



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI MEDICINA

Corso di Laurea Magistrale in Scienze e Tecniche dell'attività Motoria Preventiva e
Adattata

Tesi di Laurea

**EFFETTI DELLO SPORT NEI PAZIENTI AFFETTI DA DIABETE
MELLITO DI TIPO 1**

Relatore: *Daniele Donà*

Laureando: *Filippo Nin*

ANNO ACCADEMICO 2021/2022

INDICE

<i>Riassunto</i>	1
------------------------	---

CAPITOLO 1

CHE COS'É IL DIABETE

1. Diabete mellito di tipo 1.....	3
2. Epidemiologia del diabete di tipo 1.....	7
3. Diabete mellito di tipo 2.....	11
4. Complicanze.....	13

CAPITOLO 2

STRATEGIE D'INTERVENTO PER UN CORRETTO STILE DI VITA

1. La terapia insulinica.....	17
2. La gestione della malattia nelle varie fasce d'età.....	19
3. Regolazione dei pasti.....	23

CAPITOLO 3

SPORT E ATTIVITÀ FISICA NEI SOGGETTI AFFETTI DA DIABETE MELLITO DI TIPO 1

1. L'attività fisica: parte fondamentale della terapia del diabete di tipo 1.....	26
2. <i>High Intensity Interval Training</i> : una strategia di allenamento nei i soggetti con diabete di tipo 1.....	31
<i>Conclusioni</i>	34
<i>Bibliografia</i>	35

RIASSUNTO

Al giorno d'oggi, grazie alle evoluzioni nel campo della medicina e della tecnologia, abbiamo un quadro abbastanza delineato per quanto riguarda la conoscenza e il conseguente controllo del diabete di tipo 1. Tuttavia, la causa, o le cause specifiche del perché questa malattia si scateni in determinate circostanze e in determinati soggetti sono ancora sconosciute. Nonostante ciò, sappiamo con certezza che alla base della malattia ci sia un "sabotaggio" da parte del sistema immunitario nei confronti delle cellule che producono insulina: la patologia si manifesta infatti con la presenza nel sangue di anticorpi diretti contro antigeni presenti a livello delle cellule che producono l'insulina. È per questo motivo che il diabete di tipo 1 viene classificato tra le malattie cosiddette autoimmuni, caratterizzate cioè da una reazione del sistema immunitario contro l'organismo stesso.

È una patologia che colpisce prevalentemente bambini e adolescenti e infatti, per questa ragione, fino a poco tempo fa veniva chiamata diabete infantile. La presenza di questa malattia fin da un'età precoce, comporta una maturazione e una presa di coscienza di sé e della propria condizione prematura rispetto all'età effettiva del soggetto: il bambino o l'adolescente deve imparare quanto prima, con l'aiuto dei genitori, del medico e di tutte quelle figure come maestri o allenatori, a conoscere la malattia, l'alimentazione, la terapia impostata e quindi l'autocontrollo della glicemia.

In questa tesi, partendo dalla descrizione della malattia e la sua epidemiologia, ho voluto concentrarmi sugli effetti che l'esercizio fisico e lo sport hanno sui soggetti colpiti da questa patologia. Al contrario di quanto si possa pensare, l'attività fisica per i diabetici non è solo fortemente consigliata, ma è proprio parte integrante della terapia perché induce modifiche positive del metabolismo, del sistema cardiocircolatorio, delle funzioni ormonali e del sistema nervoso. Può inoltre contribuire a mantenere bassi i valori della glicemia determinando un miglior utilizzo del glucosio e abbassando i livelli di grassi (colesterolo e trigliceridi) nel sangue. Oltre a questo, aumenta il senso di benessere e di sicurezza, riduce i livelli di ansia e di depressione, accresce la fiducia in sé stessi e la sensazione di "potenza" nei confronti del diabete.

ABSTRACT

Nowadays, thanks to the evolutions in medicine and technology, we have a fairly outlined picture regarding the knowledge and the consequent control of type 1 diabetes. However, the specific cause or causes of why this disease unleashes under certain circumstances and in particular individuals are still unknown. Nevertheless, we know with certainty that at the base of the disease, there is a "sabotage" by the immune system against the cells that produce insulin: the pathology is manifested by the presence in the blood of antibodies directed against antigens present in the cells that produce insulin. For this reason, that type 1 diabetes is classified among the so-called autoimmune diseases, i.e. characterized by a reaction of the immune system against the organism itself.

It is a disease that mainly affects children and adolescents, and, for this reason, until recently, it was called childhood diabetes. The presence of this disease from an early age leads to premature maturation and awareness of oneself and one's condition compared to the actual age of the subject: the child or adolescent must learn as soon as possible, with the help of parents, the doctor and all those figures such as teachers or coaches, to know the disease, nutrition, the therapy set and therefore self-monitoring of blood sugar.

In this thesis, starting from the description of the disease and its epidemiology, I would like to focus on the effects that physical exercise and sport have on subjects affected by this pathology. Contrary to what one might think, physical activity for diabetics is not only strongly recommended, but it is an integral part of the therapy because it induces positive changes in the metabolism, the cardiovascular system, hormonal functions and the nervous system. It can also help keep blood sugar levels low by making better use of glucose and lowering fat levels (cholesterol and triglycerides) in the blood. In addition, it increases the sense of well-being and security, reduces anxiety and depression levels, and increases self-confidence and the feeling of "power" towards diabetes.

CAPITOLO 1

CHE COS'È IL DIABETE?

1. Diabete mellito di tipo 1

Il diabete è una malattia cronica caratterizzata dalla presenza di alti livelli di glucosio nel sangue, condizione chiamata iperglicemia, dovuta a un'alterata quantità o funzione dell'insulina. L'insulina è l'ormone prodotto dal pancreas che consente al glucosio l'ingresso nelle cellule e il suo conseguente utilizzo come fonte di energia. Quando questo meccanismo è alterato, il glucosio si accumula nel circolo sanguigno, creando appunto una condizione di iperglicemia¹.

Ad oggi la medicina distingue due principali tipologie di diabete: il diabete mellito di tipo 1 e il diabete mellito di tipo 2. La sostanziale differenza tra le due consiste nel fatto che nel primo caso il pancreas non produce insulina a causa della distruzione delle cellule beta che producono questo ormone; nel secondo caso, invece, il pancreas produce l'insulina, ma le cellule dell'organismo non sono in grado di utilizzarla.

Il diabete di tipo 1 riguarda circa il 10% delle persone adulte affette da questa malattia e in genere insorge in età infantile o adolescenziale. Ci sono, però, dei casi rari in cui il diabete di tipo 1 insorge in età adulta; questa è una forma particolare che prende il nome di LADA² (*Late Autoimmune Diabetes in Adults*).

A prima vista, la fisiopatologia e la gestione del diabete di tipo 1 potrebbero sembrare semplici; tuttavia, più si apprende sulla malattia, meno sembra che si sappia veramente. Una migliore comprensione della patogenesi della malattia non ha portato a un unico postulato unificante per tutti i casi. Quello che una volta sembrava un'unica malattia autoimmune, con radici nell'attacco mediato dai linfociti T delle cellule β produttrici di insulina, è ora riconosciuto come il risultato di una complessa interazione tra fattori ambientali e

² QUANDO PARLIAMO DI LADA FACCIAMO RIFERIMENTO A UNA PARTICOLARE FORMA DI DIABETE AUTOIMMUNE RISCONTRABILE NELLE PERSONE ADULTE. QUESTA CONDIZIONE CONDIVIDE DELLE CARATTERISTICHE MEDICHE CON ENTRAMBI I TIPI DI DIABETE.

microbioma, genoma, metabolismo e sistemi immunitari che variano da individuo a individuo.

Nonostante le basi genetiche note, tra l'85% ed il 95% delle persone a cui viene diagnosticato il diabete di tipo 1 non ha un parente con la malattia o nemmeno la combinazione di alleli HLA a più alto rischio, rendendo difficili i tentativi di prevenzione della malattia primaria. Sebbene la sopravvivenza e la salute dei pazienti siano notevolmente migliorate, in particolare negli ultimi 25 anni, una cura per il diabete di tipo 1 rimane sfuggente. Inoltre, nonostante i progressi tecnologici, il controllo glicemico per la maggior parte delle persone con diabete di tipo 1 non è ottimizzato e molti non possono accedere alle moderne terapie a causa degli alti costi anche delle cure di base³.

George Eisenbarth⁴, nel 1984, sviluppò un modello concettuale per la patogenesi del diabete di tipo 1 che ancora oggi viene utilizzato sebbene non affronti la complessità che questa malattia presenta. Il modello traccia la massa β -cellulare rispetto all'età, evidenziando una sequenza di eventi che inizia con un rischio genetico predisponente; quindi, un trigger ambientale che causa l'autoimmunità specifica dell'insula, seguita da perdita di β -cellule, disglicemia, ovvero un'alterata glicemia a digiuno, diabete clinico a rapida progressione per completare la perdita di β -cellule.

La causa del diabete tipo 1 è sconosciuta, ma caratteristica è la presenza nel sangue di anticorpi diretti contro antigeni presenti a livello delle cellule che producono insulina, detti ICA, GAD, IA-2, IAA, ZnT8. Questo danno, che il sistema immunitario induce nei confronti delle cellule che producono insulina, potrebbe essere legato a fattori ambientali (tra i quali, sono stati chiamati in causa fattori dietetici) oppure a fattori genetici, individuati in una generica predisposizione a reagire contro fenomeni esterni, tra cui virus e batteri. Quest'ultima ipotesi si basa su studi condotti nei gemelli monozigoti che hanno permesso di dimostrare che il rischio che entrambi sviluppino diabete tipo 1 è del 30-40%, mentre scende al 5-10% nei fratelli non gemelli e del 2-5% nei figli. Si potrebbe, quindi, trasmettere una "predisposizione alla malattia" attraverso la trasmissione di geni che interessano la risposta immunitaria e che, in corso di una banale risposta del sistema immunitario a comuni agenti infettivi, causano una reazione anche verso le β cellule del pancreas, con la produzione di anticorpi diretti contro di esse (autoanticorpi)³. Questa alterata risposta immunitaria causa

⁴ GEORGE EISENBARTH ERA UN DIABETOLOGO AMERICANO SPECIALIZZATO NEL DIABETE DI TIPO 1, HA CONTRIBUTITO A STABILIRE LE BASI AUTOIMMUNI DELLA MALATTIA.

una progressiva distruzione delle cellule β , per cui l'insulina non può più essere prodotta e si scatena così la malattia diabetica. Per questo motivo, il diabete di tipo 1 viene classificato tra le malattie cosiddette "autoimmuni", cioè dovute a una reazione immunitaria diretta contro l'organismo stesso. Tra i possibili agenti scatenanti la risposta immunitaria, sono stati studiati e proposti i virus della parotite (i cosiddetti "orecchioni"), il citomegalovirus, i virus Coxackie B, i virus dell'encefalomiocardite.

La diagnosi di diabete di tipo 1 può essere fatta in due modi: una basata sulla concentrazione di glucosio nel sangue e una basata sulla concentrazione di emoglobina glicata (HbA1c).

Nel caso si manifestino sintomi quali poliuria, polidipsia e perdita di peso, la diagnosi basata sulla concentrazione di glucosio conferma la presenza della malattia in due casi: o nel caso in cui la concentrazione di glucosio nel sangue a digiuno sia superiore a 126mg/dL, oppure nel caso in cui la concentrazione di glucosio sia superiore a 200 mg/dL in occasione di una misurazione random oppure dopo un test da stimolo denominato "curva da carico di glucosio".

La diagnosi basata sulla concentrazione dell'emoglobina glicata in presenza di diabete di tipo 1, manifesta valori superiori a 6,5%. Tuttavia, poiché la progressione della disglicemia può essere rapida nei pazienti con diabete di tipo 1, l'HbA1c è meno sensibile per la diagnosi rispetto alle misurazioni della glicemia a digiuno o stimulate¹.

Sebbene le definizioni tradizionali classificassero il diabete di tipo 1 come esordio giovanile, la malattia può manifestarsi a qualsiasi età. I bambini soggetti a diabete di tipo 1 presentano comunemente sintomi di poliuria, polidipsia e perdita di peso inspiegabile associati a un valore casuale della glicemia maggiore o uguale a 200 mg/dl; inoltre, circa un terzo dei soggetti presenta chetoacidosi diabetica. L'esordio del diabete di tipo 1 può essere più variabile negli adulti, che potrebbero non presentarsi con i classici sintomi osservati nei bambini. Ben il 50% degli adulti con diabete di tipo 1, qualora affetti da forme poco aggressive, potrebbe essere inizialmente classificato erroneamente come affetto da diabete di tipo 2. Inoltre, con l'epidemia di obesità infantile, il diabete di tipo 2 è sempre più comune negli adolescenti e rappresenta l'1-6% dei casi di diabete infantile.

Oltre il 90% delle persone con diabete di tipo 1 di nuova diagnosi ha anticorpi misurabili contro specifiche proteine β -cellulari, tra cui insulina, glutammato decarbossilasi, antigene insulare, trasportatore di zinco e tetraspanina. Studi alla nascita di individui con un'elevata predisposizione genetica a rischio di diabete hanno mostrato un picco di incidenza del primo

sviluppo di autoanticorpi prima dei 2 anni di età. La maggior parte delle persone con un singolo autoanticorpo non progredisce al diabete di tipo 1, ma la sieroconversione alla presenza di due o più autoanticorpi sierici nei bambini è associata a un rischio dell'84% di sviluppare diabete di tipo 1 clinico all'età di 18 anni. L'alto rischio di progressione in presenza di più autoanticorpi ha portato a una ridefinizione degli stadi del diabete di tipo 1. In questo nuovo quadro, un caso preclinico di stadio 1 di diabete di tipo 1 è definito come la presenza di due o più autoanticorpi, mentre gli stadi 2 e 3 sono definiti come la progressione delle anomalie metaboliche da glicemia anormale a diabete conclamato, diagnosticata secondo i criteri standard. Poiché la progressione della positività agli autoanticorpi insulari alla diagnosi di diabete clinico potrebbe richiedere mesi o anni, definire la positività multipla per autoanticorpi come stadio 1 facilita gli studi di intervento nella prima infanzia.

2. Epidemiologia del diabete di tipo 1

A livello globale, il diabete di tipo 1 è in aumento sia in termini di incidenza che di prevalenza, con un aumento annuo complessivo dell'incidenza di circa il 2-3%. I dati statunitensi⁵ suggeriscono un'incidenza annuale complessiva di circa 22,9 casi per 100.000 persone tra quelle di età inferiore ai 65 anni. I maggiori aumenti osservati nell'incidenza del diabete di tipo 1 sono tra i bambini, in particolare in quelli di età inferiore a 5 anni. Questi aumenti non possono essere spiegati da cambiamenti genetici, ma sono verosimilmente correlati a fattori ambientali o comportamentali. Molti fattori che incidono sul diabete di tipo 1 sono, per esempio, la dieta, l'insufficienza di vitamina D, l'esposizione nella prima infanzia a virus associati all'infiammazione delle isole pancreatiche⁶ o una ridotta diversità del microbioma intestinale. Le grandi differenze nell'incidenza del diabete di tipo 1 in popolazioni geneticamente simili separate da confini socioeconomici e la crescente incidenza della malattia in individui geneticamente a basso rischio evidenziano l'importanza dei fattori di rischio ambientale indipendentemente dal rischio di background genetico.

La medicina, attualmente, sta lavorando per cercare di comprendere al meglio il ruolo delle interazioni gene-ambiente nella patogenesi del diabete di tipo 1. Lo studio è incentrato sul ruolo di diversi loci⁷ e percorsi nei differenti stadi della malattia; inoltre, si sta cercando di comprendere se loci indipendenti dal rischio di malattia potrebbero avere un ruolo nella progressione della stessa dopo lo sviluppo dell'autoimmunità.

La patogenesi del diabete di tipo 1 risulta da una complessa interazione tra le cellule β del pancreas e il sistema immunitario innato e adattativo. La questione se esista un fattore scatenante per la risposta immunitaria contro le cellule β o se la risposta immunitaria sia un evento casuale è stata oggetto di notevoli speculazioni e controversie. Recenti studi medici rilevano che diverse infezioni virali vengono associate al diabete di tipo 1. Per esempio, si rileva la manifestazione della malattia in presenza di enterovirus⁸ che è una delle infezioni più comunemente associate. Una possibilità è che alcune persone con diabete di tipo 1

⁵ DATI RELATIVI AL PERIODO TRA IL 2001 E IL 2015.

⁶ ISOLE PANCREATICHE, O DI LANGERHANS, SONO PARTE DEL TESSUTO PANCREATICO E SONO LE UNICHE RESPONSABILI DELLA PRODUZIONE DI INSULINA.

⁷ IN GENETICA, VIENE UTILIZZATO IL TERMINE LOCUS GENICO (PLURALE LOCI) PER IDENTIFICARE LA POSIZIONE DI UN GENE, O DI UN MARKER GENICO ALL'INTERNO DI UN CROMOSOMA.

⁸ GLI ENTEROVIRUS SONO UN GENERE DI PICORNAVIRUS, OSSIA PICCOLI VIRUS A RNA; SONO PRESENTI NELLE SECREZIONI RESPIRATORIE E NELLE FECEI, A VOLTE SONO ANCHE PRESENTI NEL SANGUE E NEL LIQUIDO CEREBROSPINALE.

abbiano un'infezione virale cronica atipica delle cellule β , che porta a un'inflammazione cronica e allo sviluppo dell'autoimmunità. L'ipotesi virale è stata difficile da testare, sebbene sia la terapia antivirale che lo sviluppo di vaccini contro gli enterovirus siano perseguiti a questo scopo. Nonostante ci siano molteplici studi sull'argomento, la correlazione tra le due malattie è ancora in via di sviluppo.

Nel campo, molti sforzi sono stati dedicati allo studio del sistema immunitario adattativo nel diabete di tipo 1 mediante l'uso di linfociti periferici selezionati per l'autoreattività agli antigeni delle isole pancreatiche. L'aumento della frequenza dei linfociti T autoreattivi specifici per le isole e la diminuzione della funzione immunitaria regolatoria sono stati associati al diabete di tipo 1.

Nel corso degli anni sono stati eseguiti diversi esperimenti che evidenziano il ruolo cruciale dei linfociti T nella fisiopatologia del diabete di tipo 1. Due di questi sono il trasferimento del diabete di tipo 1 a seguito di trapianto allogenico di midollo osseo e lo sviluppo di diabete di tipo 1 in un individuo con deficit di linfociti B e anticorpi e difetti genetici ereditari della funzione dei linfociti T. Quasi tutti gli studi sull'autoimmunità periferica nelle persone con diabete di tipo 1 mostrano una sovrapposizione di fenotipi osservati nella popolazione generale e la proporzione di cellule autoreattive delle isole presenti nella periferia è spesso minuscola (solo poche cellule tra milioni di cellule non autoreattive). Di conseguenza, è stato difficile collegare la popolazione di cellule immunitarie autoreattive rilevabili nel sangue al processo patologico nelle isole¹.

Alla diagnosi, le persone con diabete di tipo 1 hanno una ridotta funzione delle cellule β rispetto ai controlli sani. Con il miglioramento dell'iperglicemia, queste cellule β possono avere un parziale recupero della funzione secretoria dell'insulina, portando a un cosiddetto periodo di luna di miele dopo la diagnosi con un minimo o nessuna insulina esogena necessaria. Nel tempo, molte di queste cellule residue vengono perse. Tuttavia, l'analisi delle sezioni pancreatiche di individui con diabete di tipo 1 a lungo termine mostra la presenza di cellule β residue decenni dopo la diagnosi. Quando vengono eseguite misurazioni del peptide C sensibile, il 30-80% delle persone con diabete di tipo 1 a lungo termine, risultano essere microsecretori di insulina. Quindi, sebbene la quantità e la funzione delle cellule β endogene diminuiscano con una maggiore durata della malattia, questo declino non progredisce fino alla perdita completa di tutte le cellule β . Questo risultato è degno di nota perché nel Diabetes

Control and Complications Trial⁹, la secrezione persistente del peptide C era associata a un ridotto sviluppo di retinopatia, nefropatia e ipoglicemia. Bisogna tuttavia verificare se i residui di C-peptide sono clinicamente significativi nei singoli pazienti. Inoltre, la persistenza della secrezione di peptide C nelle persone con diabete di tipo 1 a lungo termine potrebbe migliorare le risposte del glucagone all'ipoglicemia; la presenza di secrezione di peptide C residuo dopo la diagnosi di malattia potrebbe anche aumentare la possibilità di un effetto migliorato di interventi mirati a salvare o aumentare la sopravvivenza di questo pool residuo di cellule β . Le analisi di campioni pancreatici dal repository Network of Pancreatic Organ Donors¹⁰ non hanno trovato prove né di un aumento della neogenesi, né della proliferazione nelle cellule pancreatiche di donatori con diabete di tipo 1. Pertanto, i meccanismi alla base della persistenza delle cellule β residue nelle persone con malattia a lungo termine rimangono poco chiari. L'identificazione di percorsi che hanno consentito a queste cellule di sfuggire all'attacco autoimmune potrebbe fornire informazioni su nuovi approcci terapeutici.

Anomalie delle cellule β potrebbero anche contribuire alla patogenesi del diabete di tipo 1, portando alla nozione di cosiddetto suicidio delle cellule β . La sovraespressione di HLA di classe I a cellule β è comune nelle sezioni pancreatiche di donatori cadaverici con diabete di tipo 1. Questa sovraespressione funge da segnale di riferimento per i linfociti T citotossici. Tuttavia, non è ancora noto se questo segnale sia un difetto primario delle cellule β o una risposta a uno stimolo (es., un'infezione virale). Inoltre, esistono anche prove di un aumento dello stress del reticolo endoplasmatico delle cellule β legato alla morte accelerata delle cellule β . Lo stress del reticolo endoplasmatico nelle cellule β è stato anche associato ad alterazioni nello splicing dell'mRNA ed errori nella traduzione e nel ripiegamento delle proteine; i prodotti proteici risultanti sono stati proposti come potenziali neoantigeni immunogenici.

Oltre a questi difetti nel compartimento delle cellule β , sono state descritte anche alterazioni nelle cellule insulari non endocrine e nel pancreas esocrino. Questi difetti includono

⁹ IL DIABETES CONTROL AND COMPLICATIONS TRIAL (DCCT) È UNO STUDIO CLINICO MULTICENTRICO, RANDOMIZZATO, PROGETTATO PER DETERMINARE SE UN REGIME DI TRATTAMENTO INTENSIVO DIRETTO A MANTENERE LE CONCENTRAZIONI DI GLUCOSIO NEL SANGUE IL PIÙ VICINO POSSIBILE ALLA NORMA INFLUENZERÀ L'ASPETTO O LA PROGRESSIONE DELLE COMPLICANZE VASCOLARI PRECOCI IN PAZIENTI CON DIABETE MELLITO INSULINO-DIPENDENTE.

¹⁰ IL REPOSITORY NETWORK OF PANCREATIC ORGAN DONORS È UNA RETE ISTITUITA PER RECUPERARE IL PANCREAS E GLI ORGANI CORRELATI, DA DONATORI DI ORGANI CON VARI LIVELLI DI RISCHIO PER IL DIABETE DI TIPO 1.

anomalie nella matrice extracellulare delle isole e nell'innervazione e vascolarizzazione delle isole. I dati hanno anche posto una rinnovata enfasi sul ruolo della patologia pancreatica esocrina nel diabete di tipo 1. Rispetto a individui sani, le persone con diabete di tipo 1 hanno una diminuzione del peso e del volume del pancreas che continua a diminuire con la durata della malattia. Questa scoperta potrebbe essere spiegata da difetti dello sviluppo o atrofia pancreatica in risposta alla perdita degli effetti paracrini e pro-crescita dell'insulina o infiammazione cronica, o persino distruzione esocrina autoimmune-mediata. Queste possibilità sono tutti argomenti di indagine attiva.

3. Diabete mellito di tipo 2

Il diabete mellito è caratterizzato da iperglicemia cronica e alterato metabolismo di carboidrati, lipidi e proteine causato da un'insufficienza totale o parziale della secrezione di insulina e/o dell'azione dell'insulina. Il diabete di tipo 2 è la forma più comune di diabete mellito e viene rappresentato dal 90% al 95% di tutti i pazienti diabetici e si prevede che il numero aumenterà ancora entro il 2030. Il diabete di tipo 2 deriva principalmente dall'interazione tra fattori di rischio genetici, ambientali e di altro tipo. Inoltre, anche la perdita della prima fase di rilascio dell'insulina, la pulsatilità anormale della secrezione basale di insulina e l'aumento della secrezione di glucagone accelerano lo sviluppo del diabete. Sebbene i pazienti siano generalmente indipendenti dall'insulina esogena, potrebbero averne bisogno quando i livelli di glucosio nel sangue non sono ben controllati con la sola dieta o con ipoglicemizzanti orali. Inoltre, i soggetti affetti da questa malattia sono spesso accompagnati da complicazioni, come malattie cardiovascolari, neuropatia diabetica, nefropatia e retinopatia. Il diabete e le complicazioni ad esso associate abbassano la qualità della vita delle persone e generano enormi oneri economici e sociali¹¹.

Il diabete mellito di tipo 2 è diventato un problema di salute pubblica evidentemente globale. L'analisi di dati statistici recenti rivela che questa malattia ha diverse nuove caratteristiche epidemiologiche. In primo luogo, il diabete mantiene un costante aumento nei paesi sviluppati, come Stati Uniti e Giappone. Ed è degno di nota che sia diventato un problema serio a un ritmo allarmante nei paesi in via di sviluppo. Si prevede che continuerà ad aumentare nei prossimi vent'anni e oltre il 70% dei pazienti apparirà nei paesi in via di sviluppo, con la maggior parte di loro di età compresa tra 45 e 64 anni. In secondo luogo, sebbene l'avanzare dell'età sia un fattore di rischio per il diabete di tipo 2, l'aumento dei tassi di obesità infantile ha fatto sì che diventi più comune nei bambini e negli adolescenti il che è una grave emergenza dell'epidemia e un nuovo problema di salute pubblica di proporzioni significative.

Sebbene finora non abbiamo delucidato completamente la fisiopatologia del diabete di tipo 2, è dimostrato che la malattia ha una componente genetica importante. Tassi di concordanza più elevati si trovano tra i gemelli monozigoti (96%) rispetto a quelli dizigoti, il che è stata una prova convincente di una componente genetica significativa nel diabete di tipo 2. Inoltre,

il 40% dei parenti di primo grado dei pazienti con la malattia può sviluppare il diabete, mentre il tasso di incidenza è solo del 6% nella popolazione generale.

Un'ampia varietà di fattori di grande importanza per lo sviluppo del diabete di tipo 2 è legata allo stile di vita, come la sedentarietà, l'inattività fisica, il fumo e il consumo di alcol. Studi epidemiologici sostanziali hanno dimostrato che l'obesità è il fattore di rischio più importante per il diabete di tipo 2, che può influenzare lo sviluppo dell'insulino-resistenza e la progressione della malattia. Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) quasi il 90% dei pazienti diabetici sviluppa il diabete di tipo 2 principalmente in relazione all'eccesso di peso corporeo. Inoltre, l'obesità è fortemente ereditaria. Tra gli adulti in sovrappeso e obesi viene riscontrato un disturbo del sonno denominato sindrome delle apnee ostruttive del sonno (OSAS), il quale è diventato un nuovo fattore di rischio modificabile rilevante per l'insulino-resistenza e l'intolleranza al glucosio che può influenzare lo sviluppo del prediabete e diabete di tipo 2 indipendentemente dai fattori di rischio condivisi. Diversi studi hanno indicato che la OSAS nei pazienti con diabete è molto più prevalente (36%-60%) rispetto alla popolazione generale.

Un altro fattore di rischio modificabile per il diabete di tipo 2 è la dieta. Gli studi hanno dimostrato che una dieta povera di fibre con un alto indice glicemico è positivamente associata a un rischio più elevato di diabete di tipo 2 e acidi grassi alimentari specifici possono influenzare la resistenza all'insulina e il rischio di diabete in vari gradi. L'assunzione di grassi totali e saturi è associato ad un aumentato rischio di diabete di tipo 2 indipendentemente dal BMI, ma una maggiore assunzione di acido linoleico ha l'effetto opposto, soprattutto tra gli uomini più magri e più giovani. Inoltre, l'utilizzo delle bevande alcoliche è associato a un aumento del rischio di diabete di tipo 2 e sindrome metabolica, in quanto direttamente associate al BMI.

4. Complicanze

I soggetti colpiti dal diabete mellito di tipo 2 possono sviluppare nel tempo complicanze che si possono suddividere tra complicanze a breve e lungo termine. Con complicanze a breve termine si intendono tutte quelle complicanze che possono comparire acutamente sin dagli esordi della malattia e, comunque, per tutto il suo decorso e che possono portare a gravi conseguenze se non adeguatamente trattate. Le due principali complicanze a breve termine sono l'iperglicemia e l'ipoglicemia.

Nell'iperglicemia la glicemia può salire in modo eccessivo per un pasto troppo abbondante o se non si assume la terapia prescritta o per una malattia concomitante (come l'influenza).

I sintomi dell'iperglicemia sono:

- necessità di urinare di frequente
- sete intensa
- secchezza della bocca
- stanchezza
- vista annebbiata
- difficoltà di concentrazione

Se sono presenti questi sintomi, è importante controllare subito la glicemia, bere molta acqua e fare attività fisica (camminare), assumere la terapia, se non era stato fatto. Se la glicemia permane al di sopra dei 250mg/dl, può rendersi necessaria una consultazione medica.

Una severa conseguenza dell'iperglicemia grave, più frequente nel diabete mellito di tipo 1 e più rara nel diabete mellito tipo 2, è la chetoacidosi. Se lo zucchero rimane nel sangue, le cellule cominciano a utilizzare i grassi a scopo energetico, provocando la formazione di sostanze tossiche per l'organismo: i chetoni (chetoacidosi diabetica). Per accertare la chetoacidosi è necessario ricercare la presenza di chetoni nel sangue o nelle urine, utilizzando apposite strisce reattive. Se i chetoni sono presenti in grande quantità, ci si trova di fronte a una potenziale urgenza medica.

L'ipoglicemia, al contrario, è l'improvviso calo degli zuccheri nel sangue, con glicemia inferiore a 70mg/dl, dovuto a un pasto inadeguato rispetto alla terapia in corso o a uno sforzo fisico eccessivo non accompagnato dall'assunzione di zuccheri o, per chi è in terapia con insulina, alla somministrazione di una dose eccessiva della stessa. I sintomi dell'ipoglicemia

possono comparire anche in presenza di valori un po' più elevati, qualora si verifichi un rapido abbassamento della glicemia stessa.

I sintomi dell'ipoglicemia sono:

- sudorazione
- tremore
- irritabilità
- senso di fame
- palpitazioni
- confusione e debolezza

In questa fase il paziente può porre fine alla sintomatologia, assumendo preferibilmente un frutto o zucchero o un bicchiere di una bevanda zuccherata.

Se non scompare la sintomatologia, va rivalutata la glicemia con il glucometro dopo circa 15 minuti, assumendo nuovamente zuccheri. Se non si intervenisse subito, i sintomi potrebbero peggiorare fino alla perdita di coscienza. In tal caso è necessario che un'altra persona somministri una fiala di glucagone, un ormone che causa l'aumento rapido dello zucchero nel sangue.

Con complicanze a lungo termine si intendono tutte le complicanze che colpiscono diversi organi. Il rischio di sviluppare queste complicanze, che possono essere gravemente invalidanti o addirittura mortali, può essere ridotto mantenendo un buon controllo della glicemia nel tempo. Gli organi interessati sono l'occhio, il rene, il sistema nervoso e il sistema cardiovascolare.

Il rischio di malattie cardiovascolari (angina, infarto, ictus, vasculopatia periferica, secondarie ad arteriosclerosi cerebrale e periferica) è da 2 a 4 volte più alto nelle persone con diabete che nel resto della popolazione ed è responsabile di oltre la metà delle morti per diabete.

Le complicanze a livello del sistema nervoso prendono il nome di neuropatia; la neuropatia colpisce il 50% dei diabetici, provocando un danno a carico dei nervi stessi (neuropatia periferica) o degli organi interni da essi innervati (neuropatia vegetativa o autonoma). La neuropatia periferica si manifesta a livello dei piedi e delle gambe con formicolii, dolori, riduzione della sensibilità, prima delle dita dei piedi, poi di tutto il piede e quindi della gamba, fino alla comparsa di ulcere cutanee (erosioni circoscritte della cute che non tendono a guarire spontaneamente). La neuropatia autonoma può colpire l'apparato digerente

provocando diarrea o stipsi, nausea e vomito, gli organi genitali provocando impotenza negli uomini, il cuore provocando aritmie come la fibrillazione atriale.

Il diabete può provocare la perdita progressiva della funzione del rene, inducendo un grado crescente di insufficienza renale, fino alla perdita completa di funzione (nefropatia). Il diabete, se non trattato adeguatamente, è tra le principali cause di insufficienza renale terminale che rende necessario il ricorso alla dialisi o al trapianto renale.

Il diabete può provocare retinopatia, ovvero danneggiare i piccoli vasi sanguigni della retina, la parte posteriore dell'occhio che permette la visione, e può quindi provocare la perdita progressiva della vista, fino alla cecità. La retinopatia rappresenta la maggiore causa di cecità in soggetti in età lavorativa nei Paesi industrializzati, ma di solito insorge dopo almeno dieci anni di malattia diabetica, soprattutto se le glicemie non sono tenute sotto controllo per lungo tempo. Le persone con diabete sono più esposte anche al rischio di sviluppare cataratta e glaucoma.

Infine, il diabete può causare complicanze in gravidanza influenzando negativamente sul corretto sviluppo del feto, causando un elevato peso alla nascita (macrosomia), malformazioni congenite, fino a un aumentato rischio di problemi durante il parto e di mortalità perinatale¹².

Differenze tra Diabete tipo 1 e Diabete tipo 2

	Tipo 1	Tipo 2
Prevalenza	Circa 0,5% (dati ISTAT)	Circa 6% (dati ISTAT)
Causa	distruzione cellule beta del pancreas	ridotta sensibilità e resistenza all'insulina
Sintomatologia	Sempre presente Spesso eclatante e a inizio brusco	Spesso modesta o assente o sfumata
Tendenza alla chetosi	Presente	Assente
Peso	Generalmente normale	Generalmente in eccesso
Età all'esordio	Bambini o più comunemente <30 anni	Più comunemente >40 anni
Complicanze croniche	Non prima di alcuni anni dopo la diagnosi	Spesso presenti al momento della diagnosi

Tabella riportata dal sito ufficiale del ministero della salute¹³.

CAPITOLO 2

STRATEGIE D'INTERVENTO PER UN CORRETTO STILE DI VITA

1. La terapia insulinica

Il diabete di tipo 1 è una patologia definita come autoimmune, sebbene esistano casi, definiti idiopatici, in cui non si riesce a dimostrare il fenomeno autoimmunitario. Ciò significa che, a seguito di un disordine immunologico, l'organismo mette in atto meccanismi di difesa (normalmente utili contro i patogeni esterni per la difesa dalle infezioni) diretti contro tessuti dell'organismo stesso; si verifica, quindi, un'aggressione delle cellule *self*, con estesa distruzione delle cellule beta del pancreas e conseguente deficit assoluto di insulina.

Il diabete di tipo 1 è una patologia piuttosto rara, ma la sua prevalenza è in crescita in tutto il mondo. È la più comune malattia endocrinologica e una delle più comuni malattie croniche dell'infanzia e dell'adolescenza.

I pazienti ai quali è stato diagnosticato il diabete di tipo 1 devono essere trattati subito con terapia insulinica, da impostare precocemente fin dal momento della diagnosi e da continuare poi per tutta la vita: non rispondono infatti a nessun altro tipo di trattamento farmacologico¹⁴. Esiste un fenomeno, chiamato “luna di miele”, dove è possibile che nei primi mesi dopo la diagnosi e l'inizio della terapia, si verifichi una parziale ripresa della funzione pancreaticca con conseguente riduzione del fabbisogno di insulina esogena; si tratta però di una fase transitoria, di durata variabile, generalmente di alcuni mesi, cui segue la necessità di impostare uno schema terapeutico intensivo. Per il soggetto con diabete di tipo 1 l'insulina è una terapia fondamentale e salvavita. Importante è anche l'automonitoraggio intensivo della glicemia domiciliare.

Al giorno d'oggi abbiamo a disposizione più opzioni terapeutiche, per combattere la malattia che prevedono tutte la terapia insulinica. La terapia insulinica con schema multiniettivo basal-bolus consiste in genere in un'iniezione sottocutanea di insulina basale per coprire le fasi interprandiali e il digiuno e in aggiunta tre o più somministrazioni di insulina ad azione rapida prima di ogni pasto per coprire i picchi glicemici post-prandiali e l'infusione sottocutanea in continuo di insulina tramite microinfusore. Quest'ultimo è uno strumento

portatile di piccole dimensioni che somministra insulina ad azione rapida tramite una cannula sottocutanea, secondo programmi di velocità differenziati nel corso delle 24 ore e precedentemente impostati con il proprio diabetologo; richiede un cambio set generalmente ogni 3 giorni, e permette grande flessibilità nell'erogazione dell'insulina. Ha la possibilità, infatti, di ridurre temporaneamente la velocità di infusione in corso di attività fisica, oppure stabilire la tipologia di bolo più adatta alle caratteristiche di ciascun pasto. Le nuove tecnologie hanno fatto grandi passi avanti in questo senso, rivoluzionando la gestione della terapia del diabete tipo 1 e migliorando significativamente la qualità della vita di questi pazienti. Sono infatti disponibili diversi modelli di microinfusore adatti alle diverse esigenze, da valutare con il proprio diabetologo: dalla “patch-pump” che si posiziona sulla cute senza catetere, al microinfusore in grado di interrompere autonomamente l'erogazione di insulina in previsione di un'ipoglicemia¹⁵.

L'autocontrollo della glicemia è fondamentale per adeguare il dosaggio della terapia insulinica, pianificare l'attività fisica e ridurre il rischio di ipoglicemia. Esistono diverse modalità per l'autocontrollo della glicemia: si può procedere tramite i tradizionali stick capillari su una goccia di sangue a livello dei polpastrelli, oppure tramite innovativi e sempre più diffusi sistemi di monitoraggio a scansione (FGM) o in continuo (CGM) o della glicemia interstiziale; questi sono provvisti di un sensore sottocute posizionato con un applicatore in modo rapido e indolore in genere ogni 14 giorni e collegato ad un trasmettitore esterno adesivo alla cute della dimensione di una moneta da due euro o poco più, che permette, tramite un lettore apposito oppure tramite lo smartphone, di visualizzare la stima della glicemia attuale e formulare il grafico del profilo glicemico completo delle 24 ore. Anche in questo campo la tecnologia è molto progredita negli ultimi anni: esistono modelli allarmati che avvisano il paziente in previsione di ipoglicemie o iperglicemie, e modelli integrati in grado di comunicare con il microinfusore al fine di modulare la velocità di erogazione dell'insulina, permettendo di ottimizzare la gestione della terapia del diabete di tipo 1¹⁶.

2. La gestione della malattia nelle varie fasce d'età

Come riportato nel capitolo precedente, il diabete di tipo 1 esordisce più frequentemente in età pediatrica o nella giovane età adulta, presentando due picchi di incidenza: il primo nella fascia di 5-14 anni, il secondo tra i 25-29 anni.

La gestione del diabete nei bambini presenta diverse criticità: deve permettere il raggiungimento di un normale accrescimento fisico e psico-affettivo, deve considerare la variabilità e imprevedibilità dei comportamenti alimentari e dell'attività fisica e l'importanza del coinvolgimento familiare. I bambini, inoltre, sono esposti ad un maggior rischio di ipoglicemia grave, perché non hanno la capacità cognitiva di riconoscere la sintomatologia e presentano dei meccanismi fisiologici di risposta ancora immaturi. I target glicemici nei più piccoli, quindi, sono stati storicamente più alti rispetto agli adulti, proprio per ridurre al minimo il rischio di ipoglicemia. Tuttavia, è stato osservato che l'elevato "peso" metabolico di tale atteggiamento determina un significativo rischio di complicanze a lungo termine. Per tale motivo, attualmente i valori glicemici a cui ambire sono più bassi.

Come detto in precedenza, la malattia spesso insorge nella fase di vita in cui i bambini si preparano a frequentare la scuola dell'obbligo e questo può causare molta preoccupazione nelle famiglie e nei genitori con figli colpiti da diabete di tipo 1. I genitori e i bambini si trovano a dover affrontare una situazione del tutto nuova e, contestualmente, devono affidare la gestione della malattia del proprio figlio al personale scolastico. Pertanto, all'inizio dell'anno scolastico la famiglia deve informare il preside e gli insegnanti della situazione clinica del figlio, consegnando loro un documento chiamato piano individuale di trattamento diabetologico, contenente tutte le indicazioni su:

- tipo di terapia
- valori glicemici di riferimento
- dose di glucagone da somministrare in caso di necessità
- numeri di telefono dei genitori e del Centro diabetologico che ha in cura il soggetto

Inoltre, tramite l'Azienda Sanitaria di riferimento, la famiglia può fare richiesta del servizio infermieristico per poter predisporre giornalmente la visita di un infermiere esperto che si rechi a scuola per somministrare l'insulina ai bambini che sono ancora troppo piccoli per gestirsi in autonomia. Spesso però sono i genitori stessi a recarsi a scuola per la somministrazione dell'insulina¹⁷.

Per un'organizzazione ottimale dell'attività scolastica di un bambino diabetico è quindi necessaria la collaborazione di tutte le figure coinvolte: i genitori, il personale scolastico e i soggetti sanitari territoriali, ciascuno in relazione alle rispettive competenze e responsabilità per garantire al bambino l'adeguata continuità terapeutica, durante l'orario scolastico.

A scuola, si dovrà quindi provvedere a:

- controllare la glicemia;
- somministrare l'insulina;
- gestire eventuali ipoglicemie;
- garantire la giusta alimentazione;
- garantire lo svolgimento in sicurezza delle attività ludico-sportive.

In particolare, lo scopo della misurazione della glicemia è quello di fornire informazioni precise dei livelli di zucchero del sangue in modo tale da calibrare la somministrazione di insulina in base all'effettivo bisogno, 15 minuti prima dei pasti mediante iniezioni multiple o pompe a infusione continua¹⁸.

La complicanza più pericolosa che si può verificare in un ambiente scolastico o ludico-sportivo è sicuramente l'ipoglicemia, in quanto a quest'età, i bambini non sono ancora in grado di riconoscere i segni e i sintomi e quindi non sono in grado di agire da soli in maniera tempestiva. L'ipoglicemia si verifica quando i livelli di glucosio nel sangue sono troppo bassi, ovvero inferiori a 70 mg/dl. Di solito questa condizione è preceduta da sintomi come difficoltà di concentrazione, fame, tremore, sonnolenza, pallore, sudorazione, difficoltà di coordinamento e annebbiamento della vista. Le cause possono essere molteplici anche quando il piano terapeutico è stato attentamente concordato con il diabetologo, in quanto possono intervenire errori di gestione quotidiana della terapia o insorgere situazioni impreviste che danno luogo all'ipoglicemia.

Nel momento in cui viene confermata la presenza di ipoglicemia tramite lo stick capillare, bisogna intervenire per riportare il glucosio ai livelli ottimali. Generalmente si segue la regola del 15, ossia assumere 15 grammi di zuccheri semplici ad azione rapida e dopo 15 minuti ricontrollare i valori di glicemia tramite lo stick capillare. Nel caso in cui la situazione di ipoglicemia persista, ripetere il procedimento fino al riscontro di una glicemia >100 mg/dl. I 15 grammi di zuccheri semplici li possiamo ritrovare in un cucchiaino di zucchero (anche sciolto in acqua), 3 zollette di zucchero, 1 bicchiere di bibita zuccherata (coca-cola,

aranciata, ecc.), mezzo bicchiere di succo di frutta (fare attenzione ai valori nutrizionali delle diverse marche).

In caso di grave ipoglicemia, quindi con perdita dei sensi o coma diabetico, risulta ovviamente impossibile dare da mangiare al bambino per innalzare i suoi livelli glicemici. In questi casi entra in gioco il glucagone, un importante farmaco in grado di ristabilire il livello di zuccheri nel sangue permettendo entro 10-20 minuti un innalzamento della glicemia con ripresa della coscienza e, quindi, la possibilità di poter nuovamente dare al bambino liquidi o cibi zuccherati¹⁹.

Nella fase adolescenziale, l'attenzione per la patologia non è più tanto sul controllo della glicemia, ma si sposta su tutti quegli aspetti comportamentali e psicosociali dovuti alla pubertà che hanno inevitabilmente un impatto sul controllo del diabete. Il comportamento degli adolescenti, in genere, comporta mutamenti nel rapporto con le figure di autorità, sforzi per stabilire l'autonomia, ribellione, desiderio di privacy, maggiore consapevolezza di sé e, talvolta, la comparsa di disturbi del comportamento alimentare. Questo processo di maturazione influenza ed è a sua volta influenzato dalla presenza di una malattia cronica come il diabete di tipo 1. Gli adolescenti con una malattia cronica sono stati generalmente ritenuti a maggior rischio di depressione, ansia e bassa autostima. L'incidenza della depressione nei giovani con diabete è segnalata come da due a tre volte più alta rispetto ai coetanei senza diabete. La combinazione tra depressione e diabete negli adolescenti ha conseguenze particolarmente gravi, tra cui aumento del tasso di suicidio o di tendenze suicide, rendendo la gestione del diabete e la cura di sé estremamente difficili. Stile di vita, dieta, esercizio e abitudini tendono a cambiare durante la pubertà²⁰.

Nelle scuole in Gran Bretagna è stato condotto uno studio (chiamato Health and Behaviours in Teenagers Study), con lo scopo di valutare l'associazione tra la pubertà, il fumo, il cibo, e l'esercizio fisico. Ai ragazzi e alle ragazze con un più avanzato sviluppo puberale è stata associata una maggiore probabilità di fumare. Nei ragazzi, la pubertà è legata a una dieta meno salutare, ma a livelli più elevati di esercizio fisico; nelle ragazze, non vi era un'associazione stretta con la dieta o l'esercizio fisico. Questi risultati costituiscono veri e propri ostacoli al conseguimento di un adeguato controllo della glicemia da parte degli adolescenti colpiti da diabete di tipo 1.

Al fine di mantenere un controllo glicemico ottimale, gli operatori sanitari che prestano assistenza ai soggetti con diabete durante l'adolescenza, devono adattare la terapia ai

cambiamenti comportamentali e devono controbilanciare la riduzione fisiologica della sensibilità all'insulina. I pazienti che stanno attraversando la pubertà richiedono una maggiore quantità giornaliera di insulina. Gli esiti del diabete sono legati al grado di compliance alla terapia, al monitoraggio del glucosio nel sangue, e alla dieta alimentare. Coinvolgere gli adolescenti nel processo decisionale per quanto riguarda il regime insulinico che meglio si adatta ai loro programmi quotidiani, il regime alimentare, l'esercizio fisico e le abitudini del sonno è potenzialmente benefico. Fondamentale è, quindi, un graduale passaggio della responsabilità della cura di sé dal genitore all'adolescente²⁰. Nonostante ciò, una presenza continuativa dei genitori a fornire supporto e collaborazione è associata a esiti ottimali per quanto riguarda il controllo glicemico.

3. Regolazione dei pasti

Tutte le persone che presentano diabete, in questo caso diabete di tipo 1, dovrebbero ricevere una consulenza nutrizionale da parte di un dietista specializzato, per avere indicazioni personalizzate e appropriate alle varie esigenze in base anche alle complicanze che ne derivano come perdita di peso, presenza di insufficienza renale, celiachia concomitante, ecc.. È possibile però fornire delle raccomandazioni generali sulla composizione della dieta nelle persone con diabete, che non differiscono da quelle della popolazione generale, e che rientrano nel modello alimentare mediterraneo. Innanzitutto, è sbagliato pensare di dover ridurre drasticamente i carboidrati come pane, pasta, riso, patate, couscous, e altri cereali, per raggiungere il controllo glicemico o il calo ponderale. I carboidrati, infatti, rappresentano la principale fonte energetica dell'organismo e dovrebbero fornire il 50-60% delle calorie totali giornaliere. La dose consigliata da assumere, quindi, è la stessa delle persone non diabetiche, ma prestando più attenzione alla loro qualità. Educare alle tecniche per riconoscere il contenuto di carboidrati dei vari alimenti, al fine di poter calcolare la dose più idonea di insulina da somministrare di volta in volta. Il conteggio dei carboidrati, infatti, permette di calcolare la dose di insulina in base al rapporto insulina/carboidrati assunti²¹.

Per una regolazione della glicemia ottimale in base al tipo di alimentazione è fondamentale conoscere il concetto di indice glicemico (IG): esso indica la velocità con cui aumenta la glicemia in seguito all'assunzione di un determinato alimento: alimenti con alto indice glicemico sono responsabili di un repentino aumento della glicemia, e hanno quindi effetti peggiori sul controllo glicemico del soggetto diabetico. L'IG varia in base al grado di raffinazione/maturazione/cottura dell'alimento stesso, ad esempio: tutti i cereali raffinati hanno un IG più elevato dei cereali integrali, il riso bianco ha un IG più elevato del riso parboiled, la pasta ben cotta e il pane abbrustolito hanno un IG più elevato della pasta al dente e del pane fresco, un frutto maturo ha un IG più elevato di un frutto acerbo. In maniera semplificata possiamo distinguere gli alimenti ad alto indice glicemico come riso, patate, pane, miele, pizza e alimenti a basso indice glicemico come pasta, legumi, frutta, latte.

Ora andiamo ad analizzare i nutrienti e gli alimenti consigliati per una dieta giusta ed equilibrata, che favorisce in benessere psicofisico di un soggetto affetto da diabete di tipo 1. I cereali (preferibilmente integrali), i vegetali, i legumi e la frutta devono far parte integrante della dieta dei soggetti con diabete tipo 1, preferendo cibi ricchi in fibre e con basso indice

glicemico, in grado di determinare un miglioramento del controllo glicemico, in particolare riducendo il picco post-prandiale, e di ridurre il rischio di ipoglicemia in corso di terapia insulinica²².

Gli zuccheri semplici, invece, vanno ridotti, in quanto l'eccessivo consumo abituale può portare a sovrappeso, insulino-resistenza, e aumento dei trigliceridi nel sangue. In alternativa allo zucchero da cucina, i dolcificanti acalorici sono sicuri quando consumati in quantità giornaliere moderate.

Per quanto riguarda le proteine contenute in legumi, pesce, carne, uova e, in misura minore, latticini e frutta secca a guscio, è raccomandata l'introduzione di almeno 2 porzioni alla settimana di pesce poiché fornisce grassi omega 3 polinsaturi, importanti per la salute vascolare; tali grassi "buoni" si ritrovano anche nella frutta oleosa, detta anche frutta secca a guscio, come noci, mandorle e nocciole. È consigliata, inoltre, l'assunzione di almeno 4 porzioni a settimana di legumi (fagioli, ceci, piselli, lenticchie, fave) che sono una fonte proteica importante, valida alternativa alla carne quando associati ai cereali, avendo il vantaggio di non comportare un aumento del colesterolo nel sangue. Un consumo moderato di latticini è ammesso e costituisce una fonte proteica alternativa. Per quanto riguarda la carne, preferire quella bianca riducendo il consumo di carne rossa e di carne lavorata (come gli insaccati) a non più di due porzioni a settimana, anche in considerazione dell'impatto negativo sul profilo lipidico.

Per quanto concerne i grassi, preferire quelli vegetali per il condimento, in particolare l'olio extra vergine di oliva, meglio se usato a crudo a cottura terminata. Inoltre, ridurre significativamente l'assunzione di fritto, frattaglie e, in caso di ipercolesterolemia concomitante, non eccedere con uova (2 a settimana) e latticini, preferendo quelli freschi e parzialmente scremati. È importante poi assumere ad ogni pasto adeguate quantità di fibra, che è presente in cibi ricchi di vitamine e Sali minerali preziosi per la salute; è in grado di rallentare l'assorbimento degli zuccheri e di migliorare il profilo lipidico, oltre a dare un senso di riempimento e sazietà utile se vi è indicazione al calo ponderale. Si consiglia di assumere almeno 5 porzioni al giorno di vegetali o frutta e 4 porzioni a settimana di legumi; si può abbondare a piacere con la verdura, mentre per quanto riguarda la frutta va tenuto presente che il fruttosio in essa contenuto è uno zucchero, pertanto vanno evitati gli eccessi. Infine, è consigliato limitare il consumo di sale (<6 grammi al giorno), facendo attenzione all'introduzione inconsapevole tramite alimenti conservati sotto sale.

In linea generale, quindi, non ci sono vere e proprie preclusioni assolute né alimenti vietati categoricamente. Con qualche accorgimento e conoscenza sul tipo di alimento che andiamo ad assumere, all'interno di una dieta stabilita con il proprio medico e, fondamentale, con un regolare esercizio fisico, anche la persona con diabete di tipo 1 può avere un'alimentazione "normale". In questo caso è importante programmare i pasti prima e dopo l'allenamento al fine di renderlo sicuro e ottimizzato al massimo. A $\frac{3}{4}$ ore dall'inizio dell'allenamento assumere un pasto con prevalenza di carboidrati integrali o a basso indice glicemico, una quantità moderata di proteine e ridotto consumo di grassi. Se a 1 ora dall'allenamento la glicemia è <120 mg/dl, assumere bevande zuccherate al fine di prevenire ipoglicemie. Se assumiamo il pasto 1 ora prima dell'allenamento, prevalenza di carboidrati integrali o a basso IG e ridotto contenuto di grassi. Durante un allenamento prolungato, integrare con carboidrati in base al valore glicemico e con bevande zuccherate al 6% di zuccheri semplici. Il pasto post allenamento deve essere consumato entro 1 ora dalla fine della seduta e prevede una prevalenza di consumo di carboidrati integrali o a basso IG, un moderato consumo di proteine e un ridotto consumo di grassi²³.

CAPITOLO 3

SPORT E ATTIVITÀ FISICA NEI SOGGETTI AFFETTI DA DIABETE MELLITO DI TIPO 1

1. L'attività fisica: parte fondamentale della terapia del diabete di tipo 1

Indipendentemente dall'essere diabetici oppure no, una regolare e moderata attività fisica consente di mantenere il nostro organismo in condizioni di salute e benessere. Rinunciare all'esercizio fisico può condurre ad un progressivo peggioramento dello stato di efficienza del nostro organismo che si tramuta in muscoli meno tonici, ossa fragili, articolazioni rigide. Inoltre, una vita sedentaria e un regime alimentare ipercalorico favoriscono malattie come l'obesità, l'arteriosclerosi, l'iperuricemia.

Nel soggetto colpito da diabete di tipo 1, oltre a scongiurare il rischio dei disturbi sopra citati, l'esercizio fisico è particolarmente utile perché induce modifiche positive del metabolismo, del sistema cardiocircolatorio, delle funzioni ormonali e del sistema nervoso²⁴. Può inoltre contribuire a mantenere bassi i valori della glicemia determinando un miglior utilizzo del glucosio e abbassando i livelli di grassi (colesterolo e trigliceridi) nel sangue. Pertanto, un'attività fisica di lieve o moderata intensità è sempre consigliabile nei soggetti diabetici, previa visita medica che verifichi lo stato delle eventuali complicanze. Nel caso di adesione a discipline che richiedono un intenso e prolungato sforzo fisico, ad esempio, è necessaria una condizione fisica ottimale e una costante e accurata vigilanza da parte del medico²⁵.

È importante sottolineare che la presenza di diabete di tipo 1 in età infantile e giovanile, non deve essere un ostacolo per la pratica di attività ludiche e sportive per il soggetto, ma piuttosto uno stimolo in più per crearsi uno stile di vita salutare fin da piccolo anche perché, oltre ai benefici sopra citati, è stato dimostrato che l'attività fisica aiuta a regolare i valori della glicemia e il compenso metabolico²⁶.

I diabetici che praticano attività sportive sono sempre più numerosi, raggiungendo elevati risultati con performance che non hanno nulla da invidiare ai loro coetanei non diabetici. Esiste una motivazione psicologica che induce, specie i giovani insulino-dipendenti

(condizione tipica del diabete infantile), ad impegnarsi nello sport. Esso, infatti, aumenta il senso di benessere e di sicurezza, riduce i livelli di ansia e di depressione, accresce la fiducia in sé stessi e la sensazione di “potenza” nei confronti del diabete.

Lo sport agonistico, inoltre, con lo stress fisico e psichico che inevitabilmente comporta, richiede maggiori adattamenti della terapia ipoglicemizzante e della dieta stimolando così nei ragazzi diabetici motivati, la capacità di autocontrollo della glicemia, il desiderio di collaborazione attiva con il diabetologo ed anche la capacità di autogestione della malattia. È importante, quindi, che il soggetto diabetico sia in grado di autocontrollare i livelli di glicemia nel sangue prima, durante (se l'attività è prolungata) e dopo l'allenamento per evitare di incorrere in situazioni di iperglicemia e ipoglicemia. Proprio per questo, tenendo conto delle preferenze personali del bambino o dell'adolescente, delle sue tendenze fisiche e naturali e dello sport praticato, il diabetologo, con la collaborazione dei genitori, metterà a punto il programma insulinico e alimentare più adatto. L'obiettivo è quello di mantenere il controllo glicemico sia durante l'attività fisica che dopo²⁷.

L'iperglicemia da esercizio è causata dall'insufficienza relativa di insulina nell'organismo in un momento di iperattivazione di alcuni controregolatori, come l'adrenalina. Quando la glicemia sale al di sopra di 250 mg/dl è bene fare uno stick capillare per la ricerca dei corpi chetonici. Se sono presenti, è importante ritardare o rimandare l'esercizio fisico fino a quando essi non scompariranno. In caso di assenza di corpi chetonici l'esercizio fisico è accettabile fino a valori di glicemia superiori alla media e relativi allo stato di salute generale del soggetto.

Può capitare che il bambino diabetico abbia livelli di glicemia elevati immediatamente dopo aver praticato sport competitivi o un esercizio fisico intenso per effetto dell'adrenalina. In questa situazione se non si vi è presenza di corpi chetonici nel sangue, una strategia efficace potrebbe essere quella di ridurre significativamente gli snack pre-esercizio.

L'ipoglicemia, invece, è causata dall'aumento della sensibilità insulinica e dalla riduzione delle scorte di glicogeno in relazione all'aumento del consumo di energia dovuto all'attività fisica.

L'ipoglicemia può essere prevenuta con degli snack da consumare prima, durante o dopo l'esercizio fisico a seconda del tipo di sport praticato, della terapia insulinica utilizzata e del pasto del bambino. È importante sottolineare che il verificarsi di un'ipoglicemia non

significa necessariamente che il bambino diabetico debba abbandonare il campo di gioco; anzi, una volta risolta, è rassicurante e appropriato farlo tornare a giocare²⁸.

I bambini o i ragazzi possono confondere le sensazioni create dall'attività fisica con quelle dell'ipoglicemia, per questa ragione è molto importante misurare effettivamente la glicemia dopo aver praticato sport per valutare gli effetti dell'esercizio e per fare quindi gli adattamenti necessari. Se la glicemia è inferiore a 100 mg/dl dopo l'esercizio è bene assumere 15 -30 gr. di carboidrati immediatamente e rivalutare lo schema di alimentazione prima dell'esercizio o l'adattamento insulinico prima dell'esercizio.

Un aspetto da non sottovalutare è l'ipoglicemia tardiva post esercizio, condizione che colpisce spesso gli adolescenti diabetici. In linea generale, fatta eccezione per le alcune attività fisiche sportive incompatibili con il diabete, il comportamento corretto varia in rapporto allo sforzo fisico: per sforzi moderati occorre ridurre di circa il 20% la dose del bolo di insulina e svolgere l'esercizio entro le 3 ore che seguono un pasto principale; per sforzi intensi la dose di insulina va ridotta di circa il 50% ed è raccomandabile il consumo di carboidrati semplici ad intervalli di 60 minuti e di carboidrati complessi nelle ore successive alla sospensione dell'esercizio. È importante bere durante lo sforzo fisico acqua semplice o leggermente zuccherata (0,5L/1h circa)²⁹.

La principale difficoltà nel monitoraggio della glicemia in età infantile (<6 anni) si riscontra nel fatto che l'esercizio fisico spesso non è un'attività programmata ed è spesso sottoforma di gioco, non stimabile per intensità e durata. La principale strategia di controllo consiste nell'assunzione di 10/20 g di carboidrati semplici durante l'esercizio e 20/30 g di carboidrati semplici post esercizio. Avanzando con l'età ed entrando nell'età scolare, i bambini iniziano a prendere parte ad attività programmate come gli sport, facilitando l'adozione di strategie più mirate per il controllo della glicemia. Qualora l'attività fisica avvenga a distanza dai pasti, si può ridurre la dose dell'insulina basale del 15-20%. In età adolescenziale l'attività è quasi sempre programmata, quindi bisogna adottare le stesse strategie per l'età scolare, facendo particolare attenzione al fatto che l'età puberale è caratterizzata da insulino-resistenza. In qualsiasi fascia d'età, per l'attività non programmata o il gioco, mantenere sempre il microinfusore connesso e valutare l'opportunità di utilizzare una basale ridotta. In caso, invece, di sport acquatici o sport di contatto si può valutare la disconnessione del microinfusore³⁰.

Come già riportato in precedenza, l'attività fisica è molto importante soprattutto per bambini e adolescenti diabetici. Ognuno, anche in caso di diabete giovanile, può praticare lo sport che più ama e per il quale è fisicamente più idoneo, specie se già praticato prima di scoprire la patologia. Non tutti gli sport, però, sono uguali sul piano metabolico e di conseguenza sono anche diversi i vantaggi che possono dare. È importante quindi conoscere il tipo di attività che si va a praticare per prevenire qualsiasi tipo di complicanze durante e dopo lo sforzo. La risposta glicemica è variabile da un soggetto all'altro e varia a seconda delle discipline sportive e quindi il tipo di metabolismo che andiamo ad utilizzare. Di solito distinguiamo sport o attività di tipo aerobico e anaerobico, termini che si riferiscono alla capacità dei muscoli di bruciare il glucosio in carenza o in presenza di ossigeno per fornire energia al corpo. Nel corso di attività di tipo aerobico come camminata veloce, corsa, nuoto o bicicletta, la glicemia si riduce per la maggiore disponibilità e attività insulinica; ciò comporta il rischio di incorrere in ipoglicemia³¹. Nel corso di attività di tipo anaerobico come sollevamento pesi, scatti (velocisti) e attività intense di breve durata, oppure in corso di competizioni sportive con coinvolgimento emotivo, la glicemia aumenta per l'intervento di ormoni rilasciati durante lo stress ad azione contro-insulare, come l'adrenalina. I rischi a cui si va incontro sono due: prima, una condizione di iperglicemia durante l'attività fisica, poi, nelle ore successive la fine dell'attività, la sensibilità all'insulina è molto elevata, il muscolo ripristina le sue scorte di glicogeno prelevando il glucosio dal circolo sanguigno, rendendo così il soggetto a rischio di ipoglicemia ritardata. Questi effetti ipoglicemizanti possono perdurare fino a 10-12 ore dal termine dell'esercizio fisico. Gli sport più adatti ai soggetti con diabete di tipo 1 sono gli sport di tipo aerobico, soprattutto se effettuati a media intensità per allenare il cuore senza affaticarlo. Tra gli sport aerobici troviamo il jogging, sci di fondo lento, nuoto, ciclismo in piano, pattinaggio. Mentre tra gli sport anaerobici troviamo tennis, body building, discipline di atletica leggera che richiedono uno sforzo breve, ma intenso, come la velocità e i salti.

Gli sport di squadra come calcio, basket e pallavolo non rientrano né negli sport di tipo aerobico, né in quelli di tipo anaerobico, ma sono definiti sport aerobici-anaerobici alternati in quanto viene utilizzato sia il metabolismo aerobico che anaerobico. Questo tipo di attività fisica riduce il rischio di ipoglicemia sia durante che dopo lo sforzo³².

Oltre al tipo di attività svolta (aerobica/anaerobica), la risposta glicemica all'esercizio dipende anche dall'intensità dello sforzo, dalla sua durata, e dalla condizione di allenamento

del soggetto; influiscono inoltre il timing dell'esercizio (ad esempio dopo il pasto o a digiuno) e il trend glicemico pre-esercizio.

In genere un'attività di lieve intensità e di durata inferiore ai 30 minuti non richiede azioni correttive nella terapia insulinica; in caso invece di esercizio fisico più prolungato è necessario un adeguamento della dose di insulina somministrata: si può considerare una riduzione del 25% per attività di lieve intensità, fino anche a riduzioni del 75% per attività vigorose, in particolare se il soggetto è poco allenato²⁶.

Infine, una lista di consigli pratici da seguire per uno svolgimento sicuro e corretto dell'esercizio fisico:

- Monitorare sempre la glicemia prima, eventualmente durante, e dopo l'attività fisica;
- Se al controllo della glicemia prima dell'inizio dell'attività aerobica, riscontro livelli glicemici <120 mg/dl, assumere una quota supplementare di carboidrati con un piccolo spuntino;
- Evitare l'attività fisica in presenza di chetosi;
- L'attività fisica è sconsigliata se la glicemia è >250-300 mg/dl, anche in assenza di chetosi, in particolare se anaerobica;
- Evitare l'iniezione di insulina in parti del corpo coinvolte nell'esercizio (ad esempio le cosce, se si prevede di andare a correre), perché la maggiore vascolarizzazione aumenta l'assorbimento rapido di insulina e il rischio di ipoglicemia;
- Ricordare che molto spesso la tendenza al calo glicemico che si verifica durante l'allenamento non si verifica durante una partita o una gara;
- In un ambiente caldo e umido l'assorbimento di insulina è aumentato e può essere opportuno ridurre ulteriormente la dose di insulina;
- Prestare particolare attenzione all'esercizio effettuato dopo un episodio di ipoglicemia: per la ridotta risposta adrenergica indotta dalla precedente ipoglicemia, si può incorrere in una nuova ipoglicemia severa.

2. *High Intensity Interval Training*: una strategia di allenamento nei soggetti con diabete di tipo 1

L'esercizio fisico regolare è importante per la salute, la forma fisica e la longevità nelle persone che vivono con il diabete di tipo 1 per i suoi benefici cardiovascolari e metabolici. Tuttavia, un'ampia percentuale di pazienti con la malattia presenta un comportamento sedentario a causa della paura di un evento di ipoglicemia post-esercizio, mancanza di tempo, mancanza di motivazione e la complicata gestione dell'interazione tra esercizio, glicemia e dose di insulina. Il diabete di tipo 1 genera diverse conseguenze negative che incidono sulla qualità della vita: ad esempio, il frequente automonitoraggio della glicemia, la preoccupazione per l'ipoglicemia e la gestione dei cambiamenti dello stile di vita derivati dalla malattia aumentano le situazioni di stress, depressione, ansia e paura. Inoltre, la qualità del sonno (un fattore determinante nel controllo glicemico e nel benessere fisico e mentale) è ridotta tra i pazienti con la patologia, con una durata del sonno più breve e con più episodi di apnea rispetto alle persone sane.

Il trattamento del diabete di tipo 1 richiede un rigoroso equilibrio tra dieta, attività fisica e somministrazione di insulina esogena per mantenere la glicemia entro valori normali. Da tutti questi fattori, l'esercizio è comunemente noto come uno strumento essenziale per migliorare la qualità della vita correlata alla salute. A causa di una tendenza a una maggiore vita sedentaria da parte dei soggetti colpiti da diabete di tipo 1 per i motivi citati sopra, sono necessari nuovi metodi di allenamento col fine di suscitare divertimento e motivazione per sollecitare i soggetti a praticare attività fisica e di conseguenza migliorare la qualità del sonno e la qualità della vita. L'allenamento più indicato che porta a questi risultati è l'*High-Intensity Interval Training* (HIIT). Questo metodo di allenamento prevede brevi periodi ripetuti ad alta intensità ($> 85\%$ VO₂max) intervallati da periodi di recupero passivo o attivo, che richiedono una durata dell'esercizio inferiore rispetto all'allenamento continuo a intensità moderata (MICT). Inoltre, l'HIIT previene anche gli eventi ipoglicemici, tipici della MICT, a causa della sua predominanza anaerobica, evitando anche l'ipoglicemia notturna. Ci sono anche prove che suggeriscono che l'HIIT suscita almeno gli stessi effetti psicologici, incluso il divertimento, del MICT tra popolazioni sane e patologiche come l'obesità, il diabete di tipo 2 e le malattie cardiovascolari. La sicurezza e l'efficienza

temporale dell'allenamento HIIT rendono questo metodo di esercizio un'interessante alternativa per le persone colpite da diabete di tipo 1.

Per sostenere tale tesi, riporto uno studio che ha lo scopo di analizzare l'effetto dell'HIIT sulle variabili che influenzano il benessere psicologico nei soggetti con diabete di tipo 1, precedentemente inattivi³³.

Lo studio è stato svolto su 19 adulti sedentari (10 maschi e 9 femmine) di età compresa fra i 18 e i 45 anni, con la presenza della malattia da almeno 4 anni, HbA1c <10% e nessun programma di allenamento strutturato nei precedenti 6 mesi. Inoltre, questi soggetti non dovevano presentare l'abitudine al tabagismo, l'assunzione di farmaci che influenzano la frequenza cardiaca, il sovrappeso o l'obesità né la pianificazione di interventi chirurgici importanti. I soggetti assegnati al gruppo di controllo sono stati istruiti a mantenere il loro stile di vita, la loro terapia e la loro assunzione dietetica durante il periodo di studio. Prima di iniziare il periodo di attività fisica, i partecipanti hanno svolto dei questionari per valutare il livello di sedentarietà pre-sperimentale, la qualità del sonno e la motivazione ad intraprendere un periodo di allenamento. Il percorso di 6 settimane prevedeva 3 allenamenti HIIT a settimana, su cicloergometro con una progressione ogni 2 settimane. L'allenamento cominciava con 5 minuti di riscaldamento; poi eseguivano 30 secondi di ciclismo ad alta intensità intervallati da 1 minuto di recupero attivo, quindi con un rapporto di 1:2 tra sforzo e recupero. Il numero di intervalli ad alta intensità nelle prime due settimane era di 12 ripetizioni, nelle successive due settimane è aumentato a 16 e nelle ultime due a 20 ripetizioni. L'allenamento terminava con 5 minuti di defaticamento. Le variabili psicologiche che sono state misurate nel caso di studio sono la qualità della vita correlata alla salute, la qualità del sonno e la motivazione all'esercizio fisico.

Il risultato principale dello studio mostra che un HIIT di 6 settimane è sufficiente per migliorare il benessere e l'aderenza all'esercizio nella popolazione con diabete di tipo 1 precedentemente inattiva, poiché la qualità della vita, la qualità del sonno e motivazione all'esercizio hanno ottenuto ottimi risultati nel gruppo sperimentale. Inoltre, lo studio ha dimostrato che questo metodo di allenamento è sicuro per questi soggetti poiché non sono state apportate modifiche all'assunzione di insulina o carboidrati. Inoltre, solo 3 dei 198 allenamenti totali, il che significa meno dell'1,5%, hanno provocato ipoglicemia e si trattava di casi lievi. Non sono state segnalate iperglicemie gravi. Questi dati suggeriscono che l'HIIT previene l'ipoglicemia. Per quanto riguarda i risultati nella qualità della vita correlata

alla salute, i principali miglioramenti sono stati rilevati nei domini fisici e mentali. Significativi miglioramenti sono stati riscontrati nella qualità del sonno, in quanto prima dell'inizio dello studio la qualità del sonno era scarsa in tutti i partecipanti, mentre alla fine è migliorata del 21.6%, dato raccolto tramite un punteggio globale PSQI (questionario citato in precedenza). L'esercizio di tipo aerobico aumenta il rischio di ipoglicemia durante il sonno nelle persone affette da diabete di tipo 1; grazie a questo studio è stato dimostrato che l'HIIT è un'interessante strategia di allenamento per prevenire l'ipoglicemia notturna, soprattutto se eseguita nelle prime ore del mattino. I disturbi del sonno hanno un'influenza negativa sulla salute mentale e fisica e diminuiscono la qualità della vita nei soggetti con diabete di tipo 1³⁴. L'HIIT potrebbe essere utilizzato come una strategia di allenamento per migliorare la qualità del sonno, grazie alla riduzione del rischio di ipoglicemia post-esercizio e notturna che impedisce i risvegli notturni e, di conseguenza, influisce positivamente sulla qualità della vita in questa popolazione.

La mancanza di motivazione è presentata come uno degli ostacoli più importanti delle persone con diabete di tipo 1 all'esercizio fisico. Con questo studio, è stato scoperto che il protocollo HIIT utilizzato ha aumentato la motivazione interna dei soggetti nell'affrontare l'esercizio, quindi un significativo aumento dell'autodeterminazione. Al contempo, le componenti di demotivazioni, sia interni che esterni, hanno subito un notevole calo. L'autodeterminazione considera dei bisogni di base come l'autonomia, la competenza e la consapevolezza, che se soddisfatti, influenzano la motivazione alla pratica dell'esercizio. In questo modo, le persone mostrano una maggiore regolazione intrinseca percependo una certa capacità decisionale, efficacia nel compito da svolgere (quindi un rendersi conto in prima persona dei miglioramenti) e buone relazioni sociali con le persone intorno a loro.

Lo studio di questa tipologia di allenamento in soggetti con diabete di tipo 1 è ancora agli inizi, ma i risultati ottenuti sono una buona base su cui effettuare ulteriori studi interventistici per approfondire ancora di più le correlazioni, i benefici e i rischi tra l'HIIT e il diabete di tipo 1.

CONCLUSIONI

Il diabete mellito di tipo 1 è una patologia cronica, autoimmune e rappresenta circa il 10% dei casi di diabete in tutto il mondo. È una malattia che insorge fin da età infantile, e colpisce per lo più bambini e adolescenti. Per fortuna, al giorno d'oggi, sebbene la causa o le cause di questa malattia non siano ancora note, abbiamo tutti gli strumenti per garantire una vita normale per tutti quei soggetti con diabete di tipo 1. Nonostante questo, spesso si pensa che la pratica dell'attività fisica o di uno sport, soprattutto nei bambini, sia un ostacolo o addirittura sia pericoloso per i soggetti. In questa tesi mi sono concentrato sui benefici che porta l'esercizio fisico in questa popolazione, riportando sia i rischi nei quali si può incorrere, ma che possono essere tranquillamente controllati grazie a una terapia mirata concordata col medico, grazie ad un'alimentazione sana e corretta per questo tipo di malattia e grazie a tutti i nuovi strumenti che facilitano l'autocontrollo della glicemia. Inoltre, l'esercizio fisico, sia nel breve che nel lungo periodo, porta miglioramenti a livello metabolico, a livello del sistema cardiocircolatorio, delle funzioni ormonali e del sistema nervoso, oltre che a ridurre, soprattutto in bambini e adolescenti, stati di ansia, agitazione e depressione nei confronti della malattia.

In conclusione, possiamo affermare con certezza che, con le dovute attenzioni, tutti i soggetti con diabete di tipo 1, non solo possono praticare sport e attività fisica, ma devono essere parte integrante della terapia stessa contro la malattia.

BIBLIOGRAFIA

19. E. J. COCKCROFT, P. NARENDRAN, R. C. ANDREWS, *Exercise-induced hypoglycaemia in type 1 diabetes.*

28. NANA WU, SHANNON S. D. BREDIN, VERONICA K. JAMNIK, M. S. KOEHLE, YANFEI GUAN, E. M. SHELLINGTON, YONGFENG LI, JUN LI, DARREN E. R. WARBURTON, *Association between physical activity level and cardiovascular risk factors in adolescents living with type 1 diabetes mellitus: a cross-sectional study.*

29. GARRET I. ASH, KEVIN L. JOINER, M. SAVOYE, JULIEN S. BAKER, J. GEROSA, E. KLECK, NEHA S. PATEL, LOIS S. SADLER, M. STULTS-KOLEHMAINEN, STUART A. WEINZIMER, M. GREY, *Feasibility and safety of a group physical activity program for youth with type 1 diabetes.*

1. LINDA A. DI MEGLIO, C. EVANS-MOLINA, RICHARD A. ORAM, *Type 1 diabetes.*

20. MAUREEN MONAGHAN, VICKI HELGESON, DEBORAH WIEBE, *Type 1 Diabetes in Young Adulthood.*

21. G. TASCINI, M. G. BERIOLI, L. CERQUIGLINI, E. SANTI, G. MANCINI, F. ROGARI, G. TONI, S. ESPOSITO, *Carbohydrate Counting in Children and Adolescents with Type 1 Diabetes.*

11. YANLING WU, YANPING DIN, YOSHIMASA TANAKA, WEN ZHANG, *Risk Factors Contributing to Type 2 Diabetes and Recent Advances in the Treatment and Prevention.*

32. MICHAEL C. RIDDEL, SAM N. SCOTT, PAUL A. FOURNIER, SHERI R. COLBERG, IAN W. GALLEN, OTHMAR MOSER, CHRISTOPH STETTLER, JANE E. YARDLEY, DESSI P. ZAHARIEVA, PETER ADOLFSSON, RICHARD M. BRACKEN, *The competitive athlete with type 1 diabetes.*

33. JESUS ALARCON-GOMEZ, IVAN CHULVI-EDRANO, FERNANDO MARTIN-RIVERA, JOAQUIN CALATAYUD, *Effect of High-Intensity Interval Training on Quality of Life, Sleep Quality, Exercise Motivation and Enjoyment in Sedentary People with Type 1 Diabetes Mellitus.*

24. ROBERTO CODELLA, ILEANA TERRUZZI, LIVIO LUZI, *Why should people with type 1 diabetes exercise regularly?*

34. RAVY REDDI, JOSEPH EL YOUSSEF, KERRI WINTERS -STONE, DEBORAH BRANIGAN, JOSEPH LEITSCHUH, JESSICA CASTLE, PETER G JACOBS, *The effect of exercise on sleep in adults with type 1 diabetes.*

22. S. SCOTT, P. KEMPF, L. BALLY, C. STETTLER, *Carbohydrate Intake in the Context of Exercise in People with Type 1 Diabetes.*

31. THANH-TIN P. NGUYEN, PETER G. JACOBS, JESSICA R. CASTLE, LEAH M. WILSON, KERRY KUEHL, DEBORAH BRANIGAN, VIRGINIA GABO, FLORIAN GUILLOT, MICHAEL C. RIDDEL, AHMAD HAIAR, JOSEPH EL YOUSSEF, *Separating insulin-mediated and non-insulin-mediated glucose uptake during and after aerobic exercise in type 1 diabetes.*

15. EMILY C. L. KNOX, HELEN QUIRK, CRIS GLAZEBROOK, TABITHA RANDELL, HOLLY BLAKE, *Impact of technology-based interventions for children and young people with type 1 diabetes on key diabetes self-management behaviours and prerequisites: a systematic review.*

30. ARTUR MYSLIWIEC, AGNIESZKA LEJK, MARIA SKALSKA, JOANNA JASTRZEBSKA, BEATA SZTANGIERSKA, ZBIGNIEW JASTRZEBSKI, *Assessment of the diet of male adolescents suffering from type 1 diabetes.*

25. ANTON J. M. WAJENMAKERS, *The clinical and metabolic benefits of exercise for people with type 1 diabetes.*

26. K. DASH, E. C. GOYDER. H. QUIRK, *A qualitative synthesis of the perceived factors that affect participation in physical activity among children and adolescents with type 1 diabetes.*

27. AGNIESZKA SZADKOWSKA, *Exercise and sport - challenges and benefits for the children and adolescents with type 1 diabetes.*

23. C. KOUAM, N. PAQUOT, *Sport in type 1 diabetic patient: interests and precautions*.

16. GIUSEPPE NACCI, *Come affrontare il diabete*, Editoriale programma, Padova, 2011.

3. RENATO MASSINI, DONATELLO IZZI, PATRIZIA MARCHETTI, FRANCESCA PASSERETTI, UMBERTO RECINE, *Medicina interna*, Sesta edizione, Mc Graw Hill Education, Milano.

17. MARIA AMBROSI DONATI, LUCIANO DONATI, *Manuale per il diabetico e i suoi familiari*, Città Nuova, Roma.

18. CHARLES M. PETERSON, LOIS JOVANOVIC-PETERSON, *Vivere con il diabete. Come tenerlo sotto controllo per condurre una vita normale*, Gruppo editoriale Armenia spa, Milano,

14. CATHERINE STEVEN, *Il diabete, Terapie complementari, Tecniche alternative, Trattamenti convenzionali*, Zelig Editore, Milano, 2000.

12. Istituto Superiore di Sanità <https://www.epicentro.iss.it/igea/diabete/#diabete2>

13. Ministero della Salute <https://www.salute.gov.it>

