45 minutes (à 60 % VO₂max), sans activité physique pendant les jours de repos entre les deux séances.

La glycémie a été relevée pendant la séance, 60 minutes post-exercice, puis en continu 24h avant, et après exercice.

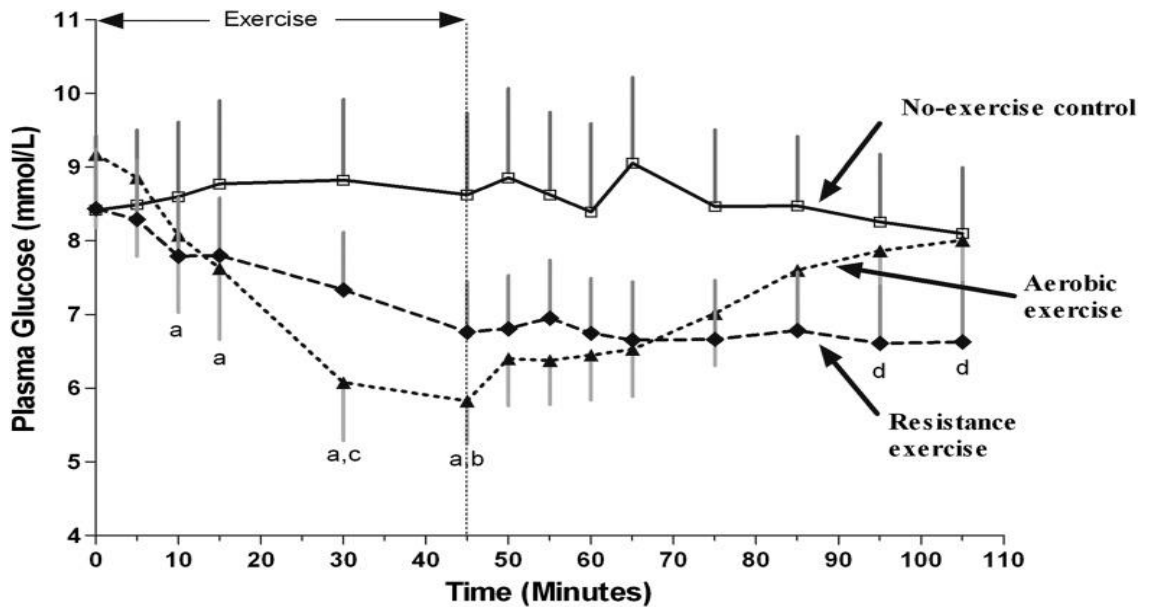


Figure 2: Variations glycémiques à l'exercice et 60 minutes post-exercice (Yardley et al., 2013)

Les résultats montrent une diminution moins marquée de la glycémie pendant la séance de renforcement musculaire, avec un taux de glucose sanguin moins élevé en post-exercice comparé à l'exercice aérobie.

Il existe d'autres méthodes de travail pour solliciter la filière anaérobie, comme par exemple l'intermittent intense, qui consiste à répéter des phases d'exercices très intenses (85-90%F_{cmax}) suivies de courtes périodes de récupération à faible intensité.

L'étude de Guelfi et al. (2005) montre une baisse moins importante de la glycémie lors d'une séance d'intermittent intense (exercice continu à 40 % VO_{2pic} entrecoupé de 4 secondes de sprints toutes les 2 minutes) que lors d'une séance d'exercice continu de 30 minutes (40%VO_{2pic}). Et cela même 60 minutes post-exercice, avec une meilleure stabilisation de la glycémie suite à l'exercice intermittent intense.

Cependant, il est important de noter que si la glycémie de départ est déjà élevée, l'exercice de type anaérobie peut accroître le risque d'hyperglycémie.

C.2- effets exercice chronique

L'impact positif principal de l'exercice chronique est l'amélioration de la sensibilité des cellules et tissus à l'insuline, due à plusieurs facteurs : la prise de masse musculaire, étant donné que le muscle squelettique est un site clé d'utilisation du glucose stimulé par l'insuline, même au repos. Mais également par la perte de masse grasse viscérale induite par l'activité physique de type aérobie, réduisant ainsi la sécrétion d'adipocytokines insulino-résistantes telles que la leptine et la ghréline.

L'activité physique entraîne des changements au niveau des enzymes musculaires, comme par exemple l'augmentation de l'activité de l'hexokinase musculaire suite à un entraînement en sprint (Heyman, 2018).

La pratique régulière d'activité physique permettrait également de mieux anticiper l'ampleur de la chute du taux de glucose selon l'activité pratiquée (Riddell et al., 2023). En effet, le patient pourra alors mettre en place ses propres stratégies pour éviter des variations trop importantes de sa glycémie à l'exercice.

Il serait donc intéressant de combiner les deux méthodes d'entraînement : des exercices aérobies suivies d'exercices anaérobies comme du renforcement musculaire ou de l'intermittent intense.

Il faudra juste adapter le choix de l'activité en fonction de la glycémie de départ du patient, afin de mieux réguler la glycémie pendant et après la séance.

Enfin, l'amélioration de l'équilibre glycémique permettrait de réduire la peur d'hypoglycémie à l'exercice (Boulbaroud et al., 2018), qui est une barrière à la pratique d'activité physique chez de nombreux individus atteints de diabète de type 1.

L'objectif de mon étude sera donc de comparer les réponses glycémiques selon le type d'activité, afin de permettre au sujet atteint d'un diabète de type 1 de mieux prévenir des variations glycémiques lors d'un exercice physique, et ainsi minimiser le risque d'hyperglycémie ou d'hypoglycémie lors des séances.

3) Prise en charge en activité physique adaptée

A) 4 situations didactiques

Voici 4 exemples de situations d'activité physique adaptée pour améliorer l'aptitude aérobie et anaérobie chez le sujet présentant un diabète de type 1. Pour ces situations, j'ai décidé d'utiliser la forme continue et intermittent intense.

Pour la forme continue, il s'agit de maintenir une intensité modérée aux alentours de 70 % de Fcmax ou premier seuil ventilatoire pendant une certaine durée.

Pour l'intermittent intense, il s'agit d'alterner des séquences de travail courtes mais à intensité élevée voir très élevée (entre 80 et 90 % Fcmax) entrecoupées de séquences de récupération à faible intensité (50-60%Fcmax).

Pour individualiser les intensités relatives à chaque exercice, on utilisera la formule d'Astrand (1954) :

$$F_{cmax} \text{ théorique} = 220 - \text{âge}$$

Les patients seront équipés de montre cardiofréquence-mètre.

Situation 1 : Tabata Boxe (forme intermittent intense)

Le principe d'un entraînement Tabata est de réaliser différents exercices à haute intensité, avec de courtes périodes de récupérations.

Durée : 3 Blocs de 4min avec 2min de récupérations entre les blocs.

Chaque bloc est composé de 8 fois 20sec d'exercice entrecoupées de 10sec de récupération active en sautillant sur place.

Intensité : 85% Fcmax théorique pendant 20sec et 50 % Fcmax théorique pendant 10sec.

Coups de poings lestés avec haltères de 1kg	Bras au niveau de la poitrine, effectuer une extension complète du bras gauche, puis revenir à la position initiale. Répéter le mouvement en alternant bras gauche et droit.	L'expiration a lieu lors de la phase d'extension. L'inspiration lors de la phase concentrique où l'on ramène les bras à la poitrine.
Squats/ Kick	Pieds écartés largeur d'épaules, effectuer une flexion des genoux jusqu'à obtenir un angle de 90°, puis remonter de manière dynamique en réalisant un coup de pied de face avec la jambe gauche. Répéter le mouvement en alternant jambe gauche et droite.	L'inspiration se fait pendant la flexion, et l'expiration lors de la remontée.
2 crochets lestés/ 2 esquives rotatives	Effectuer deux coups de poing circulaires en alternant bras droit et bras gauche. Puis réaliser deux esquives rotatives, en fléchissant légèrement les genoux de sorte à effectuer une trajectoire en « U » avec la tête.	L'expiration se fait lors de la phase d'extension du bras, puis lors de la phase de remontée. L'inspiration a lieu lorsque l'on fléchis les genoux pour réaliser l'esquive rotative.
Fentes	Position neutre, avancer la jambe gauche en fléchissant, tout en conservant l'alignement du rachis. Revenir en position initiale puis répéter en alternant jambe gauche et droite.	L'expiration a lieu lors de la remontée et l'inspiration lors de la flexion.
Uppercuts lestés avec haltères 1kg	Poings au niveau de la poitrine, fléchir légèrement les genoux puis remonter de manière explosive en montant le poing gauche vers le haut. Alternier poing gauche et droit.	L'expiration se fait lors de l'extension du bras. L'inspiration lorsque l'on ramène le poing à la poitrine.
Abdominaux	Allonger sur le dos les genoux fléchis, effectuer des flexions latérales du tronc pour toucher les talons avec les mains. Alternier côté droit et gauche.	L'expiration se fait lors des flexions latérales du tronc. L'inspiration lors du retour à la position initiale.
Tipping	Effectuer des piétinements de manière dynamique sur place.	Expirer et inspirer de manière rythmée pour conserver la même cadence pendant la durée d'exercice.
Gainage dynamique	Position de gainage planche bras tendus, la main gauche va toucher l'épaule droit puis revenir en position initiale. Même chose avec la main droite. Répéter le mouvement en conservant l'alignement du rachis	L'expiration a lieu lorsque la main va toucher l'épaule. L'inspiration lors du retour à la position initiale.

Variables d'évolution :

- Augmenter l'intensité d'exercice au fil des séances (90 % Fcmax théorique) et ainsi augmenter le nombre de répétitions par exercice
- Augmenter la durée, en réalisant 4 blocs de 4min par exemple

Situation 2 : Balle au prisonnier (continu modérée)

Durée : 10min

Intensité cible : 70 % Fcmax théorique

Consigne :

- Par équipe de 3 à 5 joueurs.
- Le but est de toucher un membre de l'équipe adverse avec la balle sans franchir la ligne médiane.
- Un pas maximum une fois la balle en main.
- Passes aux partenaires possibles.
- Si un joueur est touché, il sort du terrain par la porte et doit réaliser un tour complet du terrain en traversant le parcours d'obstacles (slalom, sauts de haies). Une fois le parcours terminé, il peut rentrer à nouveau sur le terrain et reprendre la partie.
- Si le joueur intercepte la balle tirée par le joueur adverse avant que celle-ci ne touche le sol, c'est le tireur qui est éliminé.

Variables d'évolution :

- Augmenter la taille du terrain (+3 mètres ; +5mètres)
- Augmenter la durée d'exercice (15min ; 20min)
- Ajouter une balle supplémentaire

Situation 3 : Relais en basket fauteuil (intermittent intense)

Durée : 10min

Intensité cible : 80 % Fcmax théorique

Consigne :

→ Par équipe de 2 à 3 joueurs, un ballon par équipe.

→ Au top départ, réaliser (en gardant le ballon) le parcours de fauteuil roulant contenant un slalom, une rotation complète autour du cerceau, et une porte à traverser pour atteindre le panier.

Tirer le ballon. Une fois le panier marqué, récupérer le rebond et retourner au départ.

→ Passer la balle à son partenaire qui peut démarrer le parcours.

→ Pendant qu'un joueur réalise le parcours, les autres sont en position de « chaise », le dos collé au mur en flexion des genoux à 90°.

→ La première équipe ayant réalisé 2 passages par joueur gagne.

Variables d'évolution :

- augmenter la taille du terrain

- complexifier les obstacles ; rapprocher les slaloms

- ajouter des dribbles avec le ballon pendant la réalisation du parcours

Situation 4 : Badminton : exercice de « tournante » (intermittent intense)

Durée : 3 manches de 5min entrecoupées de 2min de récupération.

Intensité cible : 80 % Fcmax théorique

Consigne :

→ Les joueurs sont placés de part et d'autre du terrain en file indienne, de sorte à ce qu'il y ait le même nombre de joueur de chaque côté (ici 6 joueurs).

Le premier joueur est placé à trois mètres du filet.

→ Un joueur engage. Après avoir frappé le volant, il réalise le tour du terrain dans le sens des aiguilles d'une montre pour atteindre l'autre côté. Il se place alors dans la file indienne pour attendre de frapper à nouveau.

→ La manche se termine à la fin des 5min. Il n'y a pas d'élimination mais le but est de réaliser un maximum d'échanges sans faire tomber le volant.

Variables d'évolution :

- augmenter la taille du terrain ; se placer à 5 mètres du filet

- diminuer le nombre du joueur sur le terrain en scindant le groupe en deux.

B) justification

Les sessions organisées dans la structure se divisaient en deux parties distinctes : une axée sur le développement de l'aptitude aérobie et une autre dédiée au renforcement musculaire, impliquant ainsi un effort davantage anaérobie. Lors de mes prises en charge, j'ai exploité le matériel disponible pour diversifier les activités proposées.

Comme mentionné dans la partie C) effets de l'activité physique sur la glycémie, le type d'activité pratiquée induit des réponses glycémiques différentes. En effet, l'activité physique de type aérobie entraîne une consommation significative de glucose, faisant diminuer la glycémie chez le sujet atteint de diabète de type 1.

Cependant, la glycémie initiale, la quantité de glucides ingérés avant la séance, ou encore le niveau d'activité physique du patient sont également des facteurs à prendre en compte pour expliquer les variations de la glycémie pendant et suite à l'exercice.

Il est donc essentiel de surveiller la glycémie de chaque participant au début, à mi-parcours et à la fin de la séance. L'objectif est d'ajuster le déroulement de la séance en fonction des niveaux de glycémie de chacun. Si la glycémie est trop élevée, il est alors recommandé de commencer par une activité physique de type aérobie.

Partie 2 : Évaluations, Résultats, Interprétations

1) Protocole d'évaluation

Afin d'étudier les variations glycémiques chez des sujets atteints de diabète de type 1, j'ai décidé de mettre en place deux séances d'une durée de 30 minutes. Il est important que les séances soient réalisées dans les mêmes conditions, à la même heure et d'une durée similaire pour que les résultats soient comparables. Un échauffement articulaire de 5 minutes sera réalisé en début de séance.

A) effort aérobic

La première séance aura pour objectif un travail de l'aptitude aérobic, par un travail continu de 30 minutes sur ergocycle Cybex à une intensité relative à 70% de la fréquence cardiaque maximale théorique selon la formule d'Astrand (1954) :

$F_{cmax} \text{ théorique} = 220 - \text{âge}$

L'intensité ciblée correspond à une allure modérée permettant d'améliorer l'aptitude aérobic, aux alentours du premier seuil ventilatoire.

La glycémie est relevée avant l'effort, puis en fin d'exercice, afin de calculer le Delta glycémie, qui correspond à la différence entre glycémie post-exercice et pré-exercice.

Les participants seront également équipés d'un cardiofréquencemètre, afin de comparer la fréquence cardiaque moyenne pour chacune des séances.

Il est aussi demandé au patient la quantité de glucides ingérés avant ou dans les heures précédant la séance, ainsi que la dose d'insuline injectée suite à l'apport alimentaire en unités. En théorie, une unité d'insuline rapide baisse la glycémie de 30-40 mg/dl.

Le type de traitement sera également demandé, si le patient est sous injections d'insuline ou sous pompe à insuline.

B) effort anaérobie

La deuxième séance sera réalisée au minimum 48h après la première, et aura pour objectif un travail anaérobie de renforcement musculaire. Elle sera composée d'un circuit de 5 exercices, avec 1 minutes de travail et 30 secondes de récupération entre les exercices.

Le tout réalisé 3 fois, avec 2 minutes de récupération entre les séries, soit 25 minutes de séance au total.

	<i>Consignes</i>	<i>Respiration</i>
Jumping jack	Réaliser de manière dynamique le mouvement suivant : lorsque l'on écarte les pieds, les bras se lèvent au dessus de la tête. Puis rapprocher les pieds en ramenant les bras le long du corps.	Expirer lorsque les bras se lèvent, et l'inspiration lors du retour à la position initiale.
Flexions	Pieds écartés largeur d'épaules. Fléchir les genoux jusqu'à former un angle de 90°, tout en gardant le dos bien droit. Puis remonter pour revenir à la position initiale.	Inspirer pendant la flexion et expirer pendant la phase d'extension.
Gainage planche	Sur les coudes, maintenir la posture en conservant l'alignement du rachis.	Mettre en place une respiration profonde pendant l'effort.
Coup de poings directs avec haltères de 1kg	Un haltère dans chaque main, réaliser une extension complète du bras puis revenir au niveau de la poitrine. Effectuer ce mouvement en alternant bras gauche et bras droit.	Expirer lors de la phase excentrique, quand le bras se tend.
Abdominaux ballon suisse	Allongé sur le dos, lever les jambes et les bras de sorte à ce qu'ils soient perpendiculaires au sol. Maintenir le ballon suisse entre les bras et les jambes en effectuant une pression sur celle-ci. Maintenir la position.	Respiration profonde pendant l'effort.

J'ai choisi de mettre en place cette méthode d'évaluation car elle me permet d'obtenir plusieurs valeurs de glycémies selon le nombre de patients présents. Le but est d'observer les différences inter-individuelles de variation de la glycémie, ainsi qu'entre les séances de type aérobie et anaérobie.

C) score IPAQ

Un questionnaire IPAQ sera également à remplir par les sujets présents. C'est un questionnaire qui permet d'obtenir une estimation du niveau d'activité physique du patient, en se basant sur les temps où il a été actif physiquement les 7 derniers jours. Le but est d'observer s'il existe une corrélation entre le niveau d'activité physique et les variations glycémiques à l'exercice.

Interprétations et calculs du score IPAQ :

- exprimé en MET-minutes par semaine

- niveaux de MET :

marche= 3,3 METs

Intensité modérée= 4,0 METs

Intensité élevée= 8,0 METs

TOTAL MET-minutes/semaine = Marche (METs * min par jour * jours par semaine) + Intensité modérée (METs * min par jour * jours par semaine) + Intensité élevée (METs * min par jour * jours par semaine)

- 3 niveaux d'activité :

1) Faible

Si aucune activité reportée OU si elle n'atteint pas les niveaux 2 et 3

2) Modérée

Correspond à l'un des 3 critères suivants :

- 3 jours ou plus d'activité intense durant au moins 20 min par jour

- 5 jours ou plus d'activité d'intensité modérée et/ou de marche durant au moins 30 min par jour

- 5 jours ou plus d'activité combinant la marche, des activités d'intensité modérée ou élevée, atteignant ainsi au moins 600 MET-minutes/semaine

3) Élevée

Correspond à l'un des 2 critères suivants :

- Activité intense au moins 3 jours par semaine et atteignant au moins 1500 MET-minutes/semaine

- 7 jours ou plus d'activité combinant la marche, des activités d'intensité modérée ou élevée, atteignant ainsi au moins 3000 MET-minutes/semaine

2) Statistiques

Pour déterminer la significativité des résultats, un test de normalité « Shapiro-Wilk » à été effectué pour toutes les plages de données analysées : score IPAQ, Delta glycémie aérobie, Delta glycémie anaérobie, Fréquence moyenne suite à un exercice aérobie, Fréquence cardiaque moyenne suite à un exercice anaérobie.

Toutes les données suivent une loi normale ($p > 0,05$), donc on utilise un test paramétrique :

- Test de T-student pour échantillon indépendant pour la comparaison
- Test de Bravais- Pearson pour les corrélations

Un $p < 0,05$ était considéré comme significatif (logiciel Anatsats).

3) Résultats

Tableau 2: Caractéristiques des sujets

Âge (ans)	32,8 ± 6,6	34,2 ± 10,5
Sexe (femme/homme)	5 / 1	6 / 0
Mode de traitement (injection/ pompe)	1 / 5	2 / 4
Apport glucidique (gramme)	150,0 ± 84,6	71,7 ± 41,7
Insuline post-prandiale (Unité)	6 ± 3,6	5,8 ± 3,7
Score IPAQ (MET-minutes/ semaine)	3599,6 ± 861,7	3373 ± 921,9

6 participants ont réalisé la séance de type aérobie, 4 d'entre eux ayant un niveau élevé d'activité et 2 un niveau modéré par rapport au score IPAQ. De même pour l'effort anaérobie, d'où l'écart assez faible entre les moyennes au score IPAQ entre les deux groupes.

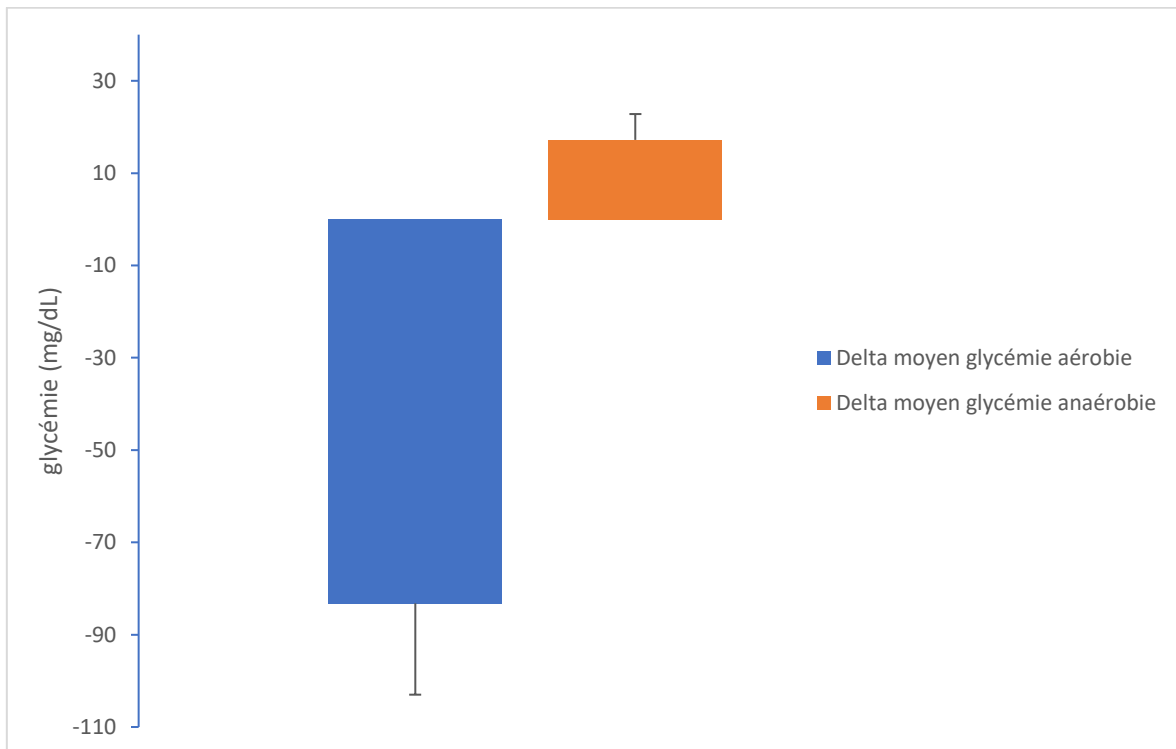


Figure 3 : Impact du type d'activité sur les variations glycémiques
 $P < 0.001$ ***

On remarque une diminution significativement plus importante des valeurs glycémiques suite à l'exercice de type aérobie, par rapport à l'exercice anaérobie.

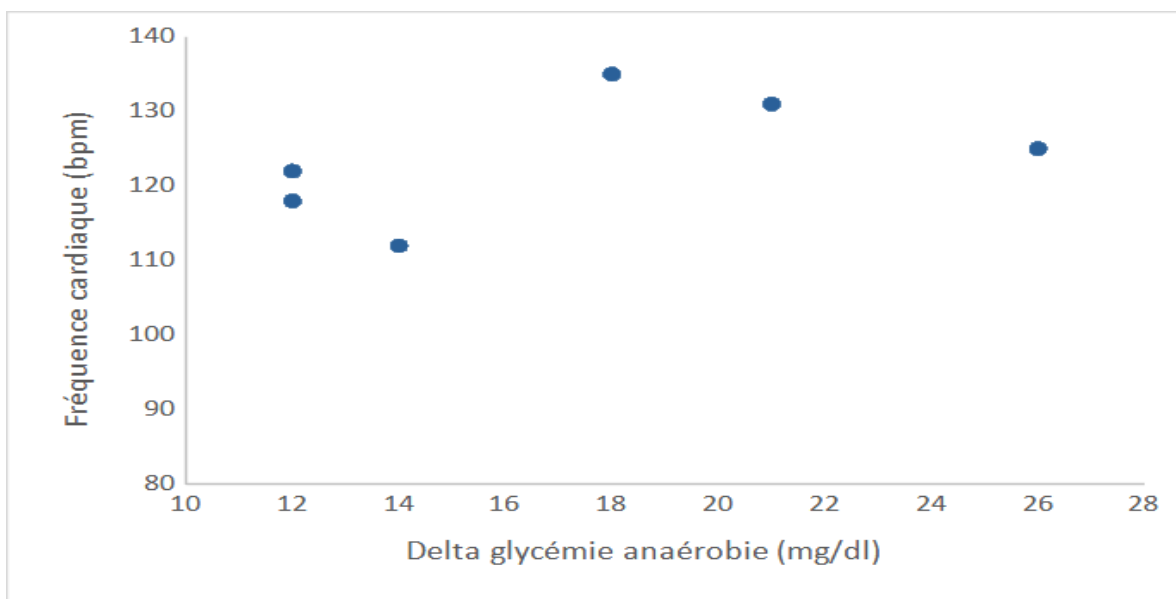


Figure 4 : Variations glycémiques en fonction de la fréquence cardiaque suite à un effort anaérobie : $p = 0,28$ ($> 0,05$ donc non-significatif)

Il n'existe pas de corrélation entre les variations glycémiques et la fréquence cardiaque moyenne suite à l'effort de type anaérobie.

Il n'existe pas de corrélation entre les autres données analysées : entre la fréquence cardiaque moyenne aérobie et le Delta glycémie aérobie ($p= 0,29$) ; entre le score IPAQ et le Delta glycémie aérobie/ anaérobie ($p= 0,86$ / $p= 0,57$) ; entre le score IPAQ et la fréquence cardiaque aérobie/ anaérobie ($p= 0,74$ / $p= 0,64$).

A) interprétation des résultats

L'effort aérobie en forme continue entraîne une baisse significativement plus importante de la glycémie par rapport à un effort anaérobie.

Selon Särnblad et al. (2021), un exercice continu à charge constante représente l'exercice type pouvant occasionner une baisse de glycémie.

A contrario, un exercice de type anaérobie permet de stabiliser la glycémie. Cette atténuation peut s'expliquer par différents facteurs selon Guelfi et al. (2005) :

l'utilisation du lactate sanguin, qui est supérieur lors d'un exercice sollicitant la filière anaérobie lactique. En effet, le lactate est essentiel pour alimenter le cycle de Krebs et la chaîne respiratoire dans la production d'ATP.

L'utilisation du lactate en plus du glucose pour produire de l'ATP permet donc d'atténuer la baisse du taux de glucose dans le sang.

De plus, l'augmentation du taux de certaines hormones telles que l'hormone de croissance et des catécholamines serait également responsable de l'atténuation de la baisse de glycémie à l'exercice anaérobie. La sécrétion d'adrénaline stimule la glycogénolyse hépatique, qui est un processus par lequel le foie décompose le glycogène en glucose pour produire de l'ATP.

Un effort physique entraîne un stress pour l'organisme, stimulant ainsi le système nerveux sympathique (Fisher et al., 2015) qui met en place plusieurs mécanismes physiologiques en réponse à ce stress, comme la sécrétion de catécholamines et l'augmentation de la fréquence cardiaque.

Un effort intense de type anaérobie entraîne une sécrétion plus importante d'adrénaline, qui stimule la glycogénolyse hépatique (Heyman, 2018) et augmente la fréquence cardiaque, atténuant la baisse de glycémie à l'exercice.

Or, les résultats obtenus ne montrent pas de corrélation entre la fréquence cardiaque et les variations glycémiques suite à l'exercice anaérobie.

B) limites de l'étude

Pour obtenir des résultats plus concluants, il aurait été intéressant d'avoir plus de participants à l'étude, mais également de tester les mêmes personnes sur l'effort aérobie et anaérobie. Malheureusement, la présence des participants aux séances n'était pas forcément régulière, il a donc été difficile de tester les mêmes personnes sur les deux types d'efforts.

Il aurait également été pertinent de demander aux participants d'avoir un emploi du temps similaire en terme d'activité physique dans les jours précédant les séances, car la sensibilité des récepteurs insuliniques reste élevée dans les 12 à 24 heures suite à un exercice physique, favorisant ainsi les hypoglycémies post-exercice. De ce fait, si le sujet a réalisé un effort intense la veille de la séance, il aura un risque plus important d'hypoglycémie lors de la séance du lendemain (Heyman, 2018).

Enfin, la perspective de tester à nouveau les mêmes participants 6 semaines plus tard aurait permis d'observer des modifications ou non au niveau des variations glycémiques, mais aussi par rapport au score IPAQ.

Partie 3 : Références bibliographiques

Boulbaroud Z , El Aziz S , Mjabber A , Chadli A. (2018). Pratique de l'activité physique chez les jeunes diabétiques type 1 : évaluation des connaissances et obstacles. *Annales d'Endocrinologie*, 79, 467.

Brazeau A.S , Leroux C , Suppère C , Desjardins K , Briand P , Mircescu H , Rabasa-Lhoret R. (2012). Promotion de l'Activité Physique pour les adultes atteints de diabète de type 1. *Diabetes & Metabolism* , 38 , A32-A33.

Brazeau A , Rabasa-Lhoret R , Strychar I , Mircescu H. (2008). Barriers to Physical Activity Among Patients with Type 1 Diabetes. *Diabetes Care* , 31, 2108–2109.

Finn M , Sherlock M , Feehan S , Guinan E.M , Moore KB. (2021). Adherence to physical activity recommendations and barriers to physical activity participation among adults with type 1 diabetes. *Irish journal of medical science*, 191(4) , 1639–1646.

Fisher J.P , Young C.N , Fadel P.J. (2015). Autonomic adjustments to exercise in humans. *Comprehensive Physiology* , 5(2) , 475–512.

Guelfi K.J , Jones T.W , Fournier P.A. (2005). The decline in blood glucose levels is less with intermittent high-intensity compared with moderate exercise in individuals with type 1 diabetes. *Diabetes Care* , 28, 1289-1294.

Hadjkacem F , Frikha H , Hammouda O , Haddar H , Mnif M , Abid M , Tagougui S. (2022). Étude exploratoire des barrières à l'activité physique chez des diabétiques de type 1 tunisiens. *Annales d'Endocrinologie* , 83 , 368.

Heyman E. (2018). Particularité des réponses physiologiques à l'exercice dans le diabète de type 1. *Diabète et Obésité*, 13 , 180-188.

Mabiala Babela J.R , Missambou Mandilou S.V , Bouenizabila E , Ollandzobo Ikobo L.C , Nika E.R , Massamba A , Senga P. (2018). Exercice physique et cinétique glycémique chez l'adolescent atteint de diabète de type 1 à Brazzaville (Congo). *Science & Sports* , 33 , 98-105.

Miller B.F , Fattor J.A , Jacobs K.A. (2002). Lactate and glucose interactions during rest and exercise in men: effect of exogenous lactate infusion. *J Physiol*, 544 , 963-75.

Riddell M.C , Gal R.L , Bergford S , Patton S.R , Clements M.A , Calhoun P , Beaulieu L.C , Sherr J.L. (2024). The Acute Effects of Real-World Physical Activity on Glycemia in Adolescents With Type 1 Diabetes: The Type 1 Diabetes Exercise Initiative Pediatric. *Diabetes Care* , 47(1) , 132–139.

Rissanen A, Tikkanen H, Koponen A, Aho J, Peltonen J. (2014). Central and Peripheral Cardiovascular Impairments Limit VO₂peak in Type 1 Diabetes. *Medicine and Science in Sports and Exercise* , 47, 223-230.

Särnblad S , Ponsot E , Leprêtre P.M , Kadi F. (2021). Acute effects of aerobic continuous, intermittent, and resistance exercise on glycemia in adolescents males with type 1 diabetes. *Pediatr Diabetes* , 22(4) , 610-617.

Yardley J.E , Kenny G.P , Perkins B.A , Riddell M.C , Bala N , Malcolm J , Boulay P , Khandwala F , Sigal R.J. (2013). Resistance versus aerobic exercise: acute effects on glycemia in type 1 diabetes. *Diabetes Care* , 36 (3) , 537-42.

Sites internet :

Belmonte L , Wetzel F. Fédération Française des Diabétiques : *Comment faire face à une hypoglycémie* , Paris, .

<https://www.federationdesdiabetiques.org/diabete/glycemie/hypoglycemie> [accédé le 09/01/24]

Institut national de la santé et de la recherche médicale, Diabète de type 1 : *une maladie auto-immune de plus en plus fréquente*. <https://www.inserm.fr/information-en-sante/dossiers-information/diabete-type-1> [Accédé le 16/12/23]

Résumé

Mon étude porte sur les effets d'un exercice physique sur les variations glycémiques chez le sujet présentant un diabète de type 1. En effet, il est connu que le type d'activité, l'intensité et la modalité d'exercice entraîne des réponses glycémiques différentes. L'objectif est donc de comparer les réponses glycémiques suite à un effort de type aérobie continu, et suite à un effort de renforcement musculaire sollicitant davantage la filière anaérobie. Le but étant de permettre au sujet de mieux prévenir les variations de sa glycémie lors d'un effort physique, réduisant ainsi le risque d'hypoglycémie et d'hyperglycémie.

Les résultats montrent une diminution significativement plus importante de la glycémie suite à l'effort aérobie (Delta glycémie moyen = - 83,2 mg/dL) comparé à l'effort anaérobie (Delta glycémie moyen = 17,2 mg/dL). Il est donc intéressant de combiner les deux modalités d'exercices, selon la glycémie initiale du sujet et de son évolution au cours de la séance.

Mots clés : Diabète de type 1 ; Activité physique ; Variations glycémiques

My study focuses on physical activity effects on glycemic fluctuations in individuals with type 1 diabetes. It is known that the type of activity, the mode and the intensity leads to different glycemic responses. The objective is therefore to compare glycemic responses following continuous aerobic exercise and following resistance training exercise, which predominantly solicits the anaerobic pathway. The aim is to help individuals better prevent glycemic variations during physical exertion, thereby reducing the risk of hypoglycemia and hyperglycemia. The aim is to improve glycemia management during physical activity, in order to reduce the risk of hypoglycemia and hyperglycemia.

Results show a significantly decrease in blood glucose levels with aerobic exercise (Mean glucose change= -83,2 mg/dL), compared to anaerobic exercise (mean glucose change= 17,2 mg/dL). Therefore, it is interesting to combine both types of exercises, depending on the individual's initial blood glucose levels and their evolution during exercise session.

Key-words : Type 1 diabetes ; Physical activity ; Glycemic fluctuations

