

DIABETIS I EXERCICI FÍSIC

Serafín Murillo García

Unitat de Diabetis i Exercici Físic (UDE)

CIBER de Diabetes y Enfermedades Metabólicas Asociadas

Hospital Clínic de Barcelona

Mallorca 183, 08036 Barcelona

smurillo@ciberdem.org

1. INTRODUCCIÓ

Les recomanacions sobre la pràctica d'exercici físic en persones amb diabetis han evolucionat de forma paral·lela a la millora dels coneixements i dels tractaments de la diabetis. Abans del descobriment de la insulina, l'exercici físic era una activitat de difícil pràctica, la qual era habitualment desaconsellada donat l'augment del risc de cetosis i deshidratació que ocasionava als pacients amb diabetis tipus 1. En canvi, a l'actualitat l'exercici físic és una activitat bàsica dintre d'un estil de vida saludable, el qual s'associa a un bon control de la diabetis.

En aquesta evolució continua, l'exercici ha trobat un lloc principal en el tractament de la diabetis tipus 2, gràcies a l'increment espectacular de la seva prevalença a les societats desenvolupades. En aquests casos, l'exercici esdevé fonamental com a tractament de la diabetis, tant pel seu efecte preventiu com a terapèutic, especialment per les seves accions sobre la resistència a la insulina i com no, la millora del control glucèmic i del risc cardiovascular.

No obstant, la pràctica d'exercici físic no està lliure de riscos. El més freqüent, la hipoglucèmia, pot succeir tant al llarg de la pràctica d'exercici com fins a les 12-24 hores posteriors. Per evitar-la, serà imprescindible conèixer les modificacions dels tractaments (principalment alimentació i dosis d'insulina) que s'hauran de dur a terme en funció de les característiques de l'exercici a realitzar. És important individualitzar la prescripció de l'exercici en aquells pacients que ja han desenvolupat alguna de les complicacions cròniques de la diabetis, doncs és en aquests casos on es fa imprescindible adaptar l'exercici a l'estat del pacient per tal d'evitar l'empitjorament d'aquestes complicacions induït per la pròpia activitat física.

2. BENEFICIS DE LA PRÀCTICA D'EXERCICI FÍSIC

Són ben coneguts els efectes negatius que, vers la salut, provoca la falta d'activitat física. Així, el sedentarisme incrementa el risc de morbiditat i mortalitat cardiovasculars, essent tanmateix un important factor de risc de mortalitat general. A més, estudis epidemiològics senyalen clarament el sedentarisme com un dels principals factors de risc per al desenvolupament de diabetis tipus 2.

L'aplicació de programes d'exercici físic en persones amb diabetis dona lloc als mateixos beneficis que quan aquests programes s'apliquen a la població general. Aquests beneficis són bàsicament:

- Reducció del risc de malaltia cardiovascular
- Disminució de les xifres de tensió arterial

- Increment dels nivells de colesterol HDL
- Prevenció de l'osteoporosi
- Increment de l'autoestima i altres beneficis psicològics
- Increment de la despesa energètica i millora de la composició corporal

La pràctica d'exercici físic regular ofereix beneficis addicionals en el cas de la diabetis, especialment per a aquells pacients amb diabetis tipus 2. Aquest beneficis son bàsicament una moderada millora del control glucèmic i l'augment de la sensibilitat a la insulina.

3. L'EXERCICI FÍSIC EN LA PREVENCIÓ DE LA DIABETIS

El sedentarisme s'associa directament amb un major risc d'aparició d'algunes malalties metabòliques, entre elles, la diabetis tipus 2. Segons les dades aparegudes a l'Enquesta de Salut a Catalunya de l'any 2006, el sedentarisme afectava a un 25.8% de la població, obtenint nivells similars als trobats al conjunt de la Comunitat Europea¹.

L'exercici físic regular pot contribuir a la millora de la composició corporal, a reduir la resistència a l'acció de la insulina i a prevenir el desenvolupament de DM2, especialment en aquelles poblacions amb alt risc, com els individus amb intolerància a la glucosa (IGT). Diversos estudis d'intervenció terapèutica han demostrat que els individus físicament més actius tenen una menor incidència de DM2, en comparació amb aquells sedentaris.

Així, el Finnish Diabetes Prevention Study^{2,3} va incloure 522 individus amb IGT demostrant una reducció del 58% de la incidència de diabetis als tres anys de seguiment en aquell grup que va realitzar modificacions del seu estil de vida (incloent exercici físic moderat).

El Diabetes Prevention Program (DPP)⁴ va observar en 3234 individus amb IGT la reducció d'un 58% del risc d'aparició de diabetis, essent aquesta intervenció més efectiva que l'ús de metformina, que va aconseguir una reducció del 31%.

Finalment, l'estudi DaQuing⁵ va randomitzar 577 individus amb IGT en 4 grups de tractament: exercici, dieta, dieta i exercici i grup control. La incidència acumulada de diabetis al cap de 6 anys de seguiment va ser menor en els dos grups que incloïen exercici (41 i 46% respectivament) en comparació amb el grup control (68%).

Per tant, es pot concloure que existeix suficient evidència científica que justifica que els programes d'intervenció terapèutica que inclouen la pràctica d'exercici físic regular redueixen la incidència de DM2 en individus amb alt risc de desenvolupar-la.

4. SUBSTRACTES ENERGÈTICS A L'EXERCICI

Davant la pràctica d'exercici físic, el glicogen muscular constitueix la principal font energètica per a la contracció muscular⁶⁻⁸.

Aquest glicogen muscular és una de les formes d'emmagatzematge de glucosa a l'organisme, formada per uns 400g de glucosa (unes 1500kcal) repartits per tota la massa muscular de l'organisme. El cos compta també amb una altre reserva de glucosa en forma de glicogen, localitzada al fetge, i amb una capacitat d'acumulació d'una mica més de 100g de glucosa.

Al llarg de l'activitat muscular, el tipus de combustible utilitzat depèn principalment de factors com la intensitat i la durada de l'exercici. Per a exercicis suaus, practicats a baixa intensitat s'utilitzen majoritàriament greixos com a substrat energètic. A mesura que s'incrementa la intensitat de l'exercici s'incrementa també la proporció de glucosa utilitzada com a font energètica.

Segons la durada de l'exercici, als primers 30-60 minuts d'activitat muscular es consumeix majoritàriament la glucosa continguda en els seus dipòsits en forma de glicogen muscular. Quan aquests dipòsits inicien el seu buidament s'inicia també la obtenció d'energia a partir de la glucosa plasmàtica circulant. És en aquest moment quan comença un altre procés de producció de glucosa hepàtica, a partir de molècules com el glicerol, l'àcid làctic o fins i tot alguns aminoàcids.

5. LA RESPOSTA HORMONAL A L'EXERCICI

Aquests processos metabòlics associats a l'exercici són possibles gràcies a la participació d'un eficient sistema que integra els impulsos nerviosos amb la resposta hormonal.

A l'individu no diabètic, la pràctica d'exercici físic origina una estimulació nerviosa, de tipus adrenèrgica, que actua sobre les cèl·lules β del pàncrees inhibint la producció d'insulina⁹⁻¹⁰.

Aquesta reducció dels nivells d'insulina no afecta a la captació cel·lular de glucosa, donat que l'exercici afavoreix aquesta captació de igual forma que la insulina.

D'aquesta manera, la disminució dels nivells d'insulina circulants permet l'increment de la producció hepàtica de glucosa mitjançant l'activació dels processos de glicogenòlisis i gluconeogènesis hepàtica.

Altres fenòmens essencials són el de l'estimulació d'una altra hormona pancreàtica, el glucagó. Aquesta hormona és produïda per les cèl·lules alfa pancreàtiques i es coneix que augmenta els seus nivells de forma espectacular quan els nivells d'insulina en sang decreixen.

El glucagó actua directament sobre les vies metabòliques encarregades de la producció hepàtica de glucosa, és a dir, de la glicogenòlisis i de la gluconeogènesis.

A aquests efectes cal afegir el d'un altre grup d'hormones anomenades de contrarregulació, com són catecolamines, cortisol i hormona de creixement les quals també actuen sobre el fetge donant lloc a l'increment de la producció de glucosa.

6. LA RESPOSTA METABÒLICA A L'EXERCICI

En la regulació glucèmica al llarg de l'exercici físic, un dels factors més determinants és la quantitat d'insulina circulant en el moment en què es realitza l'exercici físic.

Si l'exercici es realitza sota una correcta dosificació d'insulina, el resultat seria similar al de la persona no diabètica. En aquestes condicions, i quan l'exercici és moderat, la quantitat de glucosa produïda per l'organisme seria igual a la quantitat de glucosa consumida per l'activitat muscular.

D'altra banda, es deu evitar la pràctica d'exercici físic en situacions de dèficit important d'insulina, ja que en aquesta situació, la resposta a l'exercici pot produir una greu descompensació hiperglucèmica amb cetosis. La falta d'insulina indueix l'increment de la producció hepàtica de glucosa, la disminució de la utilització perifèrica de glucosa i una lipòlisis accelerada, que donaria lloc a un increment marcat de la glucèmia i de la producció d'àcids grassos lliures¹¹.

A la persona sense diabetis, l'activitat muscular és un important estímul per produir una disminució fisiològica de la producció d'insulina. En canvi, la persona amb diabetis ha d'imitar aquest fenomen corregint conscientment la seva dosi d'insulina prèvia a la pràctica d'exercici físic.

Un excés d'insulina, a més de disminuir els nivells de glucèmia, bloquejaria la producció hepàtica de glucosa incrementant així el risc de patir episodis d'hipoglucèmia¹², especialment els de caràcter greu.

Per aquest motiu és important disminuir les dosis d'insulina prèvies a la pràctica d'exercici físic i, en els casos d'exercici de llarga durada i moderada-alta intensitat, incrementar també la ingesta d'hidrats de carboni.

A més, és conegut que l'exercici incrementa el consum de glucosa, de forma independent a l'efecte de la insulina. Aquest efecte es pot mantenir fins i tot 12-16 hores després de finalitzar l'activitat i per tant, es deu tenir una especial atenció en prevenir les hipoglucèmies, no solament al llarg de la pràctica d'exercici sinó també a les hores posteriors¹³. No es deu oblidar que són especialment freqüents les hipoglucèmies nocturnes, especialment quan es realitzen exercicis de llarga durada i moderada o alta intensitat i quan l'exercici es practica al llarg de la tarda o vespre.

D'altra banda, alguns tipus d'exercici, practicats a molt alta intensitat, o altres que impliquen una important producció d'estrès (com per exemple, les competicions esportives) poden donar lloc a una major producció d'hormones contrarreguladores i, en conseqüència, un cert increment de la producció hepàtica de glucosa¹⁴⁻¹⁵.

7. EFECTE DE L'EXERCICI SOBRE LA CAPTACIÓ MUSCULAR DE GLUCOSA

De la mateixa manera que la insulina, l'exercici físic facilita l'entrada de glucosa a l'interior de les cèl·lules musculars gràcies a la captació de glucosa de la circulació mitjançant la proteïna transportadora GLUT4¹⁶. El treball muscular indueix la translocació dels GLUT4 des de l'interior cel·lular fins a la membrana plasmàtica. En aquests sentit, les senyals induïdes per l'activitat física són diferents a les produïdes per la insulina ja que, entre altres, a la contracció muscular no participa la IRS-1 ni la fosfatidilinositol 3-kinasa sinó que s'implica especialment la AMP-kinasa (AMPK).

La caracterització molecular dels transportadors de glucosa GLUT-4, el qual s'expressa específicament a cèl·lules del teixit muscular i adipós, ha aportat més informació sobre els mecanismes de captació de glucosa per exercici. La translocació del GLUT4 fins a la membrana cel·lular és un dels principals mecanismes de transport de glucosa al múscul i pot ser estimulat tant per la insulina com per l'exercici¹⁶⁻¹⁷.

Encara no es ben coneguda la funció d'altre tipus de transportador muscular, el GLUT-1, així com el paper de certs enzims com l'hexoquinasa i la glicògen-sintasa, fet que fa considerar la complexitat del sistema de transport de glucosa a les cèl·lules musculars. L'AMPK¹⁸ es converteix així en una important reguladora de gran nombre de processos metabòlics que succeeixen en resposta a l'exercici físic.

8. EXERCICI FÍSIC I DIABETIS TIPUS 1

Al llarg de la història alguns estudis han qüestionat la utilitat de l'exercici físic com a tractament en la diabetis tipus 1. Així com els treballs de Mosher et al.¹⁹ i Campaigne et al.²⁰ van trobar millores en els nivells d'hemoglobina glicosilada després de períodes de 12 setmanes d'exercici físic, altres estudis com els de Laaksonen et al²¹., Rowland²², Zinman et al²³ o Ramalho et al²⁴ no van trobar millores del control glucèmic en aplicar programes d'exercici de les mateixes característiques que els anteriors, fins i tot, incloent diferents tipus d'exercici físic.

La raó sembla residir en el fet de que, en el tractament del pacient amb diabetis tipus 1, s'ha d'imposar un equilibri entre els nombrosos factors que intervenen en la regulació de la glucèmia. És a dir, a diferència de la diabetis tipus 2, en la tipus 1 la resposta glucèmica a l'exercici no depèn principalment de les característiques de l'exercici sinó que és prioritari l'equilibri mantingut entre tots els factors implicats, com son:

- característiques de l'exercici: intensitat, durada, freqüència i tipus d'exercici.
- pauta d'insulina: tipus, unitats i temps des de la darrera injecció.
- alimentació: composició de l'alimentació, especialment dels hidrats de carboni.

És necessari combinar correctament tots aquests factors per tal d'aconseguir l'equilibri glucèmic, el qual, pot ser difícil d'assolir segons el tipus d'exercici realitzat o les pautes d'insulinització de cada pacient.

8.1. Preparació de l'exercici

Els pacients amb diabetis tipus 1 amb bon control glucèmic i que no pateixen complicacions estan capacitats per a practicar qualsevol tipus d'exercici físic²⁵. És important recollir dades de l'efecte de cada tipus d'exercici sobre la glucèmia i en conseqüència, aplicar estratègies en quan a la modificació de les dosis d'insulina i de la ingesta d'hidrats de carboni adaptades a cada cas.

El començament de qualsevol programa d'exercici físic es deu realitzar de forma confortable i progressiva. Cal recordar que l'exercici físic de moderada intensitat provoca suficients beneficis per a l'organisme, no sent necessari per tant exercicis d'alta intensitat. A més, en ocasions, aquells exercicis de molt alta intensitat poden provocar una important estimulació de les hormones contrarreguladores que podria donar lloc a hiperglucèmia.

S'aconsellarà iniciar cada sessió d'entrenament amb un escalfament previ²⁶, al llarg del qual s'incrementarà progressivament la intensitat de l'exercici. Aquest escalfament ha de tenir una durada d'uns 5 a 10 minuts. Tanmateix, després de l'exercici és

interessant realitzar un període de refredament o tornada a la calma, amb una reducció progressiva de la intensitat.

És essencial incrementar la freqüència d'autoanàlisis de glucèmia capil·lar en aquells pacients no iniciats en la pràctica d'exercici físic o també quan es realitzen exercicis als quals el pacient no està acostumat. L'objectiu és aconseguir la experiència i els coneixements suficients per a poder adaptar-se als canvis metabòlics que l'exercici provoca.

8.2. Estratègies per a la pràctica d'exercici

Per garantir un òptim control glucèmic associat a l'exercici físic s'ha de tenir en compte que en qualsevol cas, l'activitat muscular provocarà un increment del consum de glucosa i un augment de la seva utilització per les cèl·lules musculars.

Aquests dos principis han de ser tinguts en compte alhora de la pràctica d'activitat física, especialment per evitar la hipoglucèmia associada.

Davant la pràctica de qualsevol tipus d'exercici físic és aconsellable valorar la glucèmia prèvia. Cal remarcar que aquesta norma és aplicable no solament a activitats esportives sinó també a altres activitats més quotidianes però que també suposen un increment important del consum de glucosa respecte a l'activitat física habitual.

En aquest grup podríem incloure activitats com passejar a ritme elevat, fer desplaçament en bicicleta, tasques de jardineria o bricolatge o altres tasques de la llar. En aquests casos, el consum de glucosa no és excessivament elevat però sí suficient per a produir reduccions de la glucèmia. Les estratègies que es deuen aplicar davant la pràctica d'exercici físic per tal d'evitar complicacions són:

a) Control de glucèmia previ a l'exercici.

Segons els valors del control de glucèmia prèvia a l'activitat, les estratègies a realitzar han de ser diferents²⁷:

- glucèmia inferior a 100 mg/dl: prendre un suplement d'uns 10-20g d'hidrats de carboni abans de començar l'exercici.
- glucèmia entre 100 i 250 mg/dl: es pot començar l'exercici amb normalitat.
- glucèmia superior a 250 mg/dl: en aquest cas es deu comprovar la presència de cossos cetònics a l'orina. Si la cetona és positiva es deu evitar o retardar l'exercici fins que desaparegui la cetona en orina. Es recomana injectar insulina d'acció ràpida i tornar a verificar la glucèmia després d'unes dues hores.

Per a determinats tipus d'exercici, es recomanable iniciar l'activitat amb uns valors de glucèmia moderadament elevats. Així és el cas d'algunes competicions atlètiques de llarga distància o proves de ciclisme, ja que tenen un alt consum de glucosa i és recomanable iniciar l'exercici amb valors propers als 180-200mg/dl per evitar la hipoglucèmia al llarg dels primers minuts d'activitat²⁵.

b) Conèixer les característiques de l'exercici que es realitza.

- tipus d'exercici: els exercicis de naturalesa aeròbica com caminar, córrer, nedar, anar en bicicleta, patinatge o rem són els que tenen un major efecte hipoglucemiant. Contràriament, aquells exercicis que tenen un component anaeròbic com esprints, exercicis de lluita o altres que incloguin aixecaments de pesos importants poden produir l'estimulació adrenèrgica i en conseqüència, podrien ser lleugerament hiperglucemians.

De igual manera, els exercicis que es realitzen sota un ambient d'estrès emocional important, com a l'esport de competició, també podrien donar lloc a certs increments de glucèmia, en alguns casos de forma significativa.

- durada: al llarg dels primers 30'-90 minuts d'exercici realitzat a moderada-alta intensitat el glicogen, muscular i hepàtic, es converteix en el principal combustible muscular. A partir d'aquest moment, les reserves de glicogen comencen a buidar-se i llavors el múscul inicia el procés d'obtenció d'energia a partir de greixos de reserva.

- intensitat: el glicogen muscular és el combustible d'elecció de les cèl·lules musculars quan es realitzen exercicis d'intensitat moderada o alta. A intensitats baixes, la font principal d'energia són els àcids grassos. Per tant, en realitzar exercicis de baixa intensitat, com passejar, el consum de glucosa és molt baix, tenint poc efecte sobre els valors de glucèmia. En canvi, els exercicis realitzats a alta intensitat, com córrer, tenen un alt consum de glucosa i un important impacte sobre els nivells de glucèmia.

- freqüència: com ja es sap, l'efecte hipoglucemiant de l'exercici pot mantenir-se fins a les 12-16 hores posteriors però, a més, aquest efecte s'incrementa en durada i intensitat quan s'acumulen dies consecutius de pràctica d'exercici físic.

- horari: es precís tenir en compte el moment del dia en que es realitza l'exercici doncs això implica diferents nivells d'insulina actuant i, per tant, més o menys tendència a desenvolupar hipoglucèmies al llarg de l'exercici.

c) Disminuir la dosi d'insulina prèvia a l'exercici.

En la majoria dels casos, l'exercici físic obliga a modificar la pauta d'insulina habitual com a mesura necessària per evitar la hipoglucèmia. Aquesta és una de les complicacions agudes més freqüents associada a l'exercici, i ja va ser descrita des de les primeres insulinitzacions de pacients amb diabetis²⁸. En aquests sentit cal advertir que la hipoglucèmia al llarg de l'exercici és un dels principals factors que dificulten la pràctica d'exercici físic, especialment en infants i adolescents²⁹.

La disminució d'insulina prèvia a l'exercici no serà necessària en el cas d'exercicis de menys de 30 minuts de durada, doncs en aquests casos la hipoglucèmia es podrà evitar solament amb un increment del consum de hidrats de carboni.

Davant la realització d'exercicis d'una durada superior a 30 minuts es deu considerar la reducció de les dosis d'insulina, sempre segons la durada i la intensitat de cada exercici.

Actualment, poden ser de poca ajuda algunes guies que, en aquests sentit, informen sobre la reducció d'insulina per exercici, ja que es van realitzar tenint en compte pacients tractats amb insulines humanes i no amb anàlegs de curta i llarga durada²⁵.

Seguidament es proposen les recomanacions del treball de Rabasa-Lhoret et al³⁰ utilitzant anàlegs d'insulina, segons intensitat i tipus d'exercici.

Percentatge de reducció d'insulina ràpida prèvia a l'exercici segons la intensitat i la durada de l'exercici.

INTENSITAT L'EXERCICI (%VO _{2max})	DE	30 minuts	60 minuts
25 / lleuger		25	50
50 / moderat		50	75
75 / intens		75	100*

* per determinats exercicis de llarga durada i alta intensitat pot ser necessari eliminar la insulina d'acció ràpida prèvia a l'exercici

d) Precaució quan l'exercici coincideix amb la màxima acció de la insulina.

Es deu tenir en compte quina és la farmacodinàmica de la insulina que s'utilitza a cada moment. Si l'exercici es practica just en el moment de màxim efecte d'una determinada insulina, s'incrementen les possibilitats de patir un episodi d'hipoglucèmia, ja que es sumen els efectes hipoglucèmians de la insulina i de l'exercici físic. Això no hauria

d'impedir realitzar l'exercici però si seria important adoptar les corresponents mesures preventives.

Cal tenir especial vigilància quan es fan servir barreges d'insulina prefixades, ja que donen lloc a dos pics d'acció màxima, un per la insulina ràpida i un altre per la retardada.

Com a norma general es recomanarà realitzar l'exercici físic preferentment 2-3 hores després dels àpats ja que teòricament l'efecte de les insulines d'acció ràpida és molt més baix i així es disminueix el risc d'hipoglucèmies.

e) zones d'injecció de la insulina.

A partir dels estudis realitzats per Koivisto et al³¹ l'any 1978, es va consolidar el consell d'evitar injectar la insulina a zones que tinguin una activitat muscular important, amb l'objectiu d'evitar la hipoglucèmia ocasionada per un increment de la velocitat d'absorció de la insulina. Així, l'activitat muscular incrementaria la velocitat d'absorció de la insulina injectada en aquella zona però mai no es va poder demostrar que aquest efecte fos causat per l'increment de la circulació subcutània³² ni la seva relació directa amb la presència d'hipoglucèmies al llarg de l'exercici.

Per aquest motiu, aquesta recomanació es troba actualment sota debat. L'estímul de l'exercici només és un més dels diferents factors que afecten a la velocitat d'absorció de la insulina i sembla ser que la seva repercussió clínica es força baixa³³.

Posteriorment s'ha comprovat que aquest increment no és gaire significatiu, més encara, després de l'aparició dels anàlegs d'insulina. Actualment les recomanacions s'encaminen a no variar les zones d'injecció abans de l'activitat física incidint més sobre els canvis en les dosis d'insulina.

Si és important recomanar evitar la injecció intramuscular, molt sovint realitzada de forma involuntària degut a una incorrecta tècnica d'injecció³⁴. Aquest fet provoca un increment del risc d'hipoglucèmia per un augment significatiu de la velocitat d'absorció de la insulina. En aquest sentit caldrà tenir especial vigilància en aquells atletes que tenen un baix percentatge de greix corporal, als quals se'ls pot recomanar fins i tot punxar en angle de 45° o millor, fer servir agulles de 5-6 mm.

f) prendre un suplement amb hidrats de carboni.

En alguns casos, davant la pràctica de determinats exercicis, no és suficient amb una reducció de les dosis d'insulina prèvies a l'exercici i és precís incrementar també el consum d'hidrats de carboni per evitar la hipoglucèmia. Aquests és el cas dels

exercicis de llarga durada (> 60-90 minuts) o aquells no planificats, pels quals no és possible reduir les dosis d'insulina prèvies a l'exercici.

Aquests suplementes deuran aportar entre uns 10 i 30g d'hidrats de carboni segons la següent pauta³⁵:

INTENSITAT DE L'EXERCICI (%VO₂MAX)	<20 minuts	20-60 minuts	>60 minuts
25 / lleuger	0-10g	10-20g	15-30g/h
50 / moderat	10-20g	20-60g	20-100g/h
75 / intens	0-30g	30-100g	30-100g/h

A continuació s'ofereix informació sobre el contingut d'hidrats de carboni d'alguns dels aliments més habituals que es poden consumir al llarg de la pràctica d'exercici físic:

ALIMENT	PORCIÓ	HIDRATS DE CARBONI (G)	PERCENTATGE HIDRATS DE CARBONI
Begudes isotòniques			
Isostar®	200ml	14	7
Gatorade®	200ml	12	6
Aquarius®	200ml	12	6
Powerade®	200ml	13	6.5
Altres begudes			
Begudes refrescants	200ml	20	10
Sucs de fruites comercials	200ml	24	12
Redbull®	200ml	22	11.2
Altres aliments			
Taronja	Unitat mitjana, 130g	10	8
Poma	Unitat mitjana, 130g	12	9
Plàtan	Unitat petita, 80g	16	20
Galetes tipus Maria	3 unitats, 21g	13	63

Pa	1 llesca gran, 30g	14	47
Pastilles de glucosa	2 unitats, 10g	10	99.5
Barretes energètiques	1 unitat, 25g	15	60

g) Prevenir la hipoglucèmia post-exercici.

Com ja s'ha explicat anteriorment, l'exercici incrementa les necessitats de glucosa fins i tot a les 12-16 hores posteriors a l'activitat. En aquest fenomen participen d'una part l'increment de la permeabilitat de les cèl·lules musculars a la glucosa i d'altre la necessitat de reomplir els dipòsits de glicogen, musculars i hepàtics. Com a resultat, s'incrementa el risc d'aparició d'episodis d'hipoglucèmia, el qual ha de ser previngut introduint canvis en l'alimentació i en la pauta insulínica.

Així, un cop finalitzat l'exercici és recomanable realitzar una glucèmia i valorar la necessitat de prendre aliments amb hidrats de carboni segons els resultats obtinguts:

- glucèmia inferior a 120mg/dl: prendre un suplement d'uns 15-20g d'hidrats de carboni.
- Glucèmia entre 120 i 200mg/dl: no es sol requerir suplementació.
- Glucèmia superior a 200mg/dl: no requereix suplement amb hidrats de carboni i és possible afegir alguna unitat d'insulina d'acció ràpida.

Aquest efecte hipoglucemiant post-exercici és més important segons sigui la intensitat i la durada de l'activitat i fa que en exercicis de molt llarga durada com raids de muntanya o algunes proves ciclistes o atlètiques l'efecte hipoglucemiant pot persistir fins 24-30 hores després de finalitzada l'activitat.

A més, per prevenir la hipoglucèmia post-exercici és necessari compensar aquest consum de glucosa extra post-exercici també amb una disminució de les dosis d'insulina posteriors a l'exercici. Aquesta reducció també dependrà de les condicions de l'activitat, com intensitat, durada i tipus d'exercici, i la quantitat a reduir haurà de ser individualitzada tenint en compte la experiència obtinguda en els controls de glucèmia a les hores posteriors a cada tipus d'activitat.

Cal advertir que aquest efecte hipoglucemiant post-exercici és més important al llarg dels primers 60-90 posteriors a l'exercici i que es manté contant fins a les 6-12h posteriors³⁶.

6.3. Adaptació a diferents tipus d'exercici físic.

a) exercicis curts i d'alta intensitat

Són exemples d'aquest tipus d'exercici les proves de natació o atletisme de curta durada (100 o 200m entre altres), els esports de combat i aquells que inclouen treball de força muscular (culturisme o aixecament de pesos).

En aquests exercicis el consum muscular de glucosa no és gaire elevat, ja que són de curta durada, però degut a la elevada intensitat es produeix una alta estimulació adrenèrgica, amb la conseqüent producció hepàtica de glucosa.

Per aquests tipus d'exercici no és necessari realitzar cap adaptació dels tractaments. Només es deu comprovar la glucèmia abans de l'exercici i suplementar amb hidrats de carboni si la glucèmia és inferior a 100mg/dl.

b) exercicis curts d'intensitat moderada o baixa

Es tracta d'exercicis com caminar o passejar en bicicleta, nedar o balls lents que no superin els 30 a 45 minuts de durada.

En aquests casos, donat que són exercicis de baixa intensitat el consum de glucosa total és baix. Els exercicis de baixa intensitat utilitzen els greixos com a principal font energètica, amb una baixa utilització de la glucosa muscular o plasmàtica. Per tant és tracta d'exercicis amb un baix potencial hipoglucemiant.

En qualsevol cas, s'aconsella també realitzar un control de glucèmia previ a l'exercici i prendre un suplement d'uns 10-15g d'hidrats de carboni si la glucèmia abans de l'activitat és inferior a 100mg/dl.

c) exercicis de llarga durada.

Solen ser exercicis que es realitzen a diferents intensitats al llarg de varies hores, com la marató, el muntanyisme o el ciclisme.

El consum energètic i de glucosa resultant és molt elevat i per tant, aquests són exercicis amb un alt poder hipoglucemiant i que també donen lloc a un increment del risc d'hipoglucèmies post-exercici.

Davant aquests exercicis les estratègies a seguir són les següents:

- disminuir les dosis d'insulina prèvia a l'exercici en un 25-50%.
- disminuir les dosis d'insulina ràpida posterior a l'exercici i de la insulina retardada posterior (en un 10-20%).
- Prendre suplementes d'hidrats de carboni al llarg de l'exercici. Aquests suplementes s'hauran de fraccionar al llarg de l'exercici tenint en compte els valors obtinguts als controls de glucèmia.

Si l'exercici es realitza a intensitat baixa aquests suplementes seran de 10-15g per cada 30' d'activitat, si la intensitat és moderada de 15-20g per cada 30' i si la intensitat és elevada de 25-35g per cada 30'.

Cal tenir en compte que l'entrenament també afecta al consum de glucosa al llarg de l'exercici. Així un millor estat de forma significaria un menor consum de glucosa per a un mateix tipus d'exercici, ja que l'adaptació a l'exercici dona lloc a un menor utilització de glicogen i augment del consum de greixos com a combustible muscular.

d) esports d'equip

Per aquests tipus d'esport és més difícil establir quin serà el consum de glucosa ja que pot variar considerablement depenent d'altres factors, com per exemple, la posició dintre de l'equip, les condicions del joc o fins i tot, del resultat.

Com a norma bàsica, es deu realitzar una glucèmia abans del partit i suplementar amb uns 10-20g d'hidrats de carboni per cada 30' d'exercici i una disminució de la insulina ràpida prèvia a l'exercici d'un 10-20%.

Per a més seguretat s'aconsella comprovar la glucèmia al final del partit i en alguns casos, en els descansos del joc si aquest ho permet.

e) exercici no planificat

L'exercici no planificat fa impossible la modificació de les dosis d'insulina prèvies a l'activitat. En aquests casos, cal considerar si aquest exercici es realitza justament després dels àpats i per tant, sota la influència d'insulina d'acció ràpida o més de 3-4 hores després dels àpats, llavors sense aquest efecte insulínic.

A efectes pràctics, si l'exercici es realitza justament després dels àpats, caldrà prevenir la hipoglucèmia amb una dosi inicial d'hidrats de carboni uns 10-30g per compensar l'efecte de la insulina ja injectada, i després prendre suplementes d'hidrats de carboni al llarg de l'activitat (veure apartat 8g).

En canvi, si l'exercici es practica passades 3-4 hores de les injeccions d'insulina ràpida, els nivells d'insulinèmia seran baixos i llavors, només caldrà prendre aliments amb hidrats de carboni (veure apartat 8g).

9. EXERCICI AMB INFUSORS SUBCUTANIS CONTINUS D'INSULINA (ISCI)

La utilització d'ISCI ofereix algunes importants avantatges en relació al tractament convencional. D'una banda, s'obté una menor variabilitat en els nivells d'insulina circulant i d'altre, permet una gran nombre de possibilitats d'adaptació, hora a hora, de

la pauta insulínica, permetent evitar realitzar exercici físic en situació d'hiperinsulinèmia.

L'exercici físic amb ISCI es pot plantejar seguint estratègies diferents, segons l'infusor estigui connectat o desconnectat.

- infusor desconnectat: alguns esportistes trien aquesta opció per una major comoditat o per modalitats esportives a les quals l'aparell infusor pot patir danys. Aquesta estratègia només és vàlida per temps màxim d'una a dues hores i per aquells exercicis que tinguin un elevat consum de glucosa com per a permetre mantenir els nivells de glucèmia estables.

- infusor connectat: les estratègies a seguir depenen, com quan la insulina s'administra amb injeccions, de les característiques i del moment del dia en que es realitza l'exercici. Però, a més, l'ISCI dona la possibilitat d'evitar incrementar el consum d'hidrats de carboni, ja que es pot reduir directament la infusió d'insulina, ja sigui de la infusió basal o d'un bolus. Així, l'exercici practicat durant les 2-3h posteriors de l'administració d'un bolus implicarà la reducció d'aquest mateix bolus i també de la dosi basal. En canvi, l'exercici realitzat més de 3h després de l'administració d'un bolus només requerirà la reducció de la infusió basal.

Cal recordar que en el cas d'utilitzar anàlegs d'insulina de curta durada, aquesta reducció haurà de realitzar-se uns 60-90 minuts abans de l'activitat per tal de fer coincidir la reducció insulínica amb el moment de l'exercici.

En el cas d'exercici no previst, les reduccions d'insulina tindran efecte quan ja passarien uns 60-90 minuts d'activitat i per tant, també s'haurien d'aportar hidrats de carboni extres pels primers minuts d'activitat.

Fins al moment, els ISCI ofereixen algunes limitacions a la pràctica esportiva que cal considerar. Només alguns dels ISCI actuals permeten la realització d'esports aquàtics, ja que teòricament son resistents a l'aigua. En qualsevol cas és prudent la tècnica de desconnexió o utilitzar una funda de protecció. La sudoració pot donar certs problemes en la fixació del catèter d'infusió i les temperatures extremes podrien produir degradació de la insulina del dipòsit de l'ISCI. Els esports de contacte i la majoria d'esports d'equip poden danyar l'infusor o donar molèsties a l'usuari.

10. EXERCICI I DIABETIS TIPUS 2.

En la gran majoria dels cassos de diabetis tipus 2, l'alteració principal resideix a l'acció de la insulina sobre els teixits, definida com resistència a la insulina. Aquesta alteració

es manifesta a través d'un excés en la producció d'insulina (hiperinsulinèmia) i defectes en la tolerància a la glucosa. L'exercici ha demostrat notables qualitats en la prevenció i tractament d'aquest defecte.

L'entrenament físic ha estat proposat com un factor d'intervenció per a la prevenció i tractament de la diabetis tipus 2 i de la intolerància a la glucosa. La bibliografia actual aporta evidències que demostren que l'entrenament físic pot ajudar a la pèrdua de pes en persones amb sobrepès així com a la millora de l'acció de la insulina sobre els teixits perifèrica i la disminució del risc metabòlic. S'ha demostrat que un programa d'entrenament físic incrementa la oxidació de lípids i la mobilització dels dipòsits de glicogen muscular i hepàtic, millorant així l'acció de la insulina sobre els teixits. D'altra banda, l'entrenament moderat s'ha senyalat com una eina terapèutica associada a la millora de la resistència a la insulina, reduint la hiperglucèmia postprandial i obtenint millores del control glucèmic d'entre 0.5 i 1 punts.

D'altra banda, als darrers anys son nombrosos els estudis que relacionen la pràctica d'exercici de força muscular amb millores metabòliques a pacients amb DM2³⁷. Aquest tipus d'exercici neix davant la necessitat de molts pacients amb obesitat, en els quals, la falta de mobilitat no els fa capaç d'aconseguir el volum i la intensitat d'entrenament aeròbic necessaris per ser efectiu³⁸⁻³⁹. L'exercici de força muscular permet aplicar un entrenament de més alta intensitat i alhora específic per cadascun dels grups musculars, aconseguint un alt seguiment en aquest tipus de pacients.

Els protocols seguits als estudis d'investigació⁴⁰ prescriuen exercicis realitzats tant amb màquines o pesos lliures, amb una freqüència d'uns 3 dies setmanals no consecutius, amb intensitats variables i durada de 4 setmanes a 1 any.

Es produeixen millores en els valors d'HbA1c, especialment quan els valors inicials es troben per sobre del 8%, observant millores del 0.6% quan s'apliquen programes amb intensitat moderada-alta.

11. EXERCICI I COMPLICACIONS DE LA DIABETIS

La valoració prèvia a l'inici d'un programa d'exercici redueix els riscos associats²⁷. Els pacients diabètics joves o de mitjana edat amb bon control metabòlic i sense complicacions poden iniciar-se o mantenir qualsevol tipus d'activitat. En pacients d'edat avançada o amb complicacions de la diabetis es deu prescriure un tipus d'exercici adaptat a les seves característiques.

L'examen previ a l'activitat ha d'incloure la valoració d'aquells òrgans susceptibles de patir complicacions, com ulls, ronyons, peus, cor o sistema nerviós.

Es recomana una valoració cardiovascular (si és possible que inclogui una prova d'esforç) en els següents cassos:

- Majors de 35 anys i:
 - a) Diabetis tipus 2 de més de 10 anys d'evolució
 - b) Diabetis tipus 1 de més de 15 anys d'evolució
- Presència d'algun altre factor de risc d'arteriopatia coronaria
- Presència de malaltia microvascular (retinopatia proliferativa o nefropatia, incloent microalbuminuria).
- Malaltia vascular perifèrica
- Neuropatia de l'autònom

La durada de cada sessió d'exercici serà d'entre 45 i 60 minuts, realitzant de 3 a 5 sessions setmanal. Es recomana realitzar l'exercici a diari, per evitar variacions glucèmiques entre els dies amb o sense activitat.

Com a norma es recomanarà mantenir l'exercici físic a intensitat moderada, aproximadament al 60-80% de la freqüència cardíaca màxima.

La presència de complicacions de la diabetis mereix una sèrie de precaucions en el moment de realitzar la prescripció de l'exercici.

a) Peu diabètic (neuropatia i vasculopatia perifèrica)

Es deuen evitar aquells exercicis que ocasionen impactes repetidament a les extremitats inferiors (per exemple, caminar, córrer o saltar) doncs podria donar lloc a ulceracions, infeccions o ampollas que incrementen El risc d'amputació. Per tant, es deuen recomanar altres exercicis amb menor impacte osteo-articular com natació, bicicleta o exercicis gimnàstics que mobilitzin el tren superior. S'aconsellarà revisar el material utilitzat, mantenint la higiene del peu i prestar especial atenció a l'estat del calçat.

b) Retinopatia i nefropatia

Els graus avançats de nefropatia i retinopatia requereixen controls especials abans de l'inici d'un programa d'exercici físic. Es deuen evitar aquells exercicis que impliquin increments de la pressió intratoràcica (com la maniobra de Valsalva) o altres exercicis realitzats a alta intensitat. Aquests tipus d'exercici podrien accelerar la progressió de la malaltia, incrementant el risc de despreniment de retina o hemorràgia vítria. Es preferible recomanar exercicis de baixa o moderada intensitat, practicats en sessions de llarga durada (preferiblement de més d'una hora). A més, es deuran evitar esports

de contacte, com boxa o arts marçials, pel perill d'impacte sobre la retina. Aquesta recomanació deu ser especialment seguida si la retinopatia existent es troba ja en estat avançat.

c) Complicacions cardiovasculars

Representen una important limitació en la prescripció d'exercici físic, ja que s'associa a un increment de la freqüència d'alteracions del ritme cardíac, ortostatisme, dificultat en la termoregulació o alteracions gastrointestinals. Per això, es recomana un estudi cardiovascular previ i realitzar una prescripció que eviti exercicis d'intensitat elevada o aquells en els que s'utilitzen pesos elevats.

En el cas de neuropatia de l'autònom o quan es segueix tractament amb β -bloquejants, no es deu basar la prescripció en la mesura de la freqüència cardíaca per a valorar la intensitat de l'esforç. En aquests casos la resposta cardíaca a l'exercici es troba alterada i per tant, la prescripció de l'exercici es deu realitzar seguint la sensació subjectiva que l'esforç produeix.

BIBLIOGRAFIA

1. Sjostrom M, Oja P, Hangstromer M, Smith BJ, Bauman A. Health-enhancing physical activity across European Union countries: the Eurobarometer study. *J Public Health* (2006) 14: 291–300.
2. Tuomilehto J, Lindstrom J, Eriksson JIG, Valle TT, Hamalainen H, Ilanne-Parikka P et al. The Finnish Diabetes Prevention Study Group: Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. *N Engl J Med*, 2001; 344:1343-1350.
3. Laaksonen DE, Lindstrom J, Lakka TA, Eriksson JG, Niskanen L, Wikstrom K, et al. Finnish Diabetes Prevention Study. Physical activity in the prevention of type 2 diabetes: The Finnish diabetes prevention study. *Diabetes*, 2005;54:154-165.
4. Knowler WC, Barrett-Connor E, Fowler SE, Hamman RF, Lachin JM, Walker EA et al. Diabetes Prevention Program Research Group. Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *N Engl J Med*, 2002; 346:393-403.
5. XR. Pan, GW. Li, YH. Hu et al (1997). Effects of diet and exercise in preventing NIDDM in people with impaired glucose tolerance: The DaQing IGT and Diabetes Study. *Diabetes Care* 20:537-44.
6. Wasserman DH. Control of glucose fluxes during exercise in the postabsorptive state. A: *Annual Review of Physiology*. Palo Alto, CA: Annual Reviews; 1995; 191-195.
7. Zinker BA, Bracy D, Lacy DB, Jacobs J, Wasserman DH. Regulation of glucose uptake and metabolism during exercise: an in vivo analyses. *Diabetes*, 1993;42:956-965.
8. Horowitz JF, Klein S. Lipid metabolism during endurance exercise. *Am J Clin Nutr*, 2000; 72 (Suppl):558S-563S.
9. Hirsch IB, Marker JC, Smith LJ, Spina R, Parvin CA, Cryer PE. Insulin and glucagon in the prevention of hypoglycemia during exercise in humans. *Am J Physiol*, 1991; 260:E695-E704.
10. Sigal RJ, Fisher SF, Halter JB, Vranic M, Marliss EB. The roles of catecholamines in gluco-regulation in intense exercise as defined by the islet cell technique. *Diabetes*, 1995; 45:148-156.
11. Wasserman DH, Zinman B. Exercise in individuals with IDDM (Technical review) *Diabetes Care*, 1994; 17:924-937.
12. Camacho RC, Galassetti P, Davis SN, Wasserman DH. Gluco-regulation during and after exercise in health and insulin-dependent diabetes. *Exerc Sport Sci Rev*. 2005 Jan;33(1):17-23
13. Hernández JM, Moccia T, Fluckey JD, Ulbrecht JS, Farrell PA. Fluid snacks to avoid late onset post exercise hypoglycemia. *Med Sci Sports Exerc*, 2000; 32:904-919.
14. Marliss EB, Purdon C, Halter JB, Sigal RJ, Vranic M: *Glucoregulation during and after intense exercise in control and diabetic subjects*. London, Smith-Gordon, 1992.
15. Kjaer M, Engfred K, Fernández A, Secher N, Galbo H: regulation of hepatic glucose production during exercise in humans: role of sympathoadrenergic activity. *Am J Physiol* 265:E275-83,1993
16. Kennedy JW, Hirshman MF, Gervino EV, et al. Acute exercise induces GLUT-4 translocation in skeletal muscle of normal human subjects and subjects with type 2 diabetes. *Diabetes* 1999;48:1192-1197.
17. Zisman A, Peroni OD, Abel ED, Michael MD, Mauvais-Jarvis F, Lowell BB et al. Targeted disruption of the glucose transporter 4 selectively in

- muscle causes insulin resistance and glucose intolerance. *Nat Med*, 2000; 6:924-928.
18. Fujii N, Aschenbach WG, Musi N, Hirshman MF, Goodyear LJ. Regulation of glucose transport by the AMP-activated protein kinase. *Proc Nutr Soc*, 2004; (Review) 63:205-210.
 19. PE Mosher , MS Nash, AC Perry, AR La Pierriere, BB Goldberg. Aerobic circuit training: effects on aolescents with well-controlled insulin-dependent diabetes mellitus, *Arch Phys Med Rehabil*, 79(1998) 652-657.
 20. BN Campaigne, TB Gilliam, ML Spencer, RM Lampman, MA Stork. Effects of a physical activity program on metabolic control and cardiovascular fitness in children with insulin-dependent diabetes mellitus. *Diabetes Care* 7(1984) 57-62.
 21. DE Laaksonen, M Attala, LK Insane, J Mundstone, CK Sen, TA Lake. Aerobic exercise and the lipid profile in type-1 diabetic men: a randomized controlled trial, *Med Sci Sports Exerc*. 32(2000)1541-1548.
 22. T Rowland. Physical fitness in children: implications for the prevention of coronary artery disease, *Curr Prob Pediatr* 11(1981) 1-5.
 23. B Zinman, S Zuñiga-Guajardo, D Kelly. Comparison of the acute and long-term effects of exercise on glucose control in type-1 diabetes. *Diabetes Care* 7(1984) 515-519.
 24. AC Ramalho, ML Lima, F Nunes, Z Cambuí, C Barbosa, A Andrade. The effect of resistance versus aerobic training on metabolic control in patients with type-1 diabetes mellitus. *Diab Res Clin Pract* 72(2006) 271-276.
 25. N Rudermann, JT Devlin, *Handbook of Exercise in Diabetes*. Alexandria, VA: American Diabetes Association, 2002.
 26. American College of Sports Medicine: *Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Philadelphia, Lippincott Williams and Wilkins, 2000.
 27. American Diabetes Association. Diabetes mellitus and exercise: position statement. *Diabetes Care* 1997;20:1908-1912.
 28. Lawrence RD: The effect of exercise on insulin action in diabetes. *Br Med J* 1:648-50, 1926.
 29. AS Brazeau , R Rabasa-Lhoret , I Strychar , H Mircescu . Barriers to physical activity among patients with type 1 diabetes. *Diabetes Care* 2008 31(11):2108-9.
 30. R Rabasa-Lhoret, J Bourque, F Ducros, JL Chiasson. Guidelines for premeal insulin dose reduction for postprandial exercise of different intensities and durations in type 1 diabetic subjects treated intensively with a basal-bolus insulin regimen (Ultralente-lispro). *Diabetes Care* 2001;24:625-630.
 31. Koivisto VA, Felig P. Effects of leg exercise on insulin absorption in diabetic patients. *N Engl J Med*. 1978;12;298(2):79-83.
 32. Ferrannini E, Linde B, Faber O. Effect of bicycle exercise on insulin absorption and subcutaneous blood flow in the normal subject. *Clin Physiol*. 1982 Feb;2(1):59-70.
 33. EW Braak, JR Woodworth, R Bianchi et al. Injection site effects on the pharmacokinetics and glucodynamics of insulin lispro and resular insulin. *Diabet Care* 1996;19(12):1437-1440.
 34. Frid A, Ostman J, Linde B. Hypoglycemia risk during exercise after intramuscular injection of insulin in the thigh in IDDM. *Diabetes Care* 1990;13:473-477.
 35. Nagi D (2006) *Exercise and Sport in Diabetes*. Wiley & Sons Ltd. Chichester, England

36. McMahon SK, Ferreira LD, Ratnam N, Davey RJ, Youngs LM, Davis EA, Fournier PA, Jones TW. Glucose requirements to maintain euglycemia after moderate-intensity afternoon exercise in adolescents with type 1 diabetes are increased in a biphasic manner. *J Clin Endocrinol Metab.* 2007;92(3):963-8
37. J Snowling, W Hopkins. Effects of different modes of exercise training on glucose control and risk factors for complication in type 2 diabetic patients. *Diabetes Care* 29:2518-2527, 2006.
38. F. Dela and M. Kjaer, Resistance training, insulin sensitivity and muscle function in the elderly, *Essays Biochem.* 42 (2006), pp. 75–88
39. K.A. Willey and M.A.F. Singh, Battling insulin resistance in elderly obese people with type 2 diabetes: bring on the heavy weights, *Diabetes Care* 26 (5) (2003), pp. 1580–1588
40. Gordon BA, Benson AC, Bird SR, Fraser SF. Resistance training improves metabolic health in type 2 diabetes: a systematic review. *Diabetes Res Clin Pract.* 2009;83(2):157-75