



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Medicina

Dipartimento di Scienze Biomediche

Corso di laurea Magistrale in

Scienze e Tecniche delle Attività Motorie Preventive e Adattate

Tesi di Laurea

**PROGRAMMAZIONE CrossFit® PER SOGGETTI CON SINDROME
METABOLICA E DIABETE DI TIPO 2**

Relatore: Prof.ssa Tatiana Moro

Laureando: Galasso Riccardo

N° di matricola: 2029242

Anno Accademico 2022/2023

INDICE

1. LA SINDROME METABOLICA

1.1 La sindrome Metabolica

1.2 Obesità

1.3 Diabete di tipo 2

1.4 Ipertensione

2. ESERCIZIO, CrossFit® E SINDROME METABOLICA

2.1 Linee Guida per l'attività fisica nelle patologie croniche

2.2 Il CrossFit®

2.3 CrossFit® e patologie metaboliche

2.3.1 Sindrome metabolica e obesità

2.3.2 Ipertensione

2.3.3 Diabete di tipo 2

3. PROGRAMMAZIONE NEL CrossFit®

3.1 Metodologia

3.2 Concetto di scalabilità

3.3 Proposta di un programma di allenamento CrossFit®

4. CONCLUSIONI

BIBLIOGRAFIA

ABSTRACT

Metabolic syndrome is a pathological condition closely related to insulin resistance, which triggers the development of chronic pathologies such as type 2 diabetes mellitus, cardiovascular pathologies and dyslipidemias; today in significant increase due to sedentary lifestyle, incorrect eating habits and various environmental factors. Among the physiopathological factors, the genesis' mechanism of the insulin resistance and the related chronic pathologies, obesity stands out. The exercise, especially high intensity training, such as CrossFit®, is strongly recommended. The training lasts 45-60 minutes and it is made of functional movements. CrossFit® has a positive impact on body composition (decreased body weight, reduced fat mass, increased free fat mass), increases cardiorespiratory capacity and endurance (reduced heart rate, systolic and diastolic pressure, increased VO₂ max), improves triglycerides and LDL levels, improves the functionality of pancreatic β cells by controlling and preventing type 2 diabetes, respiratory diseases, cardiovascular disease and dyslipidemia. In addition, CrossFit® provides progression and scalability of factors such as the weight, the volume and the movement, preserving the expected stimulus, so from to reduce the incidence of injuries making this training methodology suitable for anyone.

RIASSUNTO

La sindrome metabolica è una condizione patologica strettamente correlata all'insulino resistenza, fattore scatenante lo sviluppo di patologie croniche come diabete mellito di tipo 2, patologie cardiovascolari e dislipidemie; ad oggi in notevole incremento a causa di stile di vita sedentario, di abitudini alimentari scorrette e di vari fattori ambientali. Tra i fattori fisiopatologici, nella genesi del meccanismo di insulino resistenza e patologie croniche annesse, spicca l'obesità. L'esercizio fisico, specialmente l'allenamento ad alta intensità, come il CrossFit®, è fortemente raccomandato. L'allenamento ha una durata di 45-60 minuti e consiste in movimenti funzionali. Il CrossFit® ha un impatto positivo sulla composizione corporea (diminuzione del peso corporeo, riduzione della massa grassa, aumento della massa magra), aumenta la capacità e la resistenza cardiorespiratoria (riduzione di battito cardiaco, pressione sistolica e pressione diastolica, aumento della VO₂ max), migliora i livelli di trigliceridi e LDL, migliora la funzionalità delle cellule β pancreatiche controllando e prevenendo gli stati di diabete di tipo 2, patologie respiratorie, malattie cardiovascolari e dislipidemia. Inoltre il CrossFit® prevede progressione e scalabilità di fattori come il carico, il volume ed il movimento, preservando lo stimolo previsto, in modo tale da diminuire l'incidenza di infortuni e lesioni rendendo questa metodologia di allenamento adatta a chiunque.

INTRODUZIONE

La sindrome metabolica non è nata come una singola entità medica definita in un momento preciso, ma è stata riconosciuta come un insieme di fattori di rischio metabolici che sono strettamente correlati tra loro; dei quali, negli anni, i ricercatori hanno identificato l'associazione, dando origine al concetto di sindrome metabolica.

La sindrome metabolica è stata descritta per la prima volta nel 1988 da Gerald Reaven, endocrinologo e professore alla Stanford School of Medicine, che ha coniato il termine "sindrome X" (1,2). La sua teoria suggeriva che vi fosse una stretta correlazione tra l'insulino-resistenza e un cluster di ulteriori anomalie metaboliche (obesità, ipertensione, dislipidemia) che insieme aumentavano il rischio d'insorgenza di patologie cardiovascolari. Tuttavia, nel corso degli anni, la definizione di sindrome metabolica è stata affinata e modificata. Attualmente, la definizione più utilizzata per la sindrome metabolica è basata sui criteri dell'International Diabetes Federation (IDF) (2), dell'American Heart Association (AHA) (3) e di altre organizzazioni sanitarie internazionali. Secondo l'American Heart Association “La sindrome metabolica è un insieme di cinque condizioni che possono portare a patologie cardiologiche, diabete, infarto e altri problemi cardiovascolari come l'aterosclerosi. La sindrome metabolica è diagnosticata nel momento in cui il paziente manifesta almeno tre dei seguenti fattori di rischio:

- Circonferenza della vita di almeno 102 cm nell'uomo e di 89 cm nelle donne
 - Livello di trigliceridi di almeno 150 mg/dL (1,70 mmol/L)
 - Livello di colesterolo HDL inferiore a 40 mg/dL (1,05 mmol/L) negli uomini o 50 mg/dL nelle donne
 - Pressione arteriosa sistolica di almeno 130 mmHg o pressione arteriosa diastolica di almeno 85 mmHg
 - Livello di glucosio a digiuno di almeno 100 mg/dL (5,6 mmol/L)
- (3).”

Il numero di soggetti con sindrome metabolica sta aumentando principalmente a causa di cambiamenti nello stile di vita, nelle abitudini alimentari e di vari fattori ambientali (4). È evidente quanto la sindrome metabolica sia un problema di salute globale. Tuttavia la sindrome metabolica è particolarmente prevalente o in aumento soprattutto nei paesi

occidentali (40). È risaputo (4) che l'inattività fisica e uno stile di vita scorretto siano i principali fattori di rischio per lo sviluppo di condizioni patologiche come ipertensione, diabete mellito di tipo 2, obesità, dislipidemia.

L'attività fisica regolare può perciò svolgere un ruolo fondamentale nel migliorare la salute di coloro che presentano questa sindrome. Ecco alcuni benefici dell'attività fisica per i soggetti con sindrome metabolica (4,10):

1. Controllo del peso: l'attività fisica regolare aiuta a bruciare calorie e a mantenere un peso sano. La perdita di peso e il mantenimento di un peso corporeo adeguato possono ridurre i sintomi della sindrome metabolica, in particolare il fattore di rischio che riguarda l'obesità localizzata a livello addominale (4,10).

2. Miglioramento della sensibilità insulinica: l'attività fisica regolare può aumentare la sensibilità all'insulina, il che significa che il corpo risponde meglio all'ormone e ne fa un uso più efficiente. Questo può aiutare a gestire i livelli di glucosio nel sangue e a prevenire l'insorgenza del diabete di tipo 2 (4,10).

3. Riduzione dei livelli di glucosio nel sangue: l'attività fisica può aiutare a ridurre i livelli di glucosio nel sangue, sia durante l'attività stessa che nel tempo, grazie ad un maggior utilizzo delle riserve di glucosio da parte dei muscoli (4,10).

4. Miglioramento del profilo lipidico: l'attività fisica regolare può aumentare il colesterolo HDL (noto come "colesterolo buono") e diminuire i livelli di colesterolo LDL (noto come "colesterolo positivo") nel sangue. Ciò può ridurre il rischio di malattie cardiache (4,10).

5. Riduzione della pressione sanguigna: l'attività fisica regolare può aiutare a ridurre la pressione sanguigna e a mantenere la salute del sistema cardiocircolatorio (4,10).

6. Miglioramento della salute cardiorespiratoria: l'attività fisica regolare può migliorare la capacità polmonare e la funzionalità cardiovascolare. Ciò può contribuire a ridurre il rischio di malattie cardiache e migliorare la salute generale (4,10).

La tipologia di esercizio fisico consigliata per i soggetti con sindrome metabolica prevede la presenza di esercizi aerobici, allenamenti contro resistenza ed esercizi di flessibilità ed equilibrio.

Queste tre tipologie di allenamento sono racchiuse in una disciplina che ormai sta prendendo sempre più piede nel mondo quale è il Crossfit®

Il Crossfit® è un regime di allenamento ad alta intensità e di fitness funzionale che è diventato popolare negli ultimi anni. È stato fondato da Greg Glassman negli anni '90 fino a diventare uno degli sport più praticati al mondo già dagli anni 2000.

La filosofia del Crossfit® si basa sull'obiettivo di migliorare la resistenza cardiovascolare e respiratoria, la forza, la flessibilità, la potenza, la velocità, la coordinazione, l'agilità, l'equilibrio e la precisione. Gli allenamenti si concentrano su movimenti funzionali ad alta intensità che coinvolgono vari gruppi muscolari contemporaneamente, simili a quelli che si possono incontrare nella vita quotidiana o nella pratica sportiva.

Perciò il Crossfit® , fin dalla sua nascita, ha avuto un impatto significativo sulla cultura del fitness, promuovendo un approccio olistico all'allenamento che si concentra sul miglioramento complessivo del corpo e della mente.

CAPITOLO 1

LA SINDROME METABOLICA

1.1 La sindrome metabolica

La sindrome metabolica, nota anche come sindrome X, è definita dall'OMS come una condizione patologica caratterizzata da obesità addominale, insulino resistenza, ipertensione e iperlipidemia (3,4). Questa malattia non trasmissibile è diventata il principale pericolo per la salute del mondo moderno. La sindrome metabolica è significativamente associata ad un alto rischio di sviluppare diabete di tipo 2 e malattie cardiovascolari. Le due cause fondamentali che contribuiscono alla diffusione della malattia sono l'aumento del consumo del fast food e quindi un'alimentazione poco sana dovuta all'assunzione di alimenti a basso contenuto di fibre e ipercalorici, e la diminuzione dell'attività fisica dovuta all'utilizzo di trasporti meccanizzati e ad hobby o attività nel tempo libero sedentarie.

I disturbi per diagnosticare la sindrome metabolica sono valutati utilizzando 6 indici: circonferenza della vita, livelli di glucosio a digiuno, livelli di trigliceridi, livelli di lipoproteine ad alta densità (HDL), livelli di colesterolo e pressione sanguigna (4).

La fisiopatologia della sindrome metabolica (MetS) comprende meccanismi complessi e non ancora del tutto chiariti. Il dibattito è se i diversi elementi di MetS formino da soli patologie distinte o se rientrino in un processo patogenetico comune e più ampio. Fattori genetici ed epigenetici insieme ad alcuni stili di vita e ambientali, come l'eccesso di cibo a basso valore nutrizionale e la mancanza di attività fisica, risultano essere i principali fattori per lo sviluppo del MetS. Un ruolo principale nello sviluppo del MetS lo ha un apporto calorico eccessivo, in quanto l'adiposità viscerale si è dimostrata essere un importante fattore scatenante di meccanismi quali: insulino resistenza, infiammazione cronica e attivazione neuro-ormonale che sembrano essere fattori essenziali nella progressione del MetS e nella sua successiva progressione verso le malattie cardiovascolari e diabete mellito di tipo 2 (4).

L'insulina è un ormone peptidico prodotto dalle cellule β del pancreas in risposta all'iperglicemia e i suoi effetti anabolici inibiscono la lipolisi epatica e la gluconeogenesi e aumentano l'assorbimento del glucosio nel fegato, nei muscoli e nel tessuto adiposo.

Quando esiste resistenza all'insulina nel tessuto adiposo, gli acidi grassi liberi circolanti (FFAs) aumentano a causa della ridotta inibizione della lipolisi mediata dall'insulina. L'aumento degli FFAs aggrava la resistenza all'insulina, portando a cascate di segnalazione dell'insulina alterata in diversi organi, creando un circolo vizioso. Nel muscolo, la traslocazione di GLUT-4 in superficie è ridotta, con conseguente ridotto assorbimento di glucosio. Allo stesso tempo, gli FFAs agiscono sul fegato per promuovere la gluconeogenesi e la lipogenesi, creando uno stato iper insulinemico continuo per raggiungere livelli normali di zucchero nel sangue.

L'insulino resistenza inoltre sviluppa l'ipertensione causata sia dalla perdita dell'effetto vasodilatatore dell'insulina sia dalla vasocostrizione indotta dagli FFAs. Altri meccanismi dovuti sempre all' insulino resistenza portano ad una maggior viscosità del siero, crea uno stato protrombotico e aumenta il rilascio di citochine pro-infiammatorie dal tessuto adiposo che svolgono un ruolo principale nell'aumentare i rischi di malattie cardiovascolari e diabete mellito di tipo 2 (4,5,10).

1.2 Obesità

L'obesità origina da cause multifattoriali che coinvolgono fattori genetici, ambientali, socio-economici, comportamentali e psicologici (6). L'obesità deriva da un bilancio energetico cronico positivo modulato da complesse interazioni tra il tessuto endocrino e il sistema nervoso centrale (7).

La misurazione dell'obesità avviene mediante il calcolo dell'indice di massa corporea (BMI) anche se la misurazione della circonferenza vita risulta essere il miglior indicatore antropometrico del grasso viscerale e il miglior indicatore di disturbi metabolici come diabete, ipertensione e dislipidemia (8).

Tab. 1: Classificazione del grasso corporeo in base all'indice di massa corporea secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità

BMI	CLASSIFICAZIONE
<18.5	SOTTOPESO
18.5-24.9	SALUTARE
25-29.9	SOVRAPPESO
30-39.9	OBESO
>40	PATOLOGICAMENTE OBESO

L'obesità ha una componente infiammatoria che è direttamente e indirettamente associata alle principali malattie croniche come il diabete, l'aterosclerosi, l'ipertensione e vari tipi di cancro. I livelli di citochine infiammatorie circolanti come IL-6, TNF α , CRP, IL-18, resistina e visfatina sono alterati nei soggetti obesi e in sovrappeso (7, 9).

L'esercizio fisico e la restrizione dietetica sono fortemente raccomandati per ridurre l'aumento di peso e le complicazioni associate. È stato dimostrato che la restrizione calorica è efficace per la diminuzione dello stato infiammatorio nel soggetto obeso, tuttavia gli studi hanno dimostrato che la perdita di peso con la dieta ha uno scarso effetto sugli interventi antinfiammatori a lungo termine mentre l'esercizio fisico regolare ha un effetto significativo sull'infiammazione cronica e sulle malattie legate all'obesità, come l'ipertensione, il diabete e la dislipidemia (8).

1.3 Diabete di tipo 2

Il diabete di tipo 2 è un disturbo metabolico caratterizzato dalla resistenza all'insulina e dalla disfunzione delle cellule β nel pancreas a causa di un'elevata instabilità della glicemia. In seguito all'incapacità delle cellule β di rispondere adeguatamente all'insulina e all'eventuale disfunzione delle stesse, si verifica un'alterazione dell'omeostasi generale del metabolismo corporeo (10, 11).

La resistenza dei tessuti bersaglio all'insulina e una ridotta produzione di insulina da parte delle cellule β pancreatiche sono le principali caratteristiche del diabete di tipo 2. Durante la fase preclinica della malattia si osserva un aumento della quantità di cellule β e dell'insulina circolante come reazione alla resistenza insulinica. Tuttavia, a causa dell'incapacità delle cellule β di compensare completamente tale resistenza, si verifica una carenza insulinica che progredisce in diabete di tipo 2 conclamato.

Gli organi coinvolti nello sviluppo del diabete di tipo 2 sono il pancreas (cellule β e α), il fegato, il muscolo scheletrico, i reni, il cervello, l'intestino tenue e il tessuto adiposo (11). Dati in evoluzione suggeriscono un ruolo per la disregolazione delle adipochine, l'infiammazione e il microbiota intestinale anormale, con la disregolazione immunitaria e l'infiammazione che emergono come importanti fattori fisiopatologici.

A livello globale, l'incidenza e la prevalenza del diabete di tipo 2 variano ampiamente in base all'etnia e alla regione geografica, con le popolazioni giapponese, ispanica e nativa americana a più alto rischio. Gli asiatici hanno un'incidenza maggiore rispetto ai bianchi americani e ai bianchi britannici, con il rischio più elevato tra i neri. Sebbene non sia stata identificata una causa definitiva, sono stati ipotizzati fattori come lo stile di vita moderno (che promuove l'obesità), la condizione socioeconomica, la predisposizione genetica, o indirettamente l'interazione tra genetica e ambiente (11).

1.4. Ipertensione

L'ipertensione arteriosa è uno dei fattori di rischio che caratterizza il cluster di anomalie metaboliche proprie della sindrome metabolica.

L'ipertensione, a sua volta, è il fattore di rischio più comune per l'insorgenza di patologie cardiovascolari. Nel mondo le malattie cardiovascolari colpiscono 471 milioni di persone e rappresentano la principale causa di morte con circa 17,6 milioni di decessi all'anno, con una tendenza ad aumentare sino a 24 milioni entro il 2030 (38).

Importante fattore che cambia l'evoluzione della malattia è l'attività fisica, una valida terapia non farmacologica, ove possibile, per evitare l'uso di medicinali, che non escludono il manifestarsi di effetti collaterali.

L'ipertensione arteriosa è una condizione clinica cronica definita da valori pressori.

Valori pressori (Tab. 2) definiti dall'American Heart Association (12) sottolineano uno stato ipertensivo a partire da una pressione arteriosa sistolica superiore a 130 mmHg e/o da una diastolica maggiore a 80 mmHg ottenuti mediante la rilevazione clinica da parte del medico (13).

Tab. 2: Classificazione della pressione arteriosa secondo l'American Heart Association (12)

CATEGORIA PRESSIONE SANGUIGNA	SISTOLICA mm Hg (numero superiore)	e/o	DIASTOLICA mm Hg (numero inferiore)
NORMALE	MENO DI 120	E	MENO DI 80
ELEVATO	120 – 129	E	MENO DI 80
ALTA PRESSIONE SANGUIGNA (IPERTENSIONE) FASE 1	130 – 139	O	80 – 89
ALTA PRESSIONE SANGUIGNA (IPERTENSIONE) FASE 2	140 O SUPERIORE	O	90 O SUPERIORE
CRISI IPERTENSIVA (consultare immediatamente il medico)	SUPERIORE A 180	e/o	SUPERIORE A 120

Ci sono molti fattori fisiopatologici nella genesi dell'ipertensione: aumento dell'attività del Sistema Nervoso Simpatico, forse correlata ad una maggiore esposizione o risposta allo stress psicosociale; sovrapposizione di ormoni che trattengono il sodio e vasocostrittori; un apporto di sodio elevato per lungo termine; un apporto alimentare inadeguato di calcio e potassio; secrezione di renina aumentata o inappropriata con conseguente aumento della produzione di angiotensina II e aldosterone; carenze di vasodilatatori come la prostaciclina, l'ossido nitrico e i peptidi natriuretici; alterazione nell'espressione del sistema callicreina-chinina che influenzano il tono vascolare e la gestione sali renali; anomalie dei vasi di resistenza,

comprese lesioni selettive a livello renale micro vascolarizzazione; diabete mellito; resistenza all'insulina; obesità; aumento dell'attività dei fattori di crescita vascolare; alterazioni dei recettori adrenergici che influenzano la frequenza cardiaca, le proprietà inotrope del cuore e il tono vascolare e trasporto di ioni cellulari alterato. Anomalie strutturali e funzionali del sistema vascolare possono precedere l'ipertensione e contribuire ad essa (12, 13).

CAPITOLO 2

ESERCIZIO, CrossFit® E SINDROME METABOLICA

2.1 Linee Guida per l'attività fisica nelle patologie croniche

I fattori di rischio che definiscono la sindrome metabolica (circonferenza della vita, dislipidemia, ipertensione e resistenza all'insulina) sono in parte comunemente legati a comportamenti sedentari. Diversi studi condotti negli ultimi decenni hanno evidenziato che un aumento dell'attività fisica e un maggior aumento di fitness cardiorespiratorio hanno un effetto positivo su ciascuno dei componenti della sindrome metabolica (4, 14, 15).

Nonostante ciò, l'uso dell'attività fisica come terapia per le malattie metaboliche è scarsamente adottato. Spesso, si preferiscono trattamenti farmacologici o altre opzioni terapeutiche che tendono ad essere più economiche (16).

Nei soggetti in sovrappeso o obesi, la perdita di peso ottenuta esclusivamente dall'attività fisica porta solo ad una modesta riduzione del peso e del grasso addominale rispetto a quanto possibile con la sola dieta. Questo risultato può essere attribuibile a un basso livello iniziale di capacità cardiorespiratoria, il quale limita la capacità della persona di generare un deficit calorico sufficiente per conseguire una significativa perdita di peso.

In contrasto, agendo sulle abitudini alimentari è possibile perdere peso più rapidamente; soprattutto quando la persona assume giornalmente un notevole introito calorico e l'intervento alimentare prevede un drastico deficit energetico. Tuttavia, questi regimi alimentari possono aiutare ad avviare un percorso di perdita di peso, ma non possono essere sostenuti a lungo (17). Anche i risultati sul mantenimento del peso a lungo termine, sono meno efficaci quando l'intervento è confinato alla sola riduzione delle calorie giornaliere.

Le persone in sovrappeso o obese devono essere consapevoli del benessere dato dall'attività fisica. L'aumento della capacità cardiorespiratoria e della forza rendono più facili le attività quotidiane con conseguente miglioramento della mobilità, le capacità funzionali e la qualità della vita. Inoltre anche in assenza di perdita di peso l'attività fisica

migliora gli stati di ipertensione, dislipidemia, diabete tipo 2 e di conseguenza la resistenza insulinica e alti livelli di glucosio nel sangue (18, 19).

Le attuali linee guida (20) suggeriscono di impegnarsi in almeno 150 minuti di esercizio aerobico di intensità moderata o 75 minuti di esercizio aerobico ad alta intensità ogni settimana, insieme a sessioni di allenamento di resistenza e potenziamento muscolare che coinvolgano tutti i principali gruppi muscolari almeno due volte nell'arco della settimana. Per coloro che desiderano mantenere una perdita di peso, livelli di attività fisica più elevati (tra 225 e 420 minuti di esercizio di intensità moderata a settimana) si sono dimostrati più efficaci nel sostenere la perdita di peso rispetto a livelli inferiori (meno di 150 minuti a settimana). La perdita di peso è stata associata a miglioramenti nella prevalenza e nella gravità di numerose condizioni mediche correlate all'obesità, tra cui l'insulino-resistenza, l'infiammazione, la dislipidemia, l'ipertensione, la sindrome metabolica, il diabete, le patologie respiratorie e le malattie cardiovascolari (20).

Nei soggetti con diabete di tipo 2 l'attività fisica migliora la salute e la gestione della glicemia. Molti degli effetti positivi documentati derivano da un aumento della sensibilità insulinica, dalla gestione dell'iperglicemia dopo i pasti e dalla riduzione del rischio di patologie cardiovascolari (21).

Tab. 3: tipologie di allenamento fisico consigliati per soggetti con diabete di tipo 2

Tipo di formazione	Tipo	Intensità	Frequenza	Durata	Progressione
Aerobico	Camminare, fare jogging, andare in bicicletta, nuotare, attività acquatiche, canottaggio, danza, allenamento a intervalli	40%-59% del VO ₂ R o HR R (moderato), RPE 11-12; o 60%-89% di VO ₂ R o HRR (vigoroso), RPE 14-17	3-7 giorni a settimana, con non più di 2 giorni consecutivi tra un periodo di attività e l'altro	Minimo da 150 a 300 minuti a settimana di attività moderata o da 75 a 150 minuti di attività vigorosa, o una combinazione	La velocità di progressione dipende dalla forma fisica di base, dall'età, dal peso, dallo stato di salute e dagli obiettivi individuali; Si raccomanda una progressione graduale sia dell'intensità che del volume

Tipo di formazione	Tipo	Intensità	Frequenza	Durata	Progressione
				e equivalente di queste	
Resistenza	Pesi liberi, macchine, elastici o peso corporeo come resistenza; eseguire 8-10 esercizi che coinvolgano i principali gruppi muscolari	Moderato al 50%-69% di 1-RM o vigoroso al 70%-85% di 1-RM	2-3 giorni a settimana, ma mai in giorni consecutivi	10-15 ripetizioni per serie, 1-3 serie per tipo di esercizio specifico	Come tollerato; aumentare prima la resistenza, seguita da un numero maggiore di serie e quindi aumentare la frequenza di allenamento
Flessibilità	Stretching statico, dinamico o PNF; esercizi di equilibrio; lo yoga e il tai chi aumentano la libertà di movimento	Allungare fino al punto di tensione o leggero disagio	≥2-3 giorni/settimana o più; di solito fatto quando i muscoli e le articolazioni sono riscaldati	10-30 s per gruppo di allungamento (statico o dinamico); 2-4 ripetizioni di ciascuno	Come tollerato; può aumentare la gamma di allungamento finché non è doloroso
Bilancia	Esercizi di equilibrio: esercizi di resistenza per la parte inferiore del corpo e per il core, yoga e tai chi migliorano anche l'equilibrio	Nessuna intensità prestabilita	≥2-3 giorni/settimana o più	Nessuna durata prestabilita	Come tollerato; l'allenamento dell'equilibrio deve essere svolto con attenzione per ridurre al minimo il rischio di cadute

Il fattore di rischio di malattie cardiovascolari più comune, costoso e prevenibile è l'ipertensione. Fattori riguardanti lo stile di vita come svolgere attività fisica, sono essenziali per modificare le condizioni date dall'ipertensione. Tra gli adulti con ipertensione, l'esercizio riduce il rischio di progressione della malattia cardiovascolare, riducendo la pressione arteriosa dopo l'esercizio e riducendo la mortalità per malattie cardiovascolari in modo dose-risposta (4, 21).

Tab 4: tipi di allenamento fisico consigliati per soggetti con ipertensione

	Aerobico	Contro resistenza	Neuromotorio	Flessibilità
Frequenza	5-7 giorni a settimana	2-3 giorni a settimana	>2/3 giorni a settimana	>2/3 giorni a settimana
Intensità	moderato [ovvero, 40-60% VO ₂ R o 11-14 su una scala da 6 (nessuno sforzo) a 20 (sforzo massimo) o un'intensità che causa notevoli aumenti della frequenza cardiaca e della respirazione	da moderato a vigoroso (60-80% 1RM)	Da basso a moderato	allungarsi fino al punto di sentire tensione o leggero disagio per la flessibilità.
Tempo	un minimo di 30 minuti o fino a 60 minuti al giorno	2-4 serie x8-12 rep per i maggiori gruppi muscolari	>20-30 minuti per allenamento	2-4 ripetizioni per 10''-30'' di stretching statico per i maggiori gruppi muscolari per un totale di 10' di allenamento.
Tipo	attività prolungate e ritmiche che utilizzano grandi gruppi muscolari come camminare, andare in bicicletta o nuotare.	Macchine isotoniche, pesi liberi, elastici, corpo libero..	esercizi che coinvolgono abilità motorie, movimenti a corpo libero ed esercizi di flessibilità come yoga pilates e tai chi	Statica, dinamica e propriocettiva

Le linee guida per l'attività fisica nei soggetti con malattie croniche (ipertensione, obesità, diabete tipo 2, sindrome metabolica) sono raccomandazioni generali. Di conseguenza è compito dell'istruttore/operatore sanitario tradurre queste linee guida nella pratica adattandole ad ogni soggetto che presenta condizioni e rischi diversi dagli altri.

Per quanto riguarda obesità, sindrome metabolica e iperlipidemia non ci sono controindicazioni generali, tuttavia si dovrebbe tener conto di malattie concorrenti come ipertensione e diabete di tipo 2.

In generale, evitare l'attività fisica comporta più rischi che impegnarsi nell'attività fisica stessa; tuttavia, sono necessarie precauzioni speciali.

Nel caso di un soggetto diabetico in cui il livello di glucosio nel sangue sia > 17 mmol/L, l'attività fisica dovrebbe essere temporaneamente sospesa fino a quando non sarà possibile aggiustarlo. Lo stesso vale in caso di ipoglicemia < 7 mmol/L se il paziente è in terapia insulinica. (22)

Nei casi di ipertensione e retinopatia proliferativa attiva, dovrebbero essere evitati l'esercizio fisico intenso o le manovre di Valsalva (22). L'allenamento per la forza dovrebbe essere fatto con pesi leggeri e con contrazioni muscolari lente (22). In caso di neuropatia e rischio di ulcere del piede, l'attività fisica dovrebbe essere evitata. Lo stress ripetitivo sui piedi neuropatici può portare a ulcere e fratture. Gli esercizi sul tapis roulant, le lunghe camminate/corse e gli esercizi di camminata sono sconsigliati, mentre sono consigliati gli esercizi senza carico, come il ciclismo, il nuoto e il canottaggio.

Si noti che nei pazienti con neuropatia autonoma, l'ischemia grave può verificarsi senza sintomi (ischemia silente). Questi pazienti tipicamente soffrono di tachicardia a riposo, disregolazione ortostatica e disregolazione della temperatura. Esiste il rischio di morte cardiaca improvvisa. Potrebbe essere ragionevole consultare un cardiologo ed eseguire un elettrocardiogramma da sforzo o una scansione del miocardio. I pazienti devono essere informati di evitare l'attività fisica a basse o alte temperature e di mantenere un'adeguata assunzione di liquidi durante l'attività fisica (22).

Per soggetti ipertesi una PAS a riposo > 210 mmHg è controindicato l'inizio dei test da sforzo, mentre un'elevata PA durante l'esercizio (definita come PAS > 250 mmHg o PAD > 115 mmHg) è indicazione dell'interruzione dell'attività (22).

Inoltre maggiore attenzione è rivolta a quei soggetti che fanno attività fisica e assumono alfa-bloccanti, bloccanti dei canali del calcio o farmaci vasodilatatori in quanto ci sarebbe una maggior propensione all'ipotensione (23). Aumentare il periodo di raffreddamento/defaticamento post esercizio con attività leggera evitando di interrompere bruscamente l'esercizio può alleviare gli effetti collaterali legati all'ipotensione.

Per i soggetti che assumono beta-bloccanti e diuretici è consigliato allenarsi in ambienti che non siano caldi o troppo umidi in quanto si potrebbe avere un'alterazione della termoregolazione durante l'attività (24, 25).

2.2 Il CrossFit®

L'azienda CrossFit® nasce nel 2000 anche se le origini di questo sport risalgono a qualche anno prima. Greg Glassman crea i primi concetti di CrossFit® in California cercando una metodologia di allenamento che gli permettesse di migliorare le sue prestazioni da ginnasta. Il suo obiettivo era quello di trovare un allenamento che abbinasse l'uso di più movimenti e discipline per lo sviluppo di tutte le capacità fisiche. Con questo obiettivo ha gettato le fondamenta del CrossFit® basato su principi di allenamento metabolico, sollevamento olimpico, ginnastica e sport.

Ad oggi il CrossFit® è definito come: “movimento funzionale costantemente variato ad alta intensità”. I movimenti funzionali sono movimenti multiarticolari che si sviluppano dal core verso le estremità. Questi movimenti sono più naturali in quanto comprendono l'utilizzo di più articolazioni, la ricerca di equilibrio e la possibilità di essere effettuati su più piani. Grazie al loro utilizzo siamo in grado di spostare il nostro corpo e grandi carichi su lunghe distanze e rapidamente.

Il CrossFit® viene praticato all'interno di Box, questa struttura è caratterizzata da un ampio spazio e dall'assenza di specchi, il workout del giorno (W.O.D.) viene svolto in gruppo aumentando il cameratismo tra i clienti/atleti.

All'interno di ogni Box troviamo attrezzi per le tre modalità di allenamento: il sollevamento pesi, per il condizionamento metabolico e per la ginnastica.

Per sollevamento pesi si intendono i sollevamenti olimpici che comprendono deadlift, clean e jerk, snatch e squat, fatti con bilancieri olimpici e manubri, il cui scopo è quello di aumentare la forza. Con ginnastica si intendono tutte le attività cui scopo è avere controllo del corpo migliorando la coordinazione, l'equilibrio e l'agilità e sono: arrampicata, yoga, calisthenics grazie alla quale è possibile incrementare la forza e la flessibilità. Per fare questo si utilizzano parallele, anelli, sbarre, materassini, corde da arrampicata. Tra gli esercizi per il condizionamento metabolico possiamo trovare skierg, assault airbike, rower, bikeErg e assault air runner, movimenti ciclici e ripetitivi che possono migliorare la capacità respiratoria e la stamina.

Oltre a questa molteplicità di attrezzi possiamo trovare madball, corda, slitte, kettlebell, box.

Tab. 5: Esempio di esercizi divisi per modalità

GINNASTICA(G)	CONDIZIONAMENTO METABOLICO(M)	SOLLEVAMENTO PESI (W)
Squat a corpo libero Trazione Flessione Dip Piegamenti in verticale Arrampicata sulla corda Muscle-up Verticali di forza Sit-up Salti Affondi	Corsa Pedalata Vogata Salto della corda	Deadlift Clean Press Snatch Clean and jerk Esercizi con la mad ball Esercizi con kettlebell Esercizi con manubri

La programmazione CrossFit® offre un modello che consente un'ampia varietà di modalità, esercizi, percorsi metabolici, riposo, intensità, serie e ripetizioni. Questo modello è concepito per offrire uno stimolo ampio e costantemente variato. Negli allenamenti sono incluse una, due o tre modalità (Tab.5: G, M, W). Un allenamento dura dai 45 ai 60 minuti, si inizia:

- 0'-5' si spiega l'allenamento e si mostra alla classe i movimenti che si andranno ad eseguire e l'intensità di lavoro, si scalano i movimenti e i pesi in base alle varie esigenze/condizioni personali,
- 5'-10' riscaldamento generale che comprende esercizi di mobilità ed esercizi che alzano la frequenza cardiaca,
- 10'-20' riscaldamento specifico, si lavora sui movimenti che si andranno ad eseguire nel W.O.D., rivedendo la tecnica e facendo esercizi propedeutici a quello specifico movimento,

- 20'-50' W.O.D. del giorno, che è improntato, in base alla programmazione e al giorno della settimana, su uno, due o tre modalità (G, M, W),
- 50'-60' cool down, tempo in cui ognuno rivede le skills in cui è meno capace o che non sa ancora fare, si abbassa il battito cardiaco.

Diversi studi hanno rilevato come il CrossFit® può essere efficace nel migliorare alcuni parametri fitness come la resistenza, capacità aerobica massima (VO₂max), capacità aerobica e anaerobica e ha un impatto positivo sulla composizione corporea, sulla forza e flessibilità dei soggetti. Oltre agli aspetti fisici sono stati riscontrati miglioramenti anche dal punto di vista emotivo e sociale, in quanto il CrossFit® ha un'influenza positiva sui fattori motivazionali e sul senso di comunità (26, 27).

Per quanto riguarda gli infortuni, il CrossFit® ha un tasso di incidenza pari ad una qualsiasi altra disciplina, che sia la ginnastica, il weightlifting, il powerlifting e il bodybuilding e un'incidenza minore degli sport, ad esempio il calcio o basket (28).

Gli infortuni più comuni per un crossfitter sono alla spalla seguiti da infortuni nella zona lombare della schiena. Da notare però che le cause principali di infortunio sono date da una mancanza di tecnica dell'esercizio o dall'esacerbazione di un vecchio infortunio (29), infatti la percentuale di infortuni cala se si è seguiti da un istruttore (30).

2.3 CrossFit® e patologie metaboliche

2.3.1 Sindrome metabolica e obesità

È verificato da numerosi studi (31,32,33,34) che un piano di allenamento costante sia un efficace modo per controllare e prevenire i fattori di rischio delle patologie cardiovascolari in soggetti sedentari e obesi. Tuttavia, l'efficacia è strettamente dipesa da durata, intensità, tipo di attività fisica e da fattori soggettivi legati alla difficoltà, per i soggetti sedentari, nel seguire in modo costante i programmi di allenamento (35).

Un programma di allenamento HIIT (high-intensity interval training) è raccomandato in alternativa ad un tradizionale allenamento (36). Per cui il CrossFit® rappresenta un allenamento caratterizzato da movimenti funzionali ad alta intensità e costantemente variati.

Un ulteriore studio pubblicato nel 2021 (36) mira a evidenziare i benefici dell'allenamento CrossFit®, non accompagnato da alcun piano di deficit calorico, sui fattori di rischio cardiovascolare in soggetti adulti obesi. Il profilo lipidico e la composizione corporea sono un chiaro indicatore del rischio di sviluppo di più gravi condizioni patologiche come obesità e perciò strettamente connesse a patologie cardiovascolari. Lo studio è stato condotto su 26 uomini sovrappeso (età media di 21.6 ± 1.6 anni; peso medio 86.6 ± 13.1 kg; altezza media 176.1 ± 6.28 cm e BMI 27.8 ± 3.17 kg/m²). Tutti i soggetti erano studenti che vivono nelle residenze universitarie, perciò si presume abbiano mantenuto un'alimentazione simile tra loro, anche se non direttamente controllata dallo studio.

I partecipanti sono stati suddivisi in un gruppo CrossFit® sottoposto a cinque sessioni di allenamento settimanale, per un totale di quattro settimane; e un gruppo di controllo che non svolgeva esercizio fisico regolare. Sono stati monitorati composizione corporea, VO₂max, performance anaerobica, pressione sanguigna sistolica e diastolica e profilo lipidico per ambedue i gruppi in fase pre e post allenamento. Lo studio ha dimostrato come peso e BMI subissero significativi miglioramenti nel gruppo CrossFit® (Tab. 6).

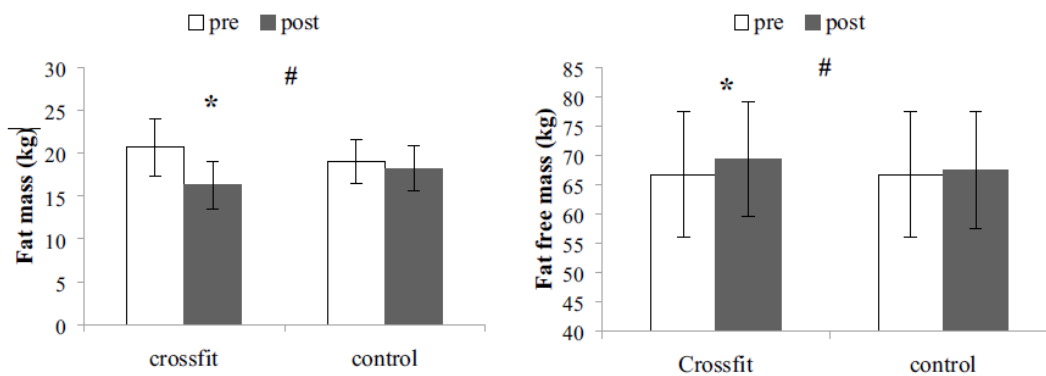
Tab. 6: valori medi (\pm SD) per le caratteristiche antropometriche prima e dopo l'allenamento.

		Weight (kg)	BMI (kg. m ²)	Visceral adiposity index	Waist Cir (cm)	Hip Cir (cm)	Thigh Cir (cm)	WHR
CrossFit	Pre	87.4 \pm 14.1	27.8 \pm 3.2	283 \pm 52	88.1 \pm 5.3	102 \pm 4	64.5 \pm 3.8	0.85 \pm 0.03
	Post	85.6 \pm 13.2*	27.2 \pm 2.9*	181 \pm 28*	86.9 \pm 6.1*	101 \pm 5*	63.1 \pm 4.9	0.85 \pm 0.04
Control	Pre	85.7 \pm 12.5	27.9 \pm 3.3	322 \pm 74	88.9 \pm 9.7	102 \pm 7	63.1 \pm 4.9	0.86 \pm 0.05
	Post	85.7 \pm 12.6#	27.9 \pm 3.3#	298 \pm 63	88.2 \pm 9.3	101 \pm 7	62.5 \pm 5.3	0.86 \pm 0.04

*Indicates within-group significant differences ($P < 0.05$) and #shows between-group differences ($P < 0.05$)

Anche la massa grassa si è ridotta significativamente mentre si è notato un aumento della massa magra rispetto al gruppo di controllo (Fig 1).

Figura 1: valori medi (\pm SD) di massa grassa e massa magra prima e dopo l'allenamento.



*Indicates within-group significant differences ($P < 0.05$) and

#shows between-group differences ($P < 0.05$)

Inoltre, il battito cardiaco a riposo, la pressione diastolica, la VO₂max (Tab. 7), i trigliceridi, le lipoproteine LDL e il rapporto LDL/HDL (Fig 2) è significativamente migliorato nel gruppo CrossFit® rispetto al gruppo di controllo.

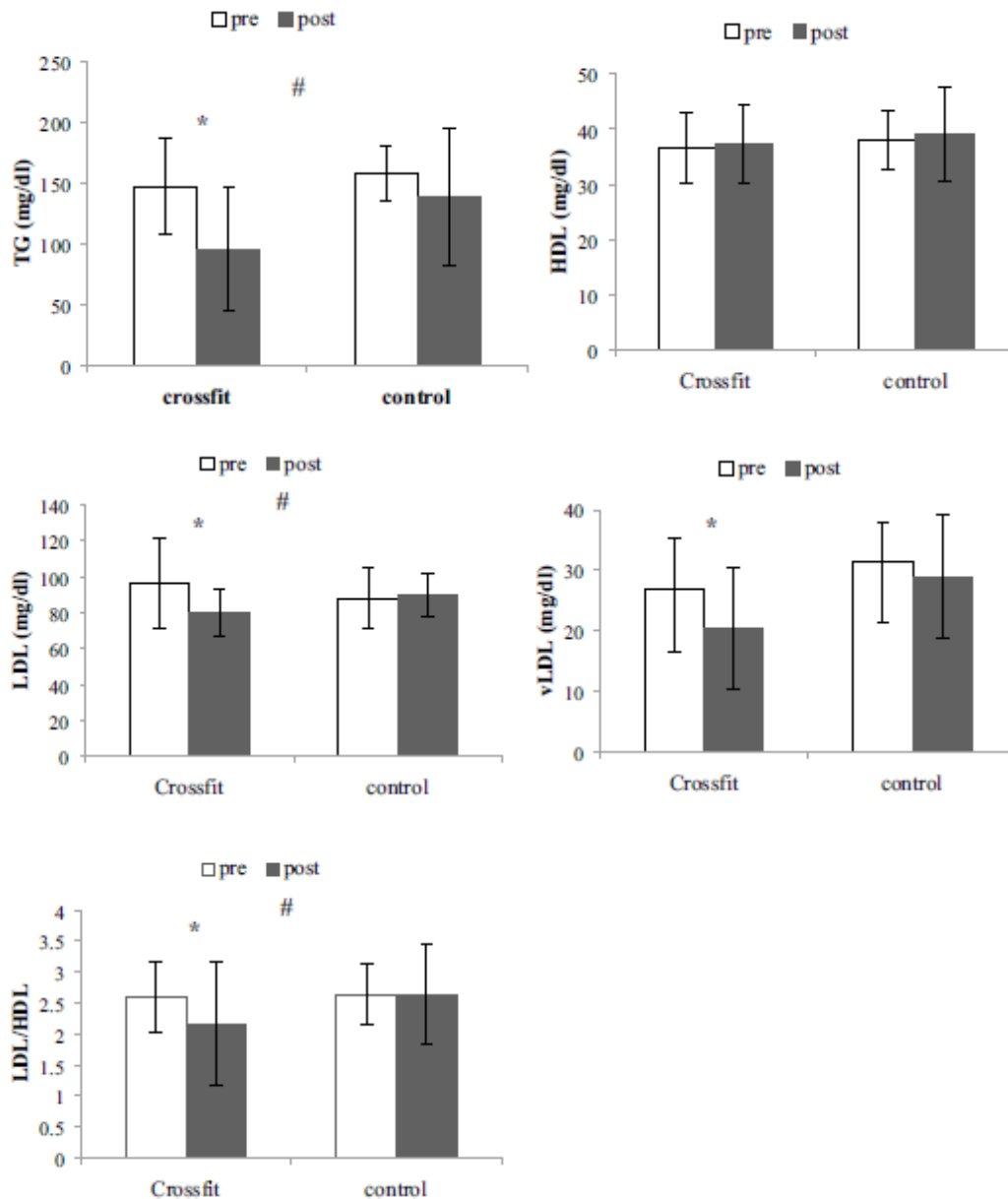
Tab. 7: valori medi (\pm SD) del profilo lipidico prima e dopo l'allenamento.

		Systolic BP	Diastolic BP	HR	VO ₂ max	PeakP/BW	Avg P/BW	Min P/BW
CrossFit	Pre	104 \pm 10	69.1 \pm 6.2	69.6 \pm 8.5	35.8 \pm 7.1	8.81 \pm 1.64	6.38 \pm 0.95	3.62 \pm 0.72
	Post	97.4 \pm 5.4*	64.5 \pm 3.8*	64.6 \pm 10.2*	40 \pm 5.1*	9.97 \pm 1.34*	7.31 \pm 1.01*	4.18 \pm 0.98*
Control	Pre	102 \pm 9	69.4 \pm 8.3	75.8 \pm 11.7	33.4 \pm 3.6	8.99 \pm 1.19	6.41 \pm 1.01	3.33 \pm 0.63
	Post	100 \pm 9	71.7 \pm 6.1 [#]	78.6 \pm 9.3 [#]	33.5 \pm 4.4 [#]	9.06 \pm 1.34 [#]	6.54 \pm 0.78 [#]	3.67 \pm 0.96

*Indicates within-group significant differences ($P < 0.05$); [#]Difference from CrossFit training group ($P < 0.05$)

Figura 2: valori medi (\pm SD) del profilo lipidico prima e dopo l'allenamento.

*Indicates within-group significant differences ($P < 0.05$) and #shows between-group differences ($P < 0.05$)



Ciononostante, i dati relativi alla pressione sistolica (Tab. 7), le lipoproteine HDL e vLDL (Fig. 2) non si sono dimostrati particolarmente differenti tra gruppo CrossFit® e gruppo di controllo.

In conclusione, il protocollo di allenamento di quattro settimane proposto da Suraki e colleghi (36) ha portato a considerevoli cambiamenti nella composizione corporea, nello stato di fitness e nel profilo lipidico dei soggetti sovrappeso sottoposti ad un allenamento CrossFit®; ad eccezione dei valori legati alle lipoproteine HDL.

Inoltre, altri studi hanno dimostrato che i valori di HDL sono ampiamente condizionati dall'allenamento (37). In uno studio di 8 settimane di allenamento ad alta intensità ci sono stati cambiamenti significativi delle HDL prima e dopo la sessione di allenamento, quindi potrebbe bastare una programmazione più lunga per suscitare cambiamenti favorevoli nei livelli di HDL-C e TC/HDL-C (54). Un altro studio sempre su 8 settimane di allenamento ad alta intensità composto da esercizi di resistenza ed esercizi di forza eseguiti a circuito, ha trovato miglioramenti significativi di HDL, affermando che l'allenamento ad alta intensità sia più utile nella regolazione dei profili lipidici rispetto all'allenamento aerobico a bassa/media intensità (55). Perciò più prolungato è il periodo di allenamento ad alta intensità, più sono visibili i miglioramenti a carico delle lipoproteine HDL.

2.3.2 Ipertensione

Un ulteriore recente studio (39) ha dimostrato come uno degli effetti benefici che derivano dall'esercizio fisico ad alta intensità è l'ipertensione che si manifesta nel soggetto durante la fase post allenamento, con conseguente diminuzione della pressione sanguigna a livelli inferiori rispetto ai livelli pre allenamento.

Lo studio è stato condotto con soggetti sani mettendo a confronto gli effetti ipotensivi in un gruppo sottoposto ad una sessione CrossFit® e in un gruppo di controllo. La sessione CrossFit® proposta consisteva in 20 kettlebell reps, 15 wall balls shots e 50 double unders, 1 min ogni serie di esercizi, per 7 rounds. Mentre la sessione di controllo consisteva in un tradizionale allenamento bodybuilding caratterizzato da 4 serie di 10 ripetizioni di leg press e 4 serie di 10 ripetizioni di bench press con una pausa di 2 min tra ogni serie.

Lo studio ha dimostrato come l'allenamento CrossFit® ha ridotto in media la pressione sistolica di 14 ± 1.92 mmHg (Fig 4) e la pressione diastolica di 5 ± 1.47 mmHg (Fig 5) dimostrando l'efficacia di questo tipo di attività fisica. Il ritmo cardiaco presentava significative variazioni soprattutto dopo 10 e 20 minuti dalla fine della sessione di allenamento. Inoltre, è stato dimostrato come non vi fosse alcuna differenza sostanziosa nel gruppo di controllo per quanto riguarda SBP e DBP. È importante evidenziare il considerevole calo dei valori di pressione sistolica, diastolica e pressione media nei 30 min post allenamento che dimostrano l'efficacia dell'effetto ipotensivo a breve termine dato dall'allenamento CrossFit®. Il CrossFit® è un allenamento ad alta intensità con valori di HR più alti rispetto al gruppo di controllo che si traduce in una gittata cardiaca maggiore (Fig.7). Perciò possiamo ipotizzare (61) che il calo di SBP e DBP dopo i 30 minuti nel gruppo CrossFit® sia dovuto ad un aumento del contenuto di ossigeno venoso femorale durante il recupero dall'esercizio, in quanto il flusso di sangue è maggiore rispetto alla domanda metabolica.

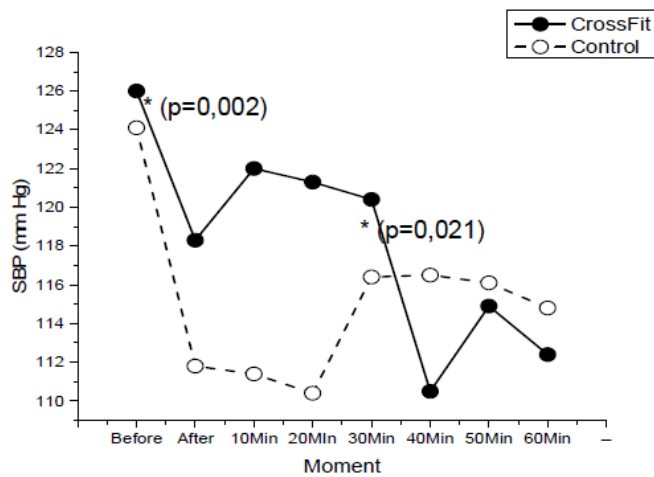


Figura 4: pressione sistolica prima e dopo l'allenamento, fino a 60 minuti dopo la sessione CrossFit® e la sessione di controllo (39)

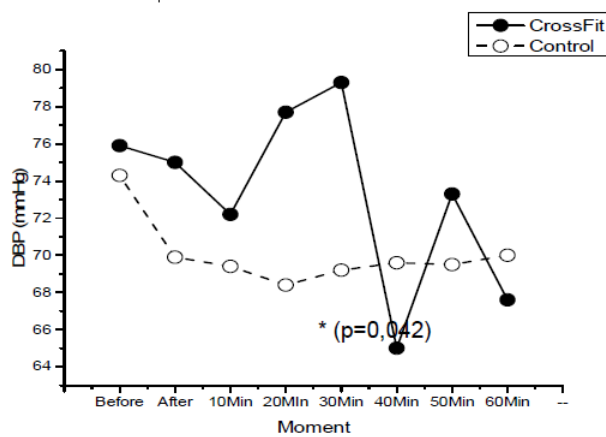


Figura 5: pressione diastolica prima e dopo l'allenamento, fino a 60 minuti dopo la sessione CrossFit® e la sessione di controllo (39)

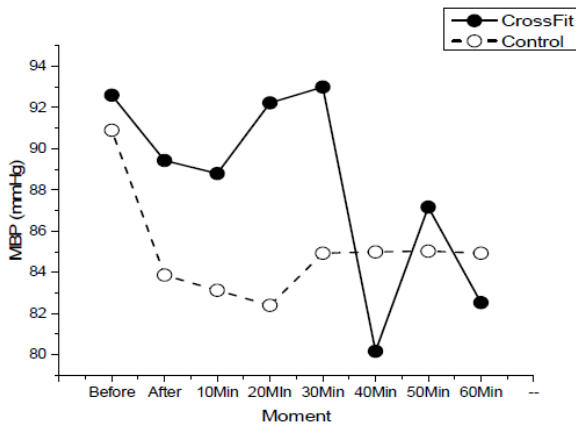


Figura 6: pressione media prima e dopo l'allenamento, fino a 60 minuti dopo la sessione CrossFit® e la sessione di controllo (39)

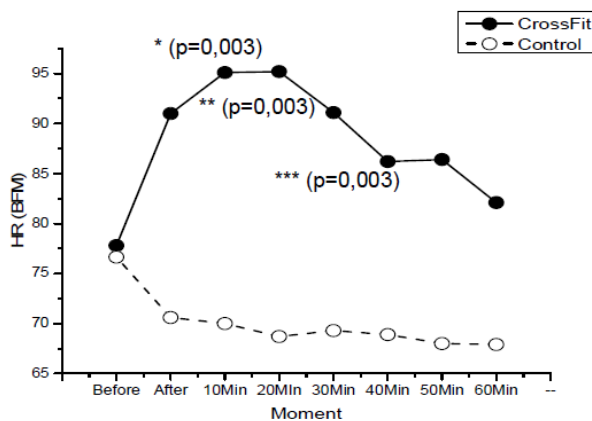


Figura 7: ritmo cardiaco prima e dopo l'allenamento, fino a 60 minuti dopo la sessione CrossFit® e la sessione di controllo (39)

Un altro studio condotto metteva a confronto i valori della pressione sistolica, diastolica e frequenza cardiaca prima e dopo l'esercizio fisico. Sono state prese in considerazione tre tipologie di allenamento: CrossFit®, Svedese e camminata. Lo studio ha dimostrato che tutti e tre le tipologie di allenamento andavano ad abbassare i valori pressori e che il grado di riduzione variava in base all'intensità di esercizio. Il CrossFit®, essendo la disciplina che raggiungeva intensità di allenamento più alte, è stato quello ad avere

risultati più significativi sull'abbassamento pressorio e sull'aumento della frequenza cardiaca (56).

Anche un altro studio ha dimostrato come un effetto ipotensivo post allenamento sia correlato all'intensità dell'esercizio, ovvero più l'esercizio è intenso e maggiore e più prolungato sarà l'effetto ipotensivo. Questo effetto ipotensivo lo abbiamo nel momento in cui abbiamo maggior gittata cardiaca e una conseguente riduzione della resistenza vascolare sistemica (57).

Come evidenziato dallo studio di Dantas et al. (39) l'effetto ipotensivo è visibile subito dopo una singola sessione di allenamento CrossFit® e il suo effetto ipotensivo rimane stabile già dopo la quinta sessione di allenamento, come dimostrato dallo studio di Vieceili et al (59). A differenza di altre discipline come allenamento contro resistenza e allenamento aerobico che evidenziavano effetti ipotensivi stabilizzanti rispettivamente dopo la ventesima sessione di allenamento e dopo la decima sessione di allenamento (60).

2.3.3 Diabete di tipo 2

L'esercizio fisico svolge un ruolo fondamentale nella regolazione della secrezione di insulina e perciò, a monte, nella funzionalità delle cellule β pancreatiche da cui l'insulina proviene e nell'influenza verso la sensibilità all'insulina delle cellule. Ciò è stato ampiamente dimostrato in numerosi studi condotti nel corso degli ultimi 30 anni (41, 42, 43, 44).

L'effetto che deriva dall'allenamento dipende da due equamente importanti fattori: lo stato metabolico del paziente e la modalità di allenamento intrapreso.

Alcuni studi hanno dimostrato (45, 46) che l'attività fisica apporta miglioramenti nel controllo glicemico dipesi maggiormente dalla funzionalità delle cellule β pancreatiche rispetto che dalla sensibilità insulinica delle cellule, cioè dalla responsività delle cellule all'ormone insulinico.

Inoltre, nonostante un miglioramento medio nella funzionalità delle cellule β pancreatiche, non ci sono stati significativi cambiamenti nella tolleranza complessiva al

glucosio. In un confronto (47), nelle variazioni fisiologiche in risposta all'allenamento, in soggetti affetti da diabete di tipo 2, i soli pazienti con moderata capacità secretoria residua di insulina hanno risposto in modo positivo rispetto ai pazienti con bassa capacità secretoria residua di insulina. Perciò è importante considerare che la risposta all'allenamento, e quindi l'aumento nel controllo glicemico, è strettamente dipesa dalla capacità secretoria residuale delle cellule β pancreatiche nei pazienti affetti da diabete mellito di tipo 2.

L'allenamento di tipo aerobico si è dimostrato (48) aumentare la funzionalità delle cellule β pancreatiche di adulti affetti da diabete di tipo 2. L'allenamento (HIIT) ad intervalli ad alta intensità (45) sembra condurre a risultati più promettenti rispetto all'allenamento di solo tipo aerobico.

Lo studio in questione (49) ha coinvolto 12 adulti americani affetti da diabete di tipo 2 (test dell'emoglobina glicata $8.6 \pm 0.7\%$). Tutti i partecipanti erano sottoposti a trattamento farmacologico con Metformina, ma non con insulina. Inoltre, i pazienti conducevano uno stile di vita sedentario (meno di 1 ora di allenamento settimanale) ed erano peso forma con una variazione di ± 2.3 kg nei 6 mesi precedenti il test.

Il programma prevedeva 6 settimane di allenamento CrossFit®, supervisionato da istruttori certificati, con sessioni di allenamento settimanale pari a tre, incluso un workout ad alta intensità (frequenza cardiaca massima $> 85\%$).

Lo studio prevede come gruppo di controllo i valori PRE intervento, per il confronto con i risultati POST intervento.

	PRE	POST	Δ	P
<i>n</i> (M/F)	12 (5/7)			
Age, yr	54 \pm 2			
Body composition				
Body weight, kg	98.0 \pm 3.7	96.1 \pm 2.7	-1.8 \pm 1.0	0.09
Total fat, %	43.6 \pm 1.8	42.5 \pm 1.8	-1.1 \pm 0.3	0.002*
Abdominal fat, %	56.2 \pm 1.8	55.3 \pm 1.7	-0.9 \pm 0.7	0.22
Physical performance				
$\dot{V}O_{2max}$, l/min	2.43 \pm 0.12	2.81 \pm 0.15	0.38 \pm 0.08	0.001*
Session 2 (PRE) vs. 18 (POST), reps	223 \pm 12	282 \pm 11	59 \pm 8	<0.001*
Fasting plasma				
Glucose, mg/dl	166 \pm 16	161 \pm 16	-4.9 \pm 3.5	0.19
Insulin, μ U/ml	24.3 \pm 5.7	25.8 \pm 4.9	1.5 \pm 3.7	0.69
C-Peptide, ng/ml	3.3 \pm 0.4	3.2 \pm 0.3	-0.11 \pm 0.13	0.41
Proinsulin, pmol/l	48.4 \pm 9.4	36.4 \pm 5.9	-11.9 \pm 7.7	0.15
Free fatty acids, mmol/l	0.77 \pm 0.06	0.81 \pm 0.07	0.04 \pm 0.06	0.58
ALP, U/l	76 \pm 6	69 \pm 4	-7.2 \pm 3.5	0.06
AST, U/l	25 \pm 3	20 \pm 2	-4.4 \pm 1.6	0.02*
ALT, U/l	27 \pm 4	22 \pm 3	-5.8 \pm 2.4	0.03*

Figura 8: valori antropometrici e plasmatici (*P<0.05)

I risultati (Fig. 8) che derivano dallo studio, mostrano una riduzione della massa grassa e una diminuzione del peso corporeo come confermato anche dai significativi cambiamenti nella composizione corporea ottenuti dallo studio condotto da Reza Dehghanzadeh Suraki et al. (36).

Inoltre le performance fisiche sono notevolmente migliorate con un aumento del $VO_2\max$, così come il numero di ripetizioni completate durante la sessione di allenamento. I livelli degli enzimi epatici nel plasma quali fosfatasi alcalina (ALP), aspartato aminotransferasi (AST), transaminasi di alanina (ALT) si sono ridotti in modo significativo. (50,51)

Sono proprio i cambiamenti nella composizione corporea come la diminuzione della massa grassa, in sinergia con la diminuzione della fosfatasi alcalina plasmatica (ALP), ad essere direttamente correlati alla migliorata funzionalità e capacità secretoria delle cellule β pancreatiche.

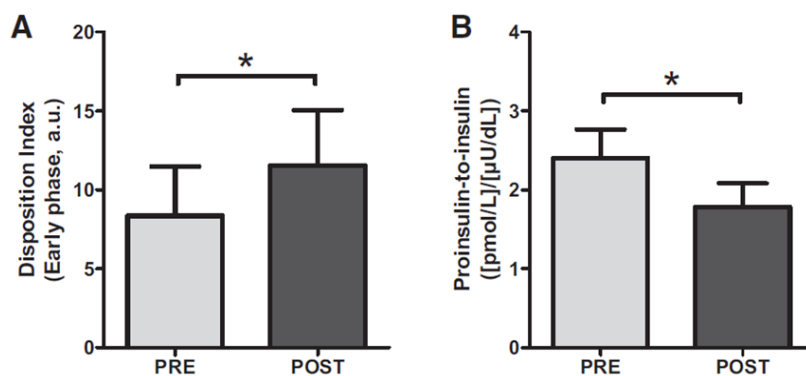


Figura 9: A: disposition index pre e post; B: rapporto proinsulina/insulina (* $P < 0.05$)

La funzionalità delle cellule β pancreatiche è misurata attraverso il disposition index (DI), un indicatore matematico di secretività e sensitività (53), cui valore è notevolmente aumentato (Fig. 9A). Il rapporto proinsulina/insulina a digiuno, che rappresenta l'inefficienza di elaborazione dell'insulina all'interno delle cellule β pancreatiche, è stato significativamente ridotto in seguito all'intervento (Fig. 9B), confermando l'aumentata funzionalità delle cellule β pancreatiche.

Un ulteriore studio ha valutato l'efficacia dell'allenamento funzionale ad alta intensità di 6 settimane su soggetti pre-diabetici e con diabete di tipo 2 e hanno riportato miglioramenti nella pressione sanguigna, nella composizione corporea, nell'ossidazione degli acidi grassi, nei trigliceridi plasmatici e nelle lipoproteine LDL. Inoltre, la sensibilità all'insulina risultava aumentata dopo l'allenamento, sebbene la diminuzione dei valori di glucosio plasmatico non fosse statisticamente significativo dopo l'intervento (58).

Inoltre i soggetti adulti affetti da diabete di tipo 2, che non aderiscono ad un protocollo rigido citando come scusa la “mancanza di tempo” trovano la soluzione nel CrossFit®, in quanto, prevede un tempo minore di allenamento grazie a movimenti funzionali ad alta intensità.

Programmi F-HIT, come il CrossFit®, superano questa barriera garantendo strutture, supervisione da parte di coach qualificati. Inoltre, possiamo affermare che il CrossFit® è un programma di allenamento sicuro in quanto non si sono verificati eventi avversi o lesioni riportati dai partecipanti nel corso dello studio. Pertanto, concludiamo che il CrossFit® è un sicuro ed efficace approccio all'esercizio fisico con cui gli adulti con T2D possono migliorare la loro funzione secretoria cellulare, dato che la capacità secretiva cellulare residua è preservata.

CAPITOLO 3

PROGRAMMAZIONE NEL CROSSFIT

3.1 Metodologia

Come abbiamo detto in precedenza il CrossFit® è definito come: “movimenti funzionali costantemente variati ad alta intensità”. L’obiettivo è quello di sviluppare nuove abilità e migliorare in tutti e tre i percorsi energetici (anaerobico lattacido, anaerobico lattacido e aerobico). Anche se l’intensità è una parte importante di questo programma, essa viene introdotta dopo aver acquisito dimestichezza con il movimento, infatti la progressione prevede l’insegnamento della meccanica, la costanza nell’eseguire il movimento più volte in maniera corretta e successivamente viene inserita l’intensità. Questa progressione deve essere rispettata per non incorrere in lesioni e per avere una progressione efficace. CrossFit® offre una metodologia che consente un’ampia varietà tra le modalità, tra gli esercizi, tra i percorsi metabolici, il riposo, l’intensità, le serie e le ripetizioni.

Rispettando le caratteristiche dell’allenamento CrossFit®, si possono combinare nell’arco della settimana le modalità che fanno parte del programma, ovvero ginnastica (G), condizionamento metabolico (M) e sollevamento pesi (W).

Lo schema originale della programmazione CrossFit® prevede 5 giorni di allenamento e due di recupero, successivamente è stato inserito lo schema 3 giorni di allenamento e un giorno di recupero per poter aumentare l’intensità e per avere un recupero ogni tre giorni. Lo svantaggio principale di quest’ultima programmazione è che non può essere sincronizzato alla settimana, avendo alcuni giorni di allenamento durante il weekend, fattore non agevole a tutti.

La programmazione in entrambi i casi (5gg si e 2gg no, 3gg si e 1gg no) si basa sulla rotazione delle tre modalità G, M, W.

Tab.6 5 GIORNI SI, 2 GIORNI NO							
GIORNO	1	2	3	4	5	6	7
SETTIMANA 1	M	G W	M G W	M G	W	REST	REST
SETTIMANA 2	G	W M	G W M	G W	M	REST	REST
SETTIMANA 3	W	M G	W M G	W M	G	REST	REST

Tab. 7 3 GIORNI SI, 1 GIORNO NO												
GIORNO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
MODALITA	M	G W	M G W	NO	G	W M	G W M	NO	W	M G	W M G	NO

Per i giorni con un solo elemento M, l'allenamento sarà un singolo sforzo lento e a lunga distanza. Se troviamo il singolo giorno G, l'allenamento riguarderà la pratica di una singola abilità complessa che potrebbe non essere ancora adatta per un allenamento ad alta intensità e che quindi richiede molta pratica. Il singolo giorno W, prevede un sollevamento singolo eseguito con un peso elevato e con poche ripetizioni e tempi di recupero lunghi, in questo giorno si migliora la tecnica delle alzate olimpiche e si allena la forza. I giorni con due elementi vengono definiti "priorità esercizio", in quanto gli esercizi sono gli stessi ma il tempo cambia. La struttura è formata da una coppia di esercizi o più facenti parte dell'elemento (G,W,M) che vengono eseguiti in modo alternato ma con ripetizioni e modalità differenti durante l'allenamento. I giorni con tre elementi vengono definiti "priorità tempo", in quanto ci si basa su un determinato tempo specifico in cui l'atleta deve completare il maggior numero di cicli possibile. L'allenamento può prevedere l'utilizzo di tre esercizi ripetuti per un numero esatto di minuti.

Quelle appena descritte sono le basi di una programmazione CrossFit®, sta al Coach definire le modalità, gli esercizi, l'intensità da utilizzare nelle proprie classi in base agli obiettivi da raggiungere.

Tab. 8 ESEMPI DI PROGRAMMAZIONE 3 GIORNI SI E 1 GIORNO NO		
GIORNO	MODALITA'	ELEMENTI
1	M	10 KM RUN
2	G W	X5 FOR TIME 5 HAND STAND PUSH UP 5 DEADLIFT (100 KG, aggiungi 10 kg ogni round)
3	M G W	AMRAP 20' 400M RUN 10 PULL-UP 15 THRUSTER 50%BW
4	REST	
5	G	PRACTICE HAND STAND AND HAND STAND WALK
6	W M	X5 FOR TIME 10 BENCH PRESS BB (75% BW) 500 M ROWER
7	G W M	AMRAP 20' 30 m LUNGES 15 PUSH PRESS (50%BW) 500 m ROWER
8	REST	
9	W	DEADLIFT 5-3-3-2-2-2-1-1-1
10	M G	X5 FOR TIME 200 m RUN 30 BOX JUMP
11	W M G	AMRAP 20' 20 CLEAN (50%BW) 1,6 km AIR BIKE 15 PUSH UP
12	REST	

3.2 Concetto di scalabilità

Il gioco sta nel programmare per i migliori e nello scalare per tutti.

I WOD (work out of the day) che vengono proposti nelle classi CrossFit® sono elaborati per mettere in difficoltà tutti a partire dall'atleta, alla persona anziana, all'obeso. I WOD vengono scalati per preservare lo stimolo previsto da quell'allenamento, cioè la combinazione specifica dei movimenti, il carico e il tempo. In base alle limitazioni di chi ci troviamo di fronte che possono essere l'età, gli infortuni, le malattie o il range di movimento scaliamo i WOD per preservare lo stimolo.

Non è possibile stabilire un'unica regola per scalare gli allenamenti perché ci sono molte tipologie di allenamenti e varie tipologie di persone che vogliono praticare CrossFit®. Gli atleti e i coach possono decidere di modificare il WOD anche durante l'allenamento stesso pur di garantire efficacia e sicurezza, infatti se durante il WOD si nota che la forma di un gesto non è corretta è bene abbassare il carico o modificare il movimento.

La prima variabile da scalare è sicuramente il carico, è il modo più semplice per preservare lo stimolo, soprattutto in un allenamento di condizionamento dove l'atleta deve essere in grado di sostenere il primo giro senza arrivare al cedimento muscolare, senza compromettere la tecnica e deve essere in grado di proseguire. Il volume, cioè la quantità di lavoro svolto da un atleta, può essere modificato riducendo le ripetizioni/giri, il tempo o la distanza. La riduzione del volume soprattutto per i principianti può ridurre l'eccessivo dolore dovuto all'affaticamento, il rischio di infortuni e rhabdomiolisi.

Come ultima variabile possiamo modificare o sostituire un movimento. Si preferisce lasciare per ultima questa alternativa perché sostituire completamente un esercizio impedisce al soggetto di sviluppare la propria competenza nel medesimo. È invece necessario sostituire completamente un movimento di fronte ad un soggetto con limitazioni fisiche, infortuni o quando il carico non può essere ridotto. Quando si sceglie di cambiare movimento, il coach deve scegliere un movimento che tenga conto dell'escursione e della funzione del movimento originale, quindi si valuta se è prevalentemente degli arti superiori o inferiori, se è di spinta o di tirata, l'escursione del movimento su anca, caviglie ginocchia e spalle, e il piano su cui viene effettuato.

Tab. 9 ESEMPIO DI ALLENAMENTO SCALATO			
WOD	MODIFICATO 1	MODIFICATO 2	MODIFICATO 3
AMRAP IN 20' 5 PULL-UP 10 PUSH-UP 15 AIR SQUAT	AMRAP 10' 5 RING-ROW 10 KNEELING PUSH UP 15 SQUAT BOX	AMRAP 10' 5 PULL-UP (assistite dal salto) 10 WALL PUSH-UP 15 AIR SQUAT	X10 3 PULL-UP (ELASTICO) 6 PUSH UP 9 AIR SQUAT

Tab. 10 ESEMPIO DI ALLENAMENTO SCALATO			
WOD	MODIFICATO 1	MODIFICATO 2	MODIFICATO 3
FOR TIME 50-40-30-20-10 WALL BALL SHOT 9/6 KG BOX JUMP 60/50 CM	FOR TIME 25-20-15-10-5 WALL BALL SHOT 9/6 KG BOX JUMP 60/50 CM	FOR TIME 50-40-30-20-10 WALL BALL SHOT 6/3 KG 25-20-15-10-5 BOX JUMP 60/50 CM	FOR TIME X5 15 WALL BALL SHOT 15 PLATE JUMP 20KG

3.3 Proposta di un programma di allenamento CrossFit®

Tenendo conto delle linee guida per soggetti con sindrome metabolica, diabete e ipertensione e della metodologia CrossFit®, di seguito una programmazione di allenamento che può essere utilizzata all'interno di una qualsiasi classe CrossFit®.

Tab. 11

RX: atleti con tutte le skills

OPZIONE 1: atleti obesi/sovrappeso, con diabete e ipertensione intensità vigorosa

OPZIONE 2: atleti obesi/sovrappeso, con diabete e ipertensione intensità moderata

GIORNO	MODALITA'	RX	OPZIONE 1	OPZIONE 2
LUNEDI	M	<p>WOD FOR TIME: 1000 m ROW Rest 3' 750 m ROW Rest 3' 500 m ROW Rest 3' 250 m ROW CAPTIME 25'</p>	<p>WOD FOR TIME 1000m row Rest 750m row Rest 500m row Rest 250m row CAPTIME 40'</p>	<p>WOD FOR TIME 250m row Rest 250m row Rest 250 m row Rest 250 m row CAPTIME 25'</p>
MARTEDI	G W	<p>Esercitarsi sulla verticale. 10' WOD AMRAP 15':SQUAT - CLEAN- HAND STAND PUSH UP Inizi da 2 rip. E aggiungi + 2 rip ogni round</p>	<p>10' verticale a muro WOD AMRAP 15' Squat clean - Pike push-up Inizi da 2 rip. E aggiungi + 2 rip ogni round</p>	<p>10' pike hold e plank su mani WOD AMRAP 6' - Deadlift - Push press REST 3' AMRAP 6' - Front squat - Push press</p>

				Inizi da 2 rip. E aggiungi + 2 rip. Ogni round
MERCOLEDI	M G W	WOD EVERY 4'X4 ROUND 40 double unders 20 calorie air bike 10 db snatch 22.5kg (man) 15kg (woman)	WOD EVERY 4'X4 ROUND 40 single under 12 calorie air bike 10 db snatch 15kg (man) 10kg (woman)	WOD EVRY 5'X3 ROUND 30 single under scaled 8 calorie air bike 10 db snatch 10kg (man) 6 kg (woman)
GIOVEDI	M G	WOD FOR TIME X10 200 m RUN 3 muscle-up	WOD FOR TIME X8 200 m run 4 ring row + 4 push-up	WOD FOR TIME X5 200 m run 6 ring row
VENERDI	W	WOD Overhead squat 5-5-5 Front squat 3-3-3 Back squat 1-1-1 Aumentare di peso ogni serie	WOD Overhead squat 5-5-5 (50%1rm) Front squat 3-3-3 (60%1rm) Back squat 1-1-1 (70%1rm) Mantieni lo stesso peso per tutte le serie di un esercizio	WOD Overhead squat 5-5-5 Front squat 3-3-3 Back squat 1-1-1 Lavorare con stick o bilanciere tecnico prima di aumentare i carichi
SABATO	REST			
DOMENICA	REST			

Quando un soggetto affetto da sindrome metabolica o diabete di tipo 2 o ipertensione si presenta in palestra dobbiamo effettuare un'anamnesi per inquadrare al meglio le sue esigenze e per non indurlo ad alcun tipo di rischio.

Precauzione pratiche generali per un soggetto con diabete di tipo 2:

- Non iniziare l'attività fisica con glicemia $> 250 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$

- Rimanere idratati
- Interrompere attività fisica se glicemia $> 300 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$
- Utilizzate sempre cardio frequenzimetro, se non si sa utilizzare scala RPE 6-20 per valutare lo sforzo percepito, il nostro cliente deve avere un RPE da 10 a 12.
- In particolare nei soggetti che usano insulina è importante avere una fonte di carboidrati ad azione rapida per trattare l'ipoglicemia e avere glucagone nel caso di ipoglicemia grave (se il soggetto è incline ad esso) (21,22).

Precauzioni pratiche generali per un soggetto iperteso:

- Non iniziare attività fisica con PA $> 180/105 \text{ mmHg}$ finché non sia stato iniziato il trattamento farmacologico
- Prestare attenzione negli allenamenti di forza, in quanto potrebbero causare un aumento della pressione molto elevata nel ventricolo sinistro $> 300 \text{ mmHg}$, che può essere potenzialmente pericolosa
- Valutare la scelta degli esercizi e quali gruppi muscolari coinvolgono, sapendo che esercizi della parte superiore del corpo tendono a far aumentare maggiormente la PA rispetto ad esercizi della parte inferiore del corpo.

4. CONCLUSIONI

Ad oggi, come riportano gli studi, il CrossFit® risulta essere una metodologia sicura ed efficace per chi è affetto da sindrome metabolica, diabete di tipo 2 e ipertensione.

Come visto il CrossFit® racchiude vari tipi di stimoli, tra cui l'alta intensità, che risulta essere il fattore chiave per il miglioramento delle patologie trattate.

In particolare l'allenamento HIT (high intensity training) come il CrossFit® altro non è che allenamento funzionale ad alta intensità. Questa metodologia si è dimostrata efficace nel migliorare parametri come la pressione sanguigna, la composizione corporea, l'ossidazione degli acidi grassi e i valori dei trigliceridi plasmatici, delle lipoproteine LDL oltre ad un aumento della sensibilità all'insulina e alla funzionalità delle celluleβ pancreatiche.

Nei soggetti patologici è bene prestare attenzione alle linee guida, effettuare un'adeguata anamnesi, adattando ogni allenamento alle esigenze del singolo onde evitare qualsiasi tipo di rischio.

Ulteriori note positive del CrossFit® sono il cameratismo e la connessione che si creano tra i partecipanti; lavorare ad alta intensità gli uni di fronte agli altri, con la possibilità di non farcela, di finire o meno l'allenamento, di non riuscire in un'altra ripetizione, consapevoli che il fallimento o la riuscita sono in condivisione con altre persone che hanno sperimentato le stesse sensazioni.

Tutto questo crea unione nel gruppo, voglia di farcela e di incoraggiarsi a vicenda ed è attraverso questo processo che si crea uno spazio in cui ci si sente i benvenuti e liberi di essere sé stessi, uno spazio a cui appartenere.

BIBLIOGRAFIA

1. Reaven GM. Banting lecture 1988. Role of insulin resistance in human disease. *Diabetes* 1988;
2. Alberti KG, Zimmet P, Shaw J. Metabolic syndrome--a new world-wide definition. A Consensus Statement from the International Diabetes Federation. *Diabet Med*. 2006 May;23(5):469-80. doi: 10.1111/j.1464-5491.2006.01858.x. PMID: 16681555.
3. Grundy SM, Cleeman JI, Daniels SR, Donato KA, Eckel RH, Franklin BA, Gordon DJ, Krauss RM, Savage PJ, Smith SC Jr, Spertus JA, Costa F; American Heart Association; National Heart, Lung, and Blood Institute. Diagnosis and management of the metabolic syndrome: an American Heart Association/National Heart, Lung, and Blood Institute Scientific Statement. *Circulation*. 2005 Oct 25;112(17):2735-52. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.105.169404. Epub 2005 Sep 12. Erratum in: *Circulation*. 2005 Oct 25;112(17):e297. Erratum in: *Circulation*. 2005 Oct 25;112(17):e298. PMID: 16157765.
4. Myers J, Kokkinos P, Nyelin E. Physical Activity, Cardiorespiratory Fitness, and the Metabolic Syndrome. *Nutrients*. 2019 Jul 19;11(7):1652. doi: 10.3390/nu11071652. PMID: 31331009; PMCID: PMC6683051.
5. Reaven GM. Banting lecture 1988. Role of insulin resistance in human disease. *Diabetes* 1988;
6. Jukaku SA, Williams SRP. The cause of obesity is multifactorial but GPs can do more. *BMJ*. 2021 Apr 13;373:n956. doi: 10.1136/bmj.n956. PMID: 33849923.
7. Bosy-Westphal A, Müller MJ. Diagnosis of obesity based on body composition-associated health risks-Time for a change in paradigm. *Obes Rev*. 2021 Mar;22 Suppl 2:e13190. doi: 10.1111/obr.13190. Epub 2021 Jan 21. PMID: 33480098
8. Han TS, Sattar N, Lean M. ABC of obesity. Assessment of obesity and its clinical implications. *BMJ*. 2006 Sep 30;333(7570):695-8. doi: 10.1136/bmj.333.7570.695. PMID: 17008674; PMCID: PMC1584331.
9. Festa A, D'Agostino R Jr, Williams K, Karter AJ, Mayer-Davis EJ, Tracy RP, Haffner SM. The relation of body fat mass and distribution to markers of chronic

inflammation. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2001 Oct;25(10):1407-15. doi: 10.1038/sj.ijo.0801792. PMID: 11673759.

10. Donnelly JE, Blair SN, Jakicic JM, Manore MM, Rankin JW, Smith BK; American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine Position Stand. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2009 Feb;

11. Defronzo RA. Banting Lecture. From the triumvirate to the ominous octet: a new paradigm for the treatment of type 2 diabetes mellitus. *Diabetes*. 2009 Apr;58(4):773-95. doi: 10.2337/db09-9028. PMID: 19336687; PMCID: PMC2661582.

12. Williams B, Mancia G, Spiering W, et al. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension. *Eur Heart J*. 2018;39(33):3021-3104. doi:10.1093/eurheartj/ehy339

13. Oparil S, Zaman MA, Calhoun DA. Pathogenesis of hypertension. *Ann Intern Med*. 2003 Nov 4;139(9):761-76. doi: 10.7326/0003-4819-139-9-200311040-00011. PMID: 14597461.

14. Duncan GE. Exercise, fitness, and cardiovascular disease risk in type 2 diabetes and the metabolic syndrome. *Curr Diab Rep*. 2006 Feb;6(1):29-35. doi: 10.1007/s11892-006-0048-1. PMID: 16522278.

15. Zhang D, Liu X, Liu Y, Sun X, Wang B, Ren Y, Zhao Y, Zhou J, Han C, Yin L, Zhao J, Shi Y, Zhang M, Hu D. Leisure-time physical activity and incident metabolic syndrome: a systematic review and dose-response meta-analysis of cohort studies. *Metabolism*. 2017 Oct;75:36-44. doi: 10.1016/j.metabol.2017.08.001. Epub 2017 Aug 15. PMID: 28927737.

16. Franklin BA. Physical activity to combat chronic diseases and escalating health care costs: the unfilled prescription. *Curr Sports Med Rep*. 2008 May-Jun;7(3):122-5. doi: 10.1097/01.CSMR.0000319709.18052.e8. PMID: 18477867.

17. McInnis KJ, Franklin BA, Rippe JM. Counseling for physical activity in overweight and obese patients. *Am Fam Physician*. 2003 Mar 15;67(6):1249-56. PMID: 12674453.

18. Goldstein DJ. Beneficial health effects of modest weight loss. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 1992 Jun;16(6):397-415. PMID: 1322866.
19. Kanaley JA, Colberg SR, Corcoran MH, Malin SK, Rodriguez NR, Crespo CJ, Kirwan JP, Zierath JR. Exercise/Physical Activity in Individuals with Type 2 Diabetes: A Consensus Statement from the American College of Sports Medicine.
20. Celik O, Yildiz BO. Obesity and physical exercise. *Minerva Endocrinol (Torino)*. 2021 Jun;46(2):131-144. doi: 10.23736/S2724-6507.20.03361-1. Epub 2020 Nov 19. PMID: 33213121.
21. Kanaley JA, Colberg SR, Corcoran MH, Malin SK, Rodriguez NR, Crespo CJ, Kirwan JP, Zierath JR. Exercise/Physical Activity in Individuals with Type 2 Diabetes: A Consensus Statement from the American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc*. 2022 Feb 1;
22. Pedersen BK, Saltin B. Exercise as medicine - evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. *Scand J Med Sci Sports*. 2015 Dec;25 Suppl 3:1-72. doi: 10.1111/sms.12581. PMID: 26606383.
23. Ferguson B. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription 9th Ed. 2014. *J Can Chiropr Assoc*. 2014 Sep;58(3):328. PMID: PMC4139760.
24. Pescatello LS Franklin BA Fagard R Farquhar WB Kelley GA Ray circa .Stand di posizione dell'American College of Sports Medicine. *Esercizio fisico e ipertensione*.Esercizio di scienze mediche sportive2004
25. Pescatello LS Mac GW Lisciviazione CN Jr Nadel E.R .Termoregolazione negli uomini lievemente ipertesi durante il blocco beta-adrenergico.Esercizio di scienze mediche sportive1990;
26. Gianzina, EA e Kassotaki, OA (2019b). I benefici e i rischi dell'allenamento CrossFit ad alta intensità. *Scienze dello Sport per la Salute*, 15 , 21-33. doi:doi.org/10.1007/s11332-018-0521-7.
27. Söyler, Mehmet & Kayantaş, İdris. (2020). Effects of Cross-Fit Trainings on Body Composition and Some Physical Parameters in Sedentary Men. *International journal of Science Culture and Sport*. 8. 263-274. 10.14486/IntJSCS.2020.615.

28. Klimek C, Ashbeck C, Brook AJ, Durall C. Are Injuries More Common With CrossFit Training Than Other Forms of Exercise? *J Sport Rehabil*. 2018 May 1;
29. Hak PT, Hodzovic E, Hickey B. The nature and prevalence of injury during CrossFit training. *J Strength Cond Res*. 2013 Nov 22
30. Weisenthal BM, Beck CA, Maloney MD, DeHaven KE, Giordano BD. Injury Rate and Patterns Among CrossFit Athletes. *Orthop J Sports Med*. 2014 Apr 25;
31. Hussain SR, Macaluso A, Pearson SJ. High-Intensity Interval Training Versus Moderate-Intensity Continuous Training in the Prevention/Management of Cardiovascular Disease. *Cardiol Rev*. 2016 Nov/Dec;24(6):273-281. doi: 10.1097/CRD.000000000000124. PMID: 27548688.
32. Ben Ounis O, Elloumi M, Ben Chiekh I, Zbidi A, Amri M, Lac G, Tabka Z. Effects of two-month physical-endurance and diet-restriction programmes on lipid profiles and insulin resistance in obese adolescent boys. *Diabetes Metab*. 2008 Dec;34(6 Pt 1):595-600. doi: 10.1016/j.diabet.2008.05.011. Epub 2008 Oct 18. PMID: 18930691
33. Poirier P, Després J-P (2001) Exercise in weight management of obesity. *Cardiol Clin* 19
34. Thompson PD, Arena R, Riebe D, Pescatello LS (2013) ACSM's new preparticipation health screening recommendations from ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. *Curr Sports Med Rep* 12:215–217
35. Heisz JJ, Tejada MG, Paolucci EM, Muir C. Enjoyment for High-Intensity Interval Exercise Increases during the First Six Weeks of Training: Implications for Promoting Exercise Adherence in Sedentary Adults. *PLoS One*. 2016 Dec 14;11(12):e0168534. doi: 10.1371/journal.pone.0168534. PMID: 27973594; PMCID: PMC5156428.
36. Reza DS, Mahdi M, Ramires AT, Sajad A (2021) Effects of CrossFit training on lipid profiles, body composition and physical fitness in overweight men; *Sport Sciences for Health* (2021) 17:855–862
37. Waggoner JD, Robison CE, Ackerman TA, Davis PG. Effects of exercise accumulation on plasma lipids and lipoproteins. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2015

May;40(5):441-7. doi: 10.1139/apnm-2014-0321. Epub 2015 Jan 8. PMID: 25874645.

38. Benjamin EJ, Muntner P, Alonso A, Bittencourt MS, Callaway CW, Carson AP, Chamberlain AM, Chang AR, Cheng S, Das SR, Delling FN, Djousse L, Elkind MSV, Ferguson JF, Fornage M, Jordan LC, Khan SS, Kissela BM, Knutson KL, Kwan TW, Lackland DT, Lewis TT, Lichtman JH, Longenecker CT, Loop MS, Lutsey PL, Martin SS, Matsushita K, Moran AE, Mussolino ME, O'Flaherty M, Pandey A, Perak AM, Rosamond WD, Roth GA, Sampson UKA, Satou GM, Schroeder EB, Shah SH, Spartano NL, Stokes A, Tirschwell DL, Tsao CW, Turakhia MP, VanWagner LB, Wilkins JT, Wong SS, Virani SS; American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. Heart Disease and Stroke Statistics-2019 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation*. 2019 Mar 5;139(10):e56-e528. doi: 10.1161/CIR.0000000000000659. Erratum in: *Circulation*. 2020 Jan 14;141(2):e33. PMID: 30700139.

39. Dantas, Thiago & Aidar, Felipe & Souza, Raphael & Matos, Dihogo & Ferreira, Alexandre & Barros, Natalie & Santos, Marcelo & Barros, Gilvandro & Santos, Carlos & Silva, Walderi. (2018). Evaluation of a CrossFit® Session on Post-Exercise Blood Pressure. *Journal of Exercise Physiology Online*. 21.

40. Saklayen MG. The Global Epidemic of the Metabolic Syndrome. *Curr Hypertens Rep*. 2018 Feb 26;20(2):12. doi: 10.1007/s11906-018-0812-z. PMID: 29480368; PMCID: PMC5866840.

41. Kirwan JP, Kohrt WM, Wojta DM, Bourey RE, Holloszy JO. Endurance exercise training reduces glucose-stimulated insulin levels in 60- to 70-year-old men and women. *J Gerontol* 48: M84–M90, 1993. doi:10.1093/geronj/48.3.M84.

42. Kirwan JP, Solomon TP, Wojta DM, Staten MA, Holloszy JO. Effects of 7 days of exercise training on insulin sensitivity and responsiveness in type 2 diabetes mellitus. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 297: E151–E156, 2009. doi:10.1152/ajpendo.00210.2009.

43. Sigal RJ, Kenny GP, Wasserman DH, Castaneda-Sceppa C, White RD. Physical activity/exercise and type 2 diabetes: a consensus statement from the American Diabetes Association. *Diabetes Care* 29: 1433–1438, 2006. doi:10.2337/dc06-9910.
44. Slentz CA, Tanner CJ, Bateman LA, Durham MT, Huffman KM, Houmard JA, Kraus WE. Effects of exercise training intensity on pancreatic beta-cell function. *Diabetes Care* 32: 1807–1811, 2009. doi:10.2337/dc09-0032.
45. Madsen SM, Thorup AC, Overgaard K, Jeppesen PB. High intensity interval training improves glycaemic control and pancreatic beta cell function of type 2 diabetes patients. *PLoS One* 10: e0133286, 2015. doi:10.1371/journal.pone.0133286.
46. Solomon TP, Malin SK, Karstoft K, Kashyap SR, Haus JM, Kirwan JP. Pancreatic beta-cell function is a stronger predictor of changes in glycemic control after an aerobic exercise intervention than insulin sensitivity. *J Clin Endocrinol Metab* 98: 4176–4186, 2013. doi:10.1210/jc.2013-2232.
47. Dela F, von Linstow ME, Mikines KJ, Galbo H. Physical training may enhance beta-cell function in type 2 diabetes. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 287: E1024–E1031, 2004. doi:10.1152/ajpendo.00056.2004.
48. Solomon TP, Haus JM, Kelly KR, Rocco M, Kashyap SR, Kirwan JP. Improved pancreatic beta-cell function in type 2 diabetic patients after lifestyle-induced weight loss is related to glucose-dependent insulinotropic polypeptide. *Diabetes Care* 33: 1561–1566, 2010. doi:10.2337/dc09-2021.
49. Stephan Nieuwoudt, Ciarán E. Fealy, Julie A. Foucher, Amanda R. Scelsi, Steven K. Malin, Mangesh Pagadala, Michael Rocco, Bartolome Burguera, and X John P. Kirwan. Functional high-intensity training improves pancreatic beta-cell function in adults with type 2 diabetes. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 313: E314–E320, 2017. First published May 16, 2017; doi:10.1152/ajpendo.00407.2016.
50. Fealy CE, Haus JM, Solomon TP, Pagadala M, Flask CA, Mc-Cullough AJ, Kirwan JP. Short-term exercise reduces markers of hepatocyte apoptosis in nonalcoholic fatty liver disease. *J Appl Physiol* (1985) 113: 1–6, 2012. doi:10.1152/jappphysiol.00127.2012.

51. Shamsoddini A, Sobhani V, Ghamar Chehreh ME, Alavian SM, Zaree A. Effect of aerobic and resistance exercise training on liver enzymes and hepatic fat in Iranian men with nonalcoholic fatty liver disease. *Hepat Mon* 15: e31434, 2015. doi:10.5812/hepatmon.31434.
52. Utzschneider KM, Carr DB, Hull RL, Kodama K, Shofer JB, Retzlaff BM, Knopp RH, Kahn SE. Impact of intra-abdominal fat and age on insulin sensitivity and beta-cell function. *Diabetes* 53: 2867–2872, 2004. doi:10.2337/diabetes.53.11.2867.
53. Solomon TP, Malin SK, Karstoft K, Knudsen SH, Haus JM, Laye MJ, Pedersen M, Pedersen BK, Kirwan JP. Determining pancreatic beta-cell compensation for changing insulin sensitivity using an oral glucose tolerance test. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 307: E822–E829, 2014. doi: 10.1152/ajpendo.00269.2014.
54. Musa DI, Adeniran SA, Dikko AU, Sayers SP. The effect of a high-intensity interval training program on high-density lipoprotein cholesterol in young men. *J Strength Cond Res.* 2009 Mar;23(2):587-92. doi: 10.1519/JSC.0b013e318198fd28. PMID: 19209073.
55. Ambroży, T.; Rydzik, Ł.; Obmiński, Z.; Spieszny, M.; Szczepanik, A.; Ambrozy, D.; Basiaga-Pasternak, J.; Spieszny, J.; Niewczas, M.; Jaszczur-Nowicki, J. Effetto dell'allenamento di forza e resistenza ad alta intensità sotto forma di piccoli circuiti sui cambiamenti nei livelli lipidici negli uomini di età compresa tra 35 e 40 anni. *J. Clin. Med.* 2022, 11 , 5146. <https://doi.org/10.3390/jcm11175146>
56. The Effects of Different Quality of Exercise on Blood Pressure and Heart Rate in Healthy Female
Aiesha Mohammed Almutawa¹, Afaf Abdullah Al-Shelash¹, Buthaynah Mohammed Al-Gazlan¹, Reema Mohammad Al-Sallali¹, Reem Abdullah Al-Marzougi¹, Noorah Saleh Al-Sowayan²*orcid
57. Forjaz CL, Cardoso CG Jr, Rezk CC, Santaella DF, Tinucci T. Postexercise hypotension and hemodynamics: the role of exercise intensity. *J Sports Med Phys Fitness.* 2004 Mar;44(1):54-62. PMID: 15181391.
58. Fealy CE, Nieuwoudt S, Foucher JA, Scelsi AR, Malin SK, Pagadala M, Cruz LA, Li M, Rocco M, Burguera B, Kirwan JP. Functional high-intensity exercise training ameliorates insulin resistance and cardiometabolic risk factors in type 2

diabetes. *Exp Physiol*. 2018 Jul;103(7):985-994. doi: 10.1113/EP086844. PMID: 29766601; PMCID: PMC6026040.

59. Viecili PRN, Bündchen DC, Richter CM, Dipp T, Lamberti DB, Pereira AMR. Doseresponse curve of exercise in hypertensive: Analysis of the number of sessions for hypotensive effect. *Arq Bras Cardiol*. 2009;92(5):393-399.

60. Damorim IR, Santos TM, Barros GWP, Carvalho PRC. Hypotensive kinetics during 50 sessions of strength and aerobic training in hypertensive patients. *Arq Bras Cardiol*. 2017;108(4):323-330.

61. J. R. Halliwill et al. Postexercise hypotension and sustained postexercise vasodilatation: what happens after we exercise?. Review, *Exp Physiol* 98.1 (2013) pp 7–18.