

# Indice

Introduzione.....	8
Obesità Infantile.....	8
Assunzione Energetica e di Nutrienti .....	9
Stato Nutrizionale.....	10
La Scuola.....	12
Attività fisica .....	14
Obesità - Epidemiologia .....	15
Eziologia .....	19
Conseguenze e complicanze dell'obesità.....	24
Cap. 1 Dispendio Energetico.....	24
1.1 Dispendio energetico .....	24
1.2 Dispendio energetico totale giornaliero .....	25
1.3 Metodiche di misura .....	28
1.4 Armband.....	30
Cap. 2 La composizione corporea .....	39
2.1 I metodi antropometrici per la misura della composizione corporea .....	39
2.2 Il peso .....	40
2.3 La statura .....	40
2.4 Le circonferenze.....	42
2.5 Circonferenza della vita.....	42
2.6 Circonferenza dei fianchi .....	43
2.7 Il rapporto vita/fianchi.....	44
2.8 L'Indice di Massa Corporea (BMI).....	46
2.9 Plicometria.....	57
2.10 Impedenziometria .....	63
2.10.1 Disposizione degli elettrodi .....	70
2.10.2 Cavi di collegamento allo strumento .....	70
2.10.3 Posizione del soggetto.....	71
2.10.4 Temperatura cutanea.....	72
2.10.5 Preparazione della cute.....	72
2.10.6 Cibo e bevande .....	73
2.10.7 Dinamica respiratoria .....	73
2.10.8 Esercizio fisico .....	73
2.10.9 Ciclo mestruale .....	74
2.11 Metodica ADP (Air-Displacement Plethysmography) .....	74
2.12 DXA (Dual energy X-ray Absorptiometry) .....	75
Cap. 3 Valutazione dello stato nutrizionale .....	79
3.1 Il fabbisogno di nutrienti.....	79
3.2 Dosi alimentari raccomandate (RDA) .....	80
3.3 Referenza di introito dietetico (DRI).....	81
3.4 Livelli di assunzione giornalieri raccomandati di energia e nutrienti per la popolazione italiana (LARN).....	85
3.5 Macro e micro nutrienti .....	87

3.6 I Carboidrati .....	87
3.7 Le Proteine .....	90
3.8 I Lipidi .....	95
3.9 Vitamine Liposolubili .....	98
3.10 Vitamine Idrosolubili .....	99
3.11 I Minerali.....	99
Cap. 4 La Ricerca .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
4.1 Premessa .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
4.2 Materiali e Metodi .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
4.2.1 Obiettivi dello studio .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
4.2.2 Indagine (Programmazione - Ambiente -Analisi Statistica) .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
4.3 Dati Raccolti .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
4.3.1 Antropometria .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
4.3.2 Plicometria .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
4.3.3 Bioimpedenza.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
4.3.4 DEXA.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
4.3.5 Valutazione delle Abitudini Motorie e degli Stili di Vita.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
4.3.6 Valutazione delle abitudini alimentari.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
4.3.7 valutazione del dispendio energetico (Armband)	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
4.4 Razionale di Studio e Ricerca.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
Cap. 5 Risultati Valutazione Abitudini Alimentari	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
5.1 Risultati Ottenuti .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
Cap. 6 Risultati Valutazione Dispendio Energetico	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
Cap. 7 Risultati Valutazione Abitudini motorie e stili di vita.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
7.1 Il campione (età - statura - peso).....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
7.2 Abitudini Quotidiane Fondamentali.	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
7.3 Risultati e Discussione .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
7.3.1 Analisi descrittiva e comparativa delle Abitudini Quotidiane	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
( <i>Sveglia - Corica- Ore di Sonno</i> ) .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
7.3.2 Analisi descrittiva e comparativa delle Abitudini Quotidiane	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
( <i>Studio - Computer- TV - Altro</i> ) .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
7.3.3 Analisi descrittiva e comparativa delle Abitudini Quotidiane	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
( <i>Lettura - Musica - Modellismo - Altro - Nulla</i> )....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
7.4 Educazione Fisica Scolastica .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
7.4.1 Premessa .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
7.4.2 Analisi specifica dell'Educazione Motoria Scolastica .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>

7.4.3 Attività svolte durante le ore di Educazione Fisica .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
7.5 Analisi dell'Attività Sportiva Extrascolastica..	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
7.5.1 Analisi descrittiva e comparativa dei risultati delle quantità di attività motoria.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
7.6 Attività Sportiva Extrascolastica Attuale .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
7.6.1 Analisi descrittiva e comparativa dei risultati delle quantità di attività motoria attuale .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
Cap. 8 Risultati Valutazione Composizione Corporea .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
8.1 Il Campione (Variabile Età - Sesso) ...	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
8.2 Il Campione (Variabile - Classi ore_allenamento)...	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
8.3 Il Campione (Variabile BMI).....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
8.4 Il Campione (variabili in esame) ...	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
8.6 Differenze Variabile Grasso per Sesso	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
8.7 I modelli anova con Grasso_Dexa e BMI come variabile risposta	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
8.8 I modelli di regressione multipla con Grasso_Dexa e BMI come variabile risposta.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
CONCLUSIONI E PROSPETTIVE .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
Bibliografia .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>

## Introduzione

### *Obesità Infantile*

Nei paesi industrializzati le possibilità di sviluppare l'obesità durante l'infanzia sono elevate. Facendo riferimento al 95° percentile dell'indice di massa corporea (*Body Mass Index, BMI*) riportato nelle curve di crescita NCHS/CDC come cut-off dell'obesità, il 10.6 + 0.7% dei bambini dai 6 ai 17 anni erano obesi negli Stati Uniti tra il 1988 e il 1994, come rilevato nell'ambito del *National Health and Nutrition Examination Surveys III (NHANES III)*.

I maschi sono tendenzialmente più obesi delle femmine. I trend dell'obesità mostrano un continuo, progressivo incremento sia nei bambini che negli adolescenti. Simili trend sono stati osservati anche in Europa.

La considerazione che 1 bambino su 10 è obeso è motivo di preoccupazione, non solo a causa della vastità del fenomeno, ma specialmente a causa dell'impatto che l'obesità ha sulla salute: basti pensare al rischio di persistenza dell'obesità tra gli adulti, alla morbilità associata all'obesità essendo già presente nei bambini, all'effetto indipendente dell'obesità infantile sulla mortalità degli adulti e le complicazioni psicosociali.

È un dato impressionante che dal 30 al 60% dei bambini obesi mantengano la loro condizione di obesità nell'età adulta.

I figli di genitori obesi corrono il più alto rischio di mantenere l'eccesso di adiposità durante la vita adulta.

I bambini obesi possono andare incontro a complicazioni metaboliche (intolleranza al glucosio, diabete di tipo II, ipertensione e dislipidemia) così come a problemi ortopedici, dermatologici e ginecologici.

Queste complicazioni legate all'obesità possono migliorare significativamente oppure scomparire completamente con la perdita di massa grassa.

L'obesità infantile è stata associata con la morbilità e la mortalità in età adulta indipendentemente da quello che sarà il peso del soggetto e dalla presenza o meno di altri fattori di rischio. Sembra, dunque, che l'esposizione ad un eccesso di adiposità durante gli anni dello sviluppo possa avere un effetto prolungato che persiste più tardi nella vita adulta e possa condizionare in maniera significativa lo stato di salute delle persone. In fine, l'importanza delle implicazioni sociali dell'obesità nella tarda adolescenza e nei giovani adulti supporta ulteriormente il bisogno di una diagnosi precoce e di un trattamento dell'eccesso di adiposità durante l'infanzia.

Il trattamento e la prevenzione dell'obesità, sia nei bambini, negli adolescenti, che negli adulti, possono essere molto efficaci se si interviene precocemente. L'identificazione dei fattori di rischio legati all'obesità e del loro ruolo nel determinare l'eccesso ponderale è necessaria al fine di pianificare strategie di successo.

Poiché l'obesità è una malattia multifattoriale, e la sua comparsa è il risultato di interazioni multiple tra geni ed ambiente, sono stati investigati, al fine di individuare efficaci strategie di intervento, sia le componenti genetiche che quelle ambientali.

Tuttavia, sono stati suggeriti altri fattori sociali in grado di aumentare le possibilità di divenire obesi.

Senza riferimento al sesso, si è dimostrato che il background sociale e il BMI nell'infanzia sono dei buoni predittori di obesità nell'età adulta.

Il comportamento sedentario è un altro fattore che contribuisce allo sviluppo dell'obesità.

### ***Assunzione Energetica e di Nutrienti***

I fattori genetici ed ambientali che causano l'obesità promuovono automaticamente un bilancio energetico positivo prolungato nel tempo, cioè a dire un'assunzione energetica più alta rispetto all'energia spesa.

Per quanto riguarda poi la composizione della dieta è da sottolineare che una dieta ad alto contenuto in grassi è fortemente associata con l'obesità infantile. L'ingestione di cibi ad alto contenuto in grassi promuove un maggiore consumo di alimenti in ragione della loro palatabilità.

Inoltre la sensazione di sazietà è minore di quella che deriva dal consumare pasti proteici o ad alto contenuto di carboidrati.

Infine, la termogenesi dieto-indotta è più bassa dopo aver ingerito grassi che dopo l'assunzione di carboidrati o di proteine (3%, dal 5 all'8% e dal 30 al 40% del contenuto energetico del pasto ingerito rispettivamente).

### ***Stato Nutrizionale***

I Progetti di Sorveglianza Nutrizionale e di Educazione Fisica rappresentano capitoli essenziali nella politica sanitaria dei Paesi Occidentali.

La finalità di tali progetti è la prevenzione delle malattie degenerative correlate a errate abitudini alimentari e a sedentarietà: un percorso essenziale per conseguire il miglioramento dello Stato Nutrizionale e della Qualità della Vita nella Popolazione.

Per Stato Nutrizionale si deve intendere la condizione risultante dall'introduzione, dall'assorbimento e dall'utilizzazione dei nutrienti, nonché dall'influenza di particolari stati fisiologici e patologici.

*Modernamente inteso (WHO), lo stato di salute fisico è caratterizzato da una variazione relativamente ristretta entro i limiti dell'attività metabolica, della funzione tissutale e della composizione corporea.*

Valutare lo Stato Nutrizionale di un soggetto, significa stabilirne i fabbisogni nell'ambito di ciascuno dei tre limiti caratterizzanti lo stato di salute, e compararne i risultati a quelli della popolazione sana o di riferimento.

*La WHO perfeziona il concetto di fabbisogno, definendolo come livello di energia e di nutrienti introdotto con gli alimenti per bilanciare il dispendio energetico e il fabbisogno nutrizionale e permettere all'individuo di mantenere la sua dimensione e*

*composizione corporea, l'adeguata attività fisica e lo stato di salute nel lungo termine; inoltre, per consentire la possibilità di svolgere le attività economicamente necessarie e socialmente desiderabili.*

Si tratta di una definizione assai più ampia di quella circoscritta allo “star bene” fisico, visto che prende in considerazione lo stile di vita e globalmente il benessere psico-sociale dell'uomo.

Uno stato nutrizionale adeguato al pieno soddisfacimento delle esigenze di benessere bio-psico- sociale produce le seguenti ricadute:

- La popolazione in età evolutiva, con adeguata assunzione di energia/nutrienti e adeguata attività fisica, mostra indici di crescita superiori.
- Si riducono significativamente le risorse impegnate nella prevenzione delle cosiddette patologie del benessere.
- Attraverso la corretta informazione alimentare e l'educazione al movimento, si veicola più facilmente e con maggiore forza di penetrazione il messaggio di salute poiché è esso rispondente alla necessità di miglioramento dello stile di vita.
- Sul versante economico, la ricaduta di una corretta ed estesa informazione alimentare producono una minor spesa sanitaria per la prevenzione primaria e secondaria delle più diffuse patologie degenerative e una miglior predizione delle politiche agro-alimentari nazionali.

Questo ultimo aspetto è tanto più vero, quanto più l'informazione alimentare svolge il suo ruolo educativo e discriminante nella scelta dei consumi, prediligendo quelli basati sul patrimonio alimentare tradizionale e di stampo mediterraneo.

- Sul versante culturale, la ricaduta è offerta dall'opportunità che le tematiche nutrizionali e sportive diventino materia didattica nelle scuole italiane, all'interno di una visione globale caratterizzata dalla relazione: cibo - corpo - movimento, purché sano e appagante.

- Sempre sul versante culturale, il binomio didattico “Sport e Nutrizione” svolgerà il compito primario di prevenzione dei disturbi comportamentali e dei danni fisici, frequenti nell’infanzia e nell’adolescenza, in quanto derivati dall’esasperazione dei modelli agonistici o dalla dipendenza dai falsi miti di un’errata cultura sportiva.

Nell’infanzia e nell’adolescenza le politiche d’intervento devono consentire la prevenzione primaria dei problemi disnutrizionali e la formazione allo sport del futuro cittadino, che adotta l’attività fisica quotidiana come divertimento sano e necessario.

Diventa allora prioritario disporre di un **profilo nutrizionale e di un profilo sportivo** della popolazione giovane per meglio strutturare la strategia d’intervento.

Da ciò deriva la necessità di descrivere la qualità della vita dei giovani, attraverso l’analisi delle abitudini alimentari, l’analisi dei consumi, la raccolta degli indicatori di crescita, l’analisi dell’attività fisica giornaliera e lo studio delle relazioni tra variabili psicologiche e variabili di fitness.

**Sulla base della conoscenza del profilo nutrizionale e sportivo è possibile pianificare l’intervento d’informazione e di educazione.**

### *La Scuola*

**La Scuola, quale base formativa dei futuri cittadini italiani, potrebbe essere il luogo ideale per l’analisi della modificazione nel costume.**

La Scuola rappresenta il luogo dove il giovane trascorre la maggior parte del suo tempo quotidiano a contatto con figure adulte, preparate per la sua formazione.

La famiglia e le altre istituzioni, com’è noto, o sono meno presenti, o non posseggono il necessario bagaglio culturale per il processo formativo.

In Italia non vi sono ancora strutture che si occupano, in modo organico e sistematico, del monitoraggio dello stato nutrizionale e fisico della



popolazione giovane, come elemento determinante lo stato di salute individuale.

Un'attenzione prioritaria deve essere riservata al monitoraggio della popolazione in età evolutiva, particolarmente vulnerabile e sensibile all'adozione acritica di abitudini alimentari scorrette e di modelli errati di fitness, e nella quale l'incidenza del sovrappeso e obesità, ma anche della malnutrizione per difetto, secondaria a disturbi del comportamento alimentare, sono in drammatico aumento.

La scuola offre l'opportunità di integrare la metodologie di educazione alimentare e di controllo del peso corporeo, con gli interventi sull'attività fisica e l'ambiente; tali iniziative consentono di coinvolgere gli insegnanti e di raggiungere la famiglie, con un ruolo attivo nella prevenzione e nell'educazione.

- La Scuola, il luogo dove il giovane trascorre gran parte della sua vita, è a sua volta l'ambiente idoneo per l'informazione educativa. L'educazione è un processo necessariamente lento e costante; è impensabile che possa essere circoscritta a un periodo breve o venga effettuata in modo saltuario.
- La Scuola, attraverso gli insegnanti, i medici scolastici e gli specialisti di settore opportunamente cooptati, può recepire l'informazione per una corretta attività fisica, trasformandola sia in materia didattica sia in uno strumento ludico per un divertimento sano.

Il patrimonio informativo, acquisito dal suddetto personale scolastico, diventa allora un'eredità culturale che viene trasmessa alle future generazioni.

- La Scuola, più che gli Ospedali o le altre Istituzioni, può censire il fenomeno multietnico e, con esso, definire l'influenza dei futuri cittadini sul costume alimentare e sportivo italiano.

- Un solo investimento pubblico produce in tal modo, un indotto formativo decennale. L'investimento pubblico dovrebbe costituire una dotazione strumentale e editoriale di rapida e semplificata consultazione.
- Il management data, in altre parole la raccolta e l'elaborazione dei dati relativi allo stato nutrizionale e fisico, nonché il controllo delle risultanze indotte dal processo educativo, può essere svolto in tempo reale grazie all'utilizzo del sistema "internet".

### *Attività fisica*

Le maggiori organizzazioni scientifiche, nazionali ed internazionali, sono ormai da tempo concordi nel considerare l'esercizio fisico regolare uno dei fattori principali nella strategia di prevenzione e di terapia delle gran parte delle cosiddette "*malattie del benessere*" o per meglio dire "*malattie delle società che vivono nel benessere*".

L'evoluzione socio-demografica che si è verificata nel corso degli ultimi decenni, soprattutto nelle società a più alto tenore di vita, ha modificato in maniera radicale e prevalentemente negativa lo stile di vita di tutta la popolazione, comportando, in genere, una minore propensione al movimento spontaneo e abitudini alimentari tendenzialmente scorrette sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo.

Parallelamente, si è assistito ad un aumento delle patologie cronicodegenerative (ipertensione, coronaropatie, diabete, dislipidemie, obesità, osteoporosi, ecc.) con gravi ripercussioni sia sulla salute dei singoli cittadini che sulla spesa sanitaria pubblica.

Per tale motivo, l'adozione di uno stile di vita più attivo ha assunto negli ultimi anni un ruolo sempre più importante nell'ambito di un approccio multidisciplinare finalizzato alla prevenzione e alla terapia del sovrappeso corporeo e dell'obesità, tanto che la pratica regolare di programmi personalizzati di esercizio fisico viene considerata parte integrante dei

protocolli terapeutici anche in considerazione degli effetti positivi indotti sullo stato di salute generale, sull'efficienza fisica e sulla sfera psicologica.

In particolare, l'aumento del tempo dedicato al movimento, spontaneo e/o organizzato, è realmente in grado di svolgere una importante funzione nella regolazione del peso corporeo aumentando il dispendio energetico, sia direttamente durante l'attività stessa, sia "indirettamente" attraverso un incremento della massa muscolare, metabolicamente attiva, in grado di far aumentare anche il metabolismo basale.

L'attività fisica, come già detto, è indicata per la gestione di condizioni quali ipercolesterolemia, ipertensione arteriosa, diabete, obesità, programmi di mantenimento del peso, comportando un aumento significativo della frazione lipoproteica HDL (colesterolo buono), riduzione dei trigliceridi, riduzione della pressione arteriosa, migliore fitness cardiocircolatorio, maggiore tolleranza al glucosio.

Se l'attività fisica è associata a terapia dietetica, contribuisce al calo ponderale risparmiando la massa magra (muscoli) e riducendo prevalentemente la massa grassa.

### ***Obesita' - Epidemiologia***

L'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità) definisce l'obesità come una condizione caratterizzata da eccessivo peso corporeo per accumulo di tessuto adiposo, in misura tale da influire negativamente sullo stato di salute.

Si tratta di una condizione cronica, ad eziologia multifattoriale, accompagnata da un aumento di rischio di morbilità e mortalità.

L'obesità è un problema di salute pubblica di interesse mondiale che riguarda sia l'età adulta sia l'età evolutiva.

A oggi rappresenta uno dei più diffusi disturbi dell'accrescimento e della nutrizione in età pediatrica e adolescenziale nei paesi economicamente sviluppati, assumendo i connotati di una vera e propria epidemia, per la quale è stato coniato il termine di "globesity". E' stato stimato che nel mondo

oltre 22 milioni di bambini al di sotto dei 5 anni sono in sovrappeso ed un bambino su dieci è obeso, con prevalenza media ben al di sotto del 10% in Africa ed Asia, e ben oltre il 20% in America ed in Europa (Kosti et al.2006).

Negli ultimi decenni in Italia, come negli altri Paesi ad alto tenore di vita, si è assistito a un progressivo incremento del peso medio della popolazione, che ha interessato anche bambini ed adolescenti.

Nei Paesi industrializzati si valuta che circa il 30-50% delle persone superi il peso ideale e che tale condizione si manifesti in epoca sempre più precoce.

Sebbene sia difficile stabilire metodologie di misura e soglie comuni, è indubbio che nella popolazione pediatrica (almeno in Nord America ed Europa occidentale):

- cresce il rapporto fra peso e altezza;
- aumenta rapidamente la percentuale di soggetti obesi ed in sovrappeso;
- l'obesità ha un esordio sempre più precoce.

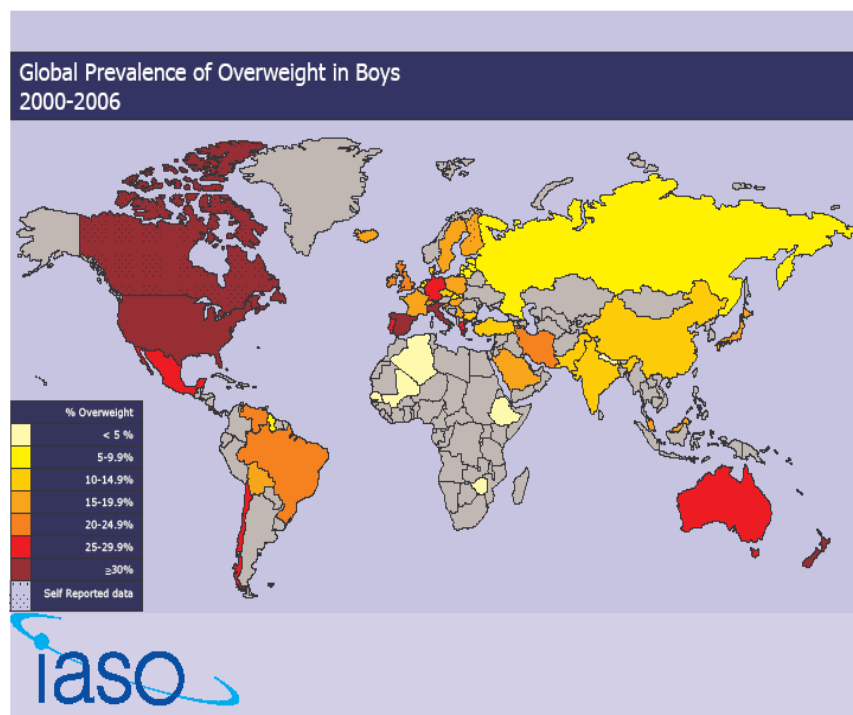


Figura 1: Prevalenza di sovrappeso nel mondo (da [www.IASO.org](http://www.IASO.org); IASO, International Association for the Study of Obesity.)

La maggior prevalenza è collocata nei Paesi dell'Europa meridionale (Lobstein et al,2003); quelli che si affacciano sul bacino del Mediterraneo raggiungono valori del 20-40% contro il 10-20% dell'Europa del Nord (fig. 1).

Secondo dati recenti (James, 2004) la quota di bambini e adolescenti in sovrappeso ed obesi è pari al 13% in Finlandia, al 18% in Svezia e arriva al 31% in Grecia, che condivide con Spagna e Italia la più alta prevalenza di obesità (Livingstone, 2000).

Una simile distribuzione tra Nord e Sud è mantenuta all'interno dei singoli Paesi.

In Italia, dove la prevalenza generale di sovrappeso/obesità infantile è del 36% circa, i bambini del Sud sono più in sovrappeso (23%) rispetto ai loro coetanei del Nord (15%) (Cacciari et al, 2002).

Il problema interessa soprattutto la fascia di età 6-13 anni, e "predilige" i maschi rispetto alle coetanee, com'è possibile vedere dal grafico di figura 2.

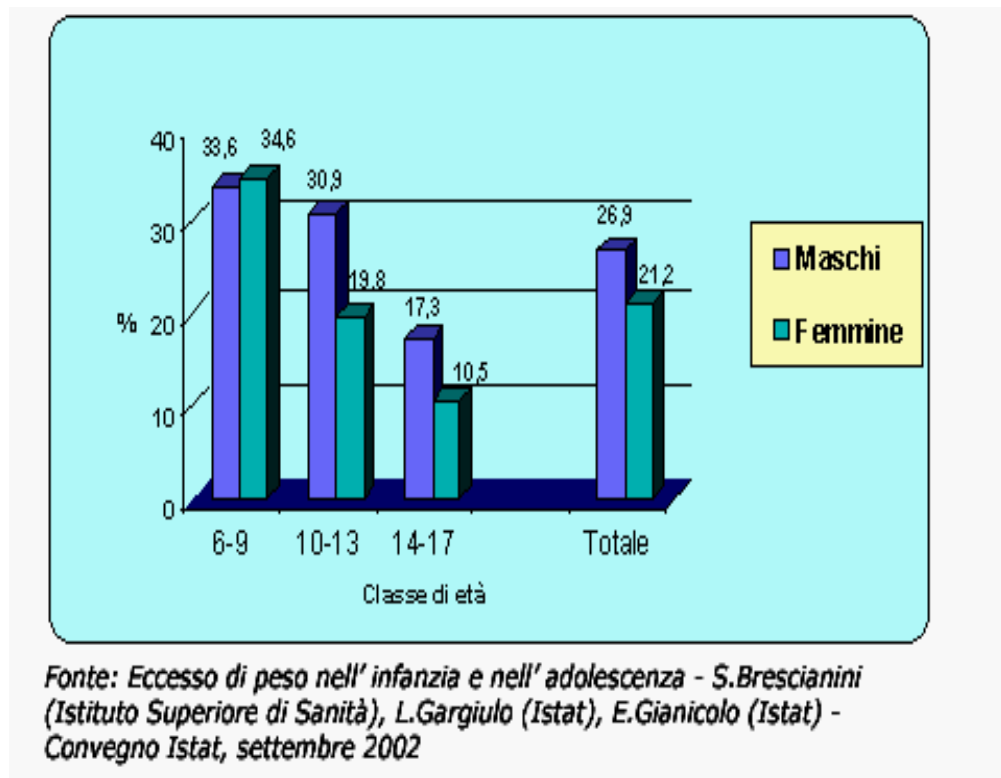


Figura 2: Bambini ed adolescenti con eccesso di peso in Italia, 1999-2000

Nel nostro Paese il “primato” di Regione con più alta presenza di bambini e adolescenti con eccesso di peso spetta alla Campania, con il 36%, mentre la minor presenza si osserva in Valle d’Aosta (14,3%) (Figura 3).

	% di bambini e adolescenti obesi o in sovrappeso
Piemonte	17,1
Valle d’Aosta	14,3
Lombardia	18,5
Trentino-Alto Adige	16,1
Veneto	21,4
Friuli-Venezia Giulia	20,1
Liguria	17,0
Emilia-Romagna	22,7
Toscana	17,0
Umbria	24,1
Marche	25,8
Lazio	24,7
Abruzzo	27,0
Molise	27,5
Campania	36,0
Puglia	26,0
Basilicata	24,5
Calabria	27,2
Sicilia	26,8
Sardegna	16,6
ITALIA	24,2

Anni 1998-2000 (per 100 persone con le stesse caratteristiche)

**Fonte: Eccesso di peso nell’infanzia e nell’adolescenza S.Brescianini (Istituto Superiore di Sanità), L.Gargiulo (Istat), E.Gianicolo (Istat), Convegno Istat, settembre 2002**

Figura 3: Percentuale di bambini ed adolescenti con eccesso di peso per regione, 1999-2000.

I risultati di un’indagine promossa dal Ministero della Salute (1998-2000) indicano che all’età di 9 anni in città campione di Lombardia, Toscana, Emilia Romagna, Campania, Puglia e Calabria il 23,9% dei bambini è in sovrappeso e il 13,6% è obeso.

Anche questa indagine ha confermato che la più elevata prevalenza di obesità è nelle regioni del sud (16% a Napoli) rispetto al nord (6.9% a Lodi).

### ***Eziologia***

L'obesità è il risultato di diverse cause più o meno evidenti e più o meno presenti a seconda del soggetto.

Si parla dunque di un'eziologia multifattoriale che chiama in causa alimentazione, sedentarietà, fattori genetici e fattori ambientali.

Negli ultimi anni la ricerca ha portato alla luce il contributo genetico della familiarità nello sviluppo dell'obesità. L'aver uno o entrambi i genitori obesi è il fattore di rischio più importante per la comparsa dell'obesità in un bambino.

Studi su gemelli omozigoti e soggetti adottati, attraverso la correlazione del peso dei soggetti stessi e dei genitori adottivi e naturali, hanno dimostrato che il grado di ereditabilità del sovrappeso varia dal 60 al 70% (Verdich et al. 2004). Osservando le famiglie dei bambini obesi si è visto quindi che avere uno o entrambi i genitori obesi aumenta la probabilità di sviluppare questa condizione (Brescianini et al. 2002).

E' stata ipotizzata l'esistenza di un legame tra sviluppo di obesità in età evolutiva e allattamento al seno: bambini allattati al seno mostrano un rischio più basso di essere in sovrappeso da adolescenti ed adulti in modo proporzionale alla durata dell'allattamento (Hawkins et al. 2006; Ryan 2007).

Il patrimonio genetico è la base su cui si manifestano altri fattori: alimentazione, inattività, contesto sociale, comportamento alimentare.

I cambiamenti ambientali e sociali verificatisi negli ultimi decenni, hanno influenzato il comportamento alimentare, lo stile di vita e l'attività fisica di gran parte della popolazione mondiale (WHO, 1998).

In Italia, secondo uno studio condotto a Verona negli anni '80 (Zoppi, 1987) su una popolazione scolastica di quaranta mila soggetti, il 9% risultava sovrappeso o obeso.

Nei primi anni '90 a Milano su dodici mila soggetti la quota di obesi risultava pari al 12% (Giovannini, 1986).

Nel 1996 un'indagine effettuata a Gallipoli stimava intorno al 25% (Corciulo, 2001) la prevalenza di sovrappeso-obesità in età pediatrica.

Sebbene questi studi regionali siano scarsamente confrontabili tra di loro, si può ipotizzare che bambini e adolescenti con peso al di fuori della norma siano fortemente aumentati in nemmeno quindici anni.

Tra i diversi aspetti dell'alimentazione si sta cercando di capire quali contribuiscano in modo particolare all'eccesso ponderale.

Oltre all'aumentato consumo di cibi ricchi di energia e di grassi, la generale tendenza alla sedentarietà ha contribuito in modo notevole al vistoso incremento della prevalenza dell'obesità.

Questo nuovo stile di vita è favorito dal rilancio tecnologico che riduce al minimo sforzo ogni attività della giornata: trasporti automatizzati, ascensori, scale mobili, ecc...

La riduzione dell'attività fisica quotidiana, causa importante dello sviluppo del sovrappeso, è progressiva con l'aumentare dell'età soprattutto nelle ragazze (Chehab et al., 2007).

Alcuni studi hanno confrontato i livelli di attività fisica tra i ragazzi che vanno a scuola a piedi o in bicicletta e quelli che utilizzano invece l'auto o il motorino ed è emerso che i primi risultano essere fisicamente più attivi durante tutta la giornata (Cooper et al., 2003; Alexander et al., 2005; Dollman et al., 2005).

Nell'ambito delle attività giornaliere, televisione e computer occupano molte ore con effetti importanti: riduzione del metabolismo, visione di pubblicità alimentari, invito a mangiare, sottrazione di tempo ad attività più dispendiose (Campbell et al., 2006; Wieche et al., 2006).

Secondo Doak (2006) passare molte ore davanti alla tv costituisce un fattore di rischio importante per l'insorgenza dell'obesità.

È stata più volte sottolineata la correlazione tra ore trascorse davanti alla televisione e grado di sovrappeso, logica conseguenza di uno squilibrio tra



introito e dispendio energetico e della modificazione delle preferenze alimentari indotta dall'esposizione a spot alimentari anche di brevissima durata (30 secondi). Secondo recenti analisi ne viene trasmesso uno ogni 5 minuti. (Campbell et al., 2006; Wieche et al., 2006).

Un altro fattore importante che può influenzare lo sviluppo dell'obesità nell'adolescenza è la bassa classe sociale della famiglia di appartenenza, con l'utilizzo di alimenti di scarsa qualità, basso consumo di fibra ed elevato apporto di grassi.

Anche il sonno è un fattore di rischio importante.

Da alcuni studi è emerso che i bambini obesi generalmente dormono meno (Sekine et al., 2002; Von Kries et al., 2002; Chaput et al., 2006).

Il meccanismo con cui il sonno aumenta il rischio di sviluppare il sovrappeso non è ancora stato definito. Tuttavia il minor tempo dedicato al riposo può essere associato con un aumento del tempo trascorso guardando la televisione e più occasioni di mangiare fuori pasto durante la serata (Rennie et al., 2006).

L'associazione tra sonno e introito energetico ha anche basi biologiche.

Negli adulti, un sonno breve è correlato ad una alterazione degli ormoni che regolano l'appetito e che aumentano il senso di fame (Spiegel et al., 2004).

Inoltre è possibile che gli individui meno attivi, quindi fisicamente meno stanchi, possano dormire meno; questo suggerisce un'interazione tra bassi livelli di attività fisica e riposi brevi con il rischio di eccessivo incremento della massa grassa (Rennie et al., 2006).

Un altro aspetto recentemente studiato, collegato allo sviluppo di obesità infantile, è l'adiposity rebound.

I cambiamenti nella composizione corporea avvengono durante la normale crescita.

Le modificazioni della massa grassa correlate all'età possono essere rilevate attraverso molte metodiche, tuttavia, l'indice maggiormente utilizzato è il BMI (peso in kg / altezza in m<sup>2</sup>) (Durenberg et al., 2001).

Nei bambini si verifica un rapido aumento del BMI durante il primo anno di vita. Dopo 9-12 mesi di età il BMI diminuisce e raggiunge un valore minimo in media verso i 5-7 anni prima di iniziare ad aumentare di nuovo durante l'adolescenza e maggiormente nell'età adulta.

Il punto di massima magrezza o minore BMI è stato chiamato adiposity rebound (AR) (Rolland-Cachera et al., 1984).

Un precoce AR (minore età di AR) è associata con un più alto BMI nell'adolescenza e nella prima età adulta (Rolland-Cachera et al. 2006).

In entrambi i sessi, un precoce AR rispetto ai coetanei, un maggiore BMI al momento dell'AR e un BMI alto nei genitori è associato ad un maggiore tasso di obesità nell'età adulta (Robert et al., 1998).

Inoltre, è stato visto che per i bambini che hanno anche un solo genitore obeso, il rischio di diventare adulti obesi è maggiore per quelli con un precoce AR e minore per quelli con un AR in tempi normali (Taylor et al., 2005).

Negli obesi l'età media dell'AR è di 3 anni contro i 7 anni dei normopeso.

Il momento in cui si avrà l'AR sembra essere geneticamente programmato, relativamente difficile da alterare ed è un indicatore dell'ereditarietà del soprappeso (Williams, 2005).

Inoltre, esso può riflettere importanti influenze ambientali possibili da modificare (Rolland-Cachera et al., 2006): ad esempio le strategie usate dai genitori per far mangiare il bambino (es.: se mangi tutto sarai premiato) possono condurlo o meno a un atteggiamento critico nell'interpretare i segnali di fame e sazietà dovuti a influenze esterne piuttosto che allo stimolo fisiologico interno.

Le giuste strategie possono avere un effetto positivo e aiutare il naturale declino dell'adiposità.

Quindi, durante l'infanzia, i fattori ambientali possono avere effetti duraturi sulla regolazione del bilancio energetico e sul rischio di obesità specialmente in presenza di un precoce AR (Birch et al. 1980).

L'obesità essenziale, non legata ad altre patologie, sembrerebbe inoltre associata a un'alterazione del sistema di controllo noradrenergico della termogenesi, per cui si ridurrebbero la noradrenalina, la dopamina e la 5 idrossitriptamina (precursore della serotonina).

L'obeso potrebbe quindi avere una componente depressiva.

Il calo dell'adrenalina è alla base della mancata inibizione del senso della sazietà, effetto legato al basso tono adrenergico; la medesima cosa si può dire per la dopamina, la molecola del piacere del sistema cortico-meso-limbico; il calo della dopamina spiega la mancata inibizione del senso della fame, dunque il senso della fame è presente nel soggetto depresso; ancora, la serotonina determina una stimolazione del senso della sazietà, se è ridotta come nel depresso, allora il soggetto "non si sente mai soddisfatto, ne sazio" (Farooqi et al., 2004).

Negli ultimi anni si è arrivati alla conclusione che il miglior trattamento sia comunque la prevenzione: sebbene tutti gli esperti concordino sull'importanza di questo approccio, c'è poca ricerca in questo settore e pochi studi che comparino l'efficienza delle diverse strategie d'intervento.

In attesa di programmi di prevenzione diffusi a livello capillare sul territorio la Società Italiana di Pediatria ([www.SIPPS.it](http://www.SIPPS.it)) ha stilato il seguente decalogo per prevenire il rischio di sovrappeso e obesità:

- Controllare il peso e la statura con regolarità (almeno ogni sei mesi).
- Fare cinque pasti al giorno evitando i "fuoripasto"
- Consumare almeno cinque porzioni di frutta o verdura al giorno.
- Bere molta acqua limitando le bevande zuccherate.
- Ridurre i grassi a tavola, in particolare salumi, fritti, condimenti, dolci.
- Evitare di utilizzare il cibo come "premio".
- Privilegiare il gioco all'aperto, possibilmente almeno un'ora al giorno.
- Camminare a piedi in tutte le occasioni possibili.
- Praticare uno sport con regolarità. Non importa essere campioni a tutti i costi, ma fare esercizio fisico e divertirsi.

- Limitare la “videodipendenza” durante il tempo libero: massimo 2 ore al giorno.

### *Conseguenze e complicanze dell'obesità*

Per alcuni bambini e adolescenti il sovrappeso si riduce con la fase di rapido accrescimento staturale dell'adolescenza, ma in molti casi il problema persiste (Whitaker 1997). Secondo Serdula (1993) e Parsons (1999) citati da Freedman (2004), circa il 40% dei bambini sovrappeso è obeso da adulto.

Stando a un recente lavoro (Bernasconi, 2005) un bambino o un adolescente con un BMI elevato presenta un alto rischio di essere sovrappeso o obeso a 35 anni e il rischio aumenta con l'età: il 26-41% dei bambini obesi in età prescolare è obeso da adulto, mentre tra i bambini in età scolare la percentuale sale al 69% per arrivare all'83% tra gli adolescenti obesi.

Ci sono sempre più evidenze che i bambini obesi che mantengono l'eccesso ponderale in età adulta presentano, più frequentemente del previsto, alterazioni metaboliche e complicanze rispetto all'obesità che si manifesta in età adulta (Ministero della Salute, 2000).

Inoltre nel contesto culturale dei paesi occidentali il bambino obeso può sviluppare un disagio psicologico che può contribuire all'instaurarsi di un Disturbo del Comportamento Alimentare (è stato stimato che in età pediatrica tali disturbi siano presenti per il 3-5%).

Una ricerca recente mette infatti in evidenza la stretta relazione che intercorre tra bassa autostima ed eccesso di peso nei bambini obesi (Hesketh, Wake e Waters, 2004).

In sintesi si può affermare che:

- chi è normopeso in età pediatrica ha scarse possibilità di divenire obeso da adulto;
- per un bambino obeso il rischio di diventare un adulto obeso aumenta con l'età;
- il rischio è direttamente proporzionale alla gravità dell'eccesso ponderale.

Quindi l'obesità rappresenta un riconosciuto fattore di rischio per lo sviluppo di complicanze sia a breve sia a lungo termine.

In età evolutiva tale condizione si associa di frequente a disturbi di tipo respiratorio, ortopedico, psicologico ma soprattutto metabolico: dislipidemie, ridotta tolleranza glucidica e iperinsulinismo, con conseguente facilità a sviluppare diabete di tipo 2 già in età adolescenziale (Bona, 2005).

Quel che è più grave, è che essa rappresenta una condizione fortemente predisponente allo sviluppo, in età adulta, di patologie quali ipertensione arteriosa e disturbi cardiocircolatori e cerebrovascolari.

Negli anni '90 diversi studi hanno esaminato l'impatto a distanza dell'obesità in età pediatrica. In particolare Must (1992), con uno studio basato su un follow-up, evidenziò in maniera chiara un incremento del rischio di patologia cardiovascolare, di tumori del colon-retto e di artrosi in coloro che erano obesi in età evolutiva, indipendentemente dal fatto che il quadro di obesità fosse ancora presente in età adulta.

In un recente lavoro (Freedman, 2004) è stato inoltre segnalato come l'obesità grave in età pediatrica sia correlata a un danno alla parete arteriosa, determinabile mediante misurazione ecografica, destinato ad aggravarsi in età adulta.

**Da tali considerazioni, consegue la necessità di un'attenzione prioritaria riservata al monitoraggio della popolazione in età evolutiva.**

Nell'ambito di questa problematica ormai accertata s'inserisce il nostro studio, parte di un progetto che ha come obiettivo quello di indirizzare la popolazione adolescente verso un comportamento e uno stile di vita più salutare, in termini di corretta nutrizione e di adeguata attività fisica, al fine di prevenire l'insorgenza e la diffusione di malattie correlate alla malnutrizione, al sovrappeso ed alla sedentarietà.

**Tabella 1: Conseguenze dell'obesità**

Aumentato carico meccanico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mal di schiena</li> <li>• Disturbi ortopedici</li> <li>• Apnee nel sonno e disturbi respiratori</li> <li>• Scarsa tolleranza all'esercizio fisico</li> </ul>
Gastrointestinali	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcolosi biliare</li> <li>• Steatoepatite</li> </ul>
Dislipidemie Diabete non insulino dipendente Ipertensione	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Morbilità e mortalità cardiovascolare</li> </ul>
Alterazioni cutanee	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>
Influenza sullo sviluppo puberale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Policistosi ovarica (femmine)</li> <li>• Ipogonadismo (maschi)</li> <li>• Compromissione della fertilità</li> </ul>
Aumento della velocità di crescita	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>
Psico-sociali	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bassa autostima</li> <li>• Depressione</li> <li>• Disturbi del Comportamento alimentare</li> </ul>
Rischio aumentato per alcune neoplasie	
Persistenza dell'obesità	

## Cap. 1 Dispendio Energetico

### 1.1 Dispendio energetico

L'organismo umano si trova in uno scambio di calore continuo con l'ambiente che lo circonda. L'energia è fornita all'organismo, sotto forma di legami chimici, attraverso gli alimenti. L'energia contenuta nei macronutrienti (carboidrati, lipidi, proteine ed alcool) viene liberata durante i processi ossidativi, che implicano un consumo continuo di ossigeno ed una produzione di anidride carbonica.

In seguito all'ossidazione dei nutrienti, viene liberata energia (calore), che viene utilizzata per mantenere la temperatura corporea costante in un *range* fisiologico, per lo svolgimento di lavoro chimico (biosintesi di composti), lavoro osmotico (gradienti ionici) e lavoro meccanico (contrazione muscolare).

Gli alimenti forniscono all'organismo l'energia necessaria per compensare la spesa energetica, mediante la combustione dei *carboidrati* (1 g di carboidrati fornisce 4 kcal), dei *lipidi* (1 g = 9 kcal), delle *proteine* (1 g = 4 kcal) e dell'*alcool* (1 g = 7 kcal).

Mentre i carboidrati ed i lipidi, in presenza di ossigeno, vengono ossidati completamente e trasformati in acqua e anidride carbonica, le proteine producono anche composti azotati che vengono successivamente escreti sotto forma di urea.

Quindi, per mantenere l'omeostasi metabolico-energetica in una persona sana (*bilancio energetico stabile*), le calorie assunte con gli alimenti (calorie esogene) devono essere bilanciate dalla quantità totale di energia spesa: in caso contrario, il peso corporeo subirà una variazione.

In diversi stati patologici e fisiologici (atleti, gravidanza, allattamento), i fabbisogni calorico-nutrizionali possono variare considerevolmente e devono perciò essere valutati su base individuale.

Ad esempio, individui ustionati oppure sottoposti ad interventi chirurgici, vanno incontro ad uno stato ipermetabolico e catabolico ed essere quindi predisposti ad uno stato nutrizionale deficitario.

Pertanto, l'obiettivo di un attento programma nutrizionale deve essere quello di bilanciare il livello di stress metabolico di un soggetto, di prevenire la perdita di proteine viscerali e tissutali (massa magra) e di evitare una iper- o ipo-nutrizione.

Per raggiungere questo obiettivo, è essenziale condurre un'accurata valutazione dello stato nutrizionale, per determinare sia il dispendio energetico totale, sia la giusta miscela di substrati da somministrare al soggetto.

Il miglior approccio terapeutico consiste nell'uso di tecniche per la valutazione della composizione corporea, unitamente all'ausilio di test di laboratorio e della valutazione del dispendio energetico giornaliero.

## ***1.2 Dispendio energetico totale giornaliero***

Il trasferimento di energia dall'organismo all'ambiente viene definito *spesa energetica*, mentre il processo inverso viene detto *introito energetico*.

Il dispendio (o spesa) *energetico totale giornaliero* (**TDEE**, *Total Daily Energy Expenditure*) può essere suddiviso in tre componenti principali.

1. Il metabolismo di base (**BMR**, *Basal Metabolic Rate*, o **RMR**, *Rest Metabolic Rate*);
2. La termogenesi diete-indotta (**DIT**, *Diet-Induced Thermogenesis*);
3. La termogenesi indotta dall'attività fisica (**WIT**, *Work-Induced Thermogenesis*).

Il **BMR** rappresenta, per definizione, il minimo dispendio energetico misurabile mentre il soggetto è in stato di veglia.

Questa misurazione viene effettuata in condizioni altamente standardizzate ed è definita come *la spesa energetica di un individuo a completo riposo fisico e psico-sensoriale* mentre è disteso su un lettino, sveglio da poco tempo (circa



mezz'ora), in stato termoneutrale (22-26 °C), 12-14 ore dopo l'assunzione dell'ultimo pasto. Il soggetto, inoltre, deve aver goduto di un sonno definito "riposante" e non deve essere portatore di alcun genere di patologia.

Il termine *basale* suggerisce il concetto che l'energia spesa da un individuo in queste condizioni dovrebbe corrispondere al suo minimo dispendio energetico. In realtà, durante il sonno (fase non-REM) la spesa energetica (**SMR**, *Sleeping Metabolic Rate*) può essere inferiore al BMR di circa il 5-10%.

Il BMR si può approssimativamente stimare considerando l'equazione proposta dalla FAO/WHO (1985) sulla base dell'età, sesso e peso corporeo del soggetto.

Tale equazione è stata ripresa, con alcune modifiche, dalla *Commissione della Comunità Europea* (1993) e adottata dalla *Commissione Italiana LARN* (nuova revisione 1996):

**MB per i maschi = 17,7 x Kg peso corporeo x 650**

**MB per le femmine = 13,4 x Kg peso corporeo x 693**

(valori per adolescenti dai 14 anni fino al compimento del 18° anno di età)

La **DIT** viene definita come l'aumento della spesa energetica basale in risposta all'assunzione di un pasto.

In un individuo medio, che abbia un'alimentazione normale, la termogenesi dieto-indotta rende conto di circa il 10% del dispendio energetico totale giornaliero.

La **WIT** è la spesa energetica necessaria per compiere qualunque tipo di attività fisica. La sua entità è determinata dal tipo, dalla durata e dall'intensità del lavoro eseguito. L'attività fisica può provocare un notevole aumento del dispendio energetico. È comunque difficile stimare in maniera accurata la spesa energetica dovuta all'attività fisica. In particolare, risulta difficile misurare il grado di attività spontanea (i piccoli movimenti impercettibili), il cosiddetto "fidgeting".

Oltre al fabbisogno energetico basale, la Termogenesi indotta dall'attività fisica è il fattore che influenza maggiormente la richiesta energetica di un soggetto.

Per un individuo che conduce un tipo di vita sedentaria, la Termogenesi indotta dall'attività fisica è responsabile del 20-30% del dispendio energetico totale giornaliero, ma può essere inferiore nel soggetto ospedalizzato (10-15%), o al contrario, raggiungere il 50% ed oltre (per esempio in un atleta) del dispendio energetico totale giornaliero.

Poiché l'attività fisica è la voce più variabile, il TDEE si può anche approssimativamente stimare moltiplicando il valore del Metabolismo Basale (MB o BMR) per il livello dell'attività fisica (LAF o WIT), secondo la seguente tabella (*Commission of the European Communities 1993 - LARN 1996*):

**TDEE per i maschi = MB x 1,58**

**TDEE per le femmine = MB x 1,50**

(valore LAF unico, per adolescenti dai 14 anni fino al compimento del 18° anno di età;

viene considerato solo un livello di attività moderata).

*Black et al.* (1996) hanno stimato che il fabbisogno energetico giornaliero, rispetto al livello di attività fisica (leggera, moderata ed elevata) possa essere calcolata per l'uomo adulto moltiplicando il valore del MB rispettivamente per 1,55-1,78-2,10; mentre per le donne corrisponderebbe rispettivamente a 1,56-1,64-1,82 volte il MB (*metodo* FAO/WHO, 1985).

Le donne hanno un minore fabbisogno di energia rispetto agli uomini, dovuto anche alle loro più contenute dimensioni corporee.

Anche fra gli sportivi, le atlete hanno necessità energetiche minori poiché a parità di età e di livello sportivo, le donne svolgono una quantità di lavoro muscolare e carichi di allenamento mediamente e generalmente più bassi rispetto agli atleti di sesso maschile.

### 1.3 Metodiche di misura

Esistono diverse metodiche per la valutazione del dispendio energetico (**EE**, *Energy Expenditure*) di un soggetto: queste tecniche differiscono tra loro per le modalità di esecuzione, la precisione, l'accuratezza, la trasportabilità dell'apparecchiatura, i disagi arrecati al paziente ed il costo.

Ognuna di esse presenta dei vantaggi ed alcuni svantaggi che vengono presi in rassegna qui di seguito. In linea generale, i metodi disponibili sono suddivisi in *calorimetrici* e *non calorimetrici*.

La calorimetria è definita come la misura della produzione o, alternativamente, della perdita di calore.

**Tale misura può essere ottenuta direttamente (calorimetria diretta) od indirettamente (calorimetria indiretta) misurando la perdita totale di calore da parte dell'organismo.**

La calorimetria diretta si basa sul principio che tutti i processi biologici del corpo umano producono calore e che questo possa essere misurato. La calorimetria diretta viene eseguita ponendo un individuo dentro una apposita camera isolata termicamente, così da poter valutare il calore eliminato per radiazione, convezione, conduzione ed evaporazione.

La quantità di calore dissipata dal soggetto viene rilevata mediante uno scambiatore di calore raffreddato ad acqua che viene posto nella camera.

Il calcolo si basa sul flusso dell'acqua di raffreddamento e sul gradiente termico che si instaura attraverso le pareti dello scambiatore di calore.

I vantaggi principali della calorimetria diretta sono la precisione e l'accuratezza della misura, mentre gli svantaggi sono l'alto costo della strumentazione, la mancanza di informazioni riguardo ai singoli substrati energetici utilizzati dal soggetto ed al consumo totale.

La calorimetria indiretta (**CI**) permette di valutare il dispendio energetico calcolando, tramite la misura del *consumo d'ossigeno* ( $VO_2$ , *ml/min*) e della *produzione di anidride carbonica* ( $VCO_2$ , *ml/min*), il calore (o energia) prodotto dall'organismo nell'unità di tempo.

Nella Calorimetria indiretta, cosiddetta “*whole body*”, il soggetto si trova in una camera chiusa e ventilata con un flusso costante, dalla quale vengono continuamente raccolti dei campioni di aria per analizzarne la concentrazione di ossigeno e di anidride carbonica: la differenza tra la concentrazione dei due gas all’interno ed all’esterno della stanza permette di calcolare l’EE del soggetto.

La maggior parte dei calorimetri indiretti attualmente in uso sono ingombranti, e quindi di non facile trasporto, per cui viene normalmente utilizzata la cosiddetta calorimetria indiretta in telemetria che permette di effettuare misurazioni durante le quali il soggetto è disteso su un lettino o svolge un determinato esercizio in prossimità dell’apparecchiatura.

In tal caso, si usano particolari sacchi di materiale plastico (*sacchi di Douglas*) in cui viene raccolta l’aria espirata dal soggetto, che viene successivamente analizzata in laboratorio.

Dato il loro ingombro, tuttavia, i *sacchi di Douglas* presentano problemi di non facile soluzione quando vengono utilizzati “*sul campo*”.

La tecnologia oggi disponibile ha permesso la progettazione e l’utilizzazione di apparecchiature sempre più miniaturizzate che rappresentano l’ovvia risposta ai problemi pratici suddetti: è stato così sviluppato un sistema di rilevazione della  $VO_2$  e della  $VCO_2$  in telemetria che risulta trasportabile e semplice da usare.

L’apparecchiatura è costituita da un’unità portatile (**UP**) fornita di un sistema di raccolta dell’aria espirata dal soggetto, che utilizza una maschera facciale cui è connessa una turbina, e da due analizzatori di  $O_2$  e di  $CO_2$ .

L’unità portatile è in grado di inviare i segnali dei parametri misurati, mediante un trasmettitore radio, all’unità ricevente (**UR**) per la memorizzazione dei dati raccolti.

La distanza massima di ricezione per l’**UR** è di circa 800 metri in campo libero.

L’UP è trasportata dal soggetto mediante l’utilizzo di un giubbotto.

Il peso complessivo dell’UP è di circa 800 g.

*Calorimetro portatile.*



Per evitare queste procedure e i problemi ad esse correlati sono state sviluppate molte equazioni di predizione (Boothby et al. 1921; Harris et al. 1919). L'equazione di Harris-Benedict (Harris et al. 1919) è ampiamente utilizzata nell'ambito clinico. Si è visto che se applicata ad un gruppo i cui soggetti sono eterogenei per età e conformazione fisica sovrastima il valore del metabolismo basale del 5% rispetto alla calorimetria indiretta (Frankenfield et al. 1998).

Altre equazioni di predizione sviluppate successivamente da Schofield (1985) e Cunningham(1991) non hanno ridotto il margine di errore.

### ***1.4 Armband***

Per superare queste difficoltà recentemente è stato sviluppato un sistema denominato SenseWear <sup>tm</sup> System Armband (SWA), strumento interessante per conoscere lo stile di vita ed il livello dell'attività fisica.



ArmBand



Il Sense Wear Pro Armband™ (Body Media, Pittsburgh, PA) è un monitor multi-sensore, indossabile a “fascia” sul tricipite del braccio destro, in grado di consentire un monitoraggio continuo di variabili fisiologiche e di dati sull’attività fisica, di calcolare il dispendio energetico, il livello di attività motoria, di rilevare gli stati di sonno e veglia ed altri parametri quali il numero di passi, la temperatura esterna e quella della pelle, la conducibilità elettrica . Parametri utili per la definizione del ritmo e della qualità della vita.

Per l’accensione è sufficiente indossare la fascia, per lo spegnimento è sufficiente toglierla. Se la fascia dovesse essere tolta per attività come doccia, bagno o altro, la registrazione viene interrotta sino a quando non venga re-indossata: l’orologio interno tiene conto del periodo in cui la fascia viene tolta e nel referto finale questo periodo viene chiaramente mostrato graficamente ed i calcoli corretti di conseguenza.

I molteplici parametri che vengono rilevati dai sensori presenti sul Sense Wear Pro Armband® correlati con i dati del paziente (età, sesso, altezza e peso), rendono questo strumento affidabile per lo studio delle attività motorie.

Questa caratteristica fa sì che l'Armband sia un ottimo strumento da utilizzare in un programma di controllo dell'attività fisica (ad esempio su pazienti diabetici o obesi) e del peso corporeo, aiutando il paziente a monitorare ed aumentare il proprio dispendio energetico giornaliero.

Il Sense Wear Pro Armband® può essere utilizzato, inoltre, per il monitoraggio del sonno. Gli studi effettuati hanno riscontrato che il livello di accuratezza dell'apparecchio è sovrapponibile a quello che si riscontra nel monitoraggio del sonno fatto in ambulatorio.

I sensori, infatti, sono in grado di distinguere accuratamente il sonno dalle altre attività sedentarie.

In dettaglio, il Sense Wear Pro Armband determina il dispendio energetico (EE = Energy Expenditure) individuando, grazie ad un appropriato algoritmo: 1) livelli di attività, 2) stati di sonno e veglia, 3) numero di passi, 4) temperatura corporea, 5) movimento trasversale e longitudinale, 6) flusso del calore (calore dissipato dal braccio all'ambiente.), 7) risposta galvanica della pelle, 8) temperatura corporea e 9) temperatura dell'ambiente, in condizioni fisiologiche durante normali attività fisiche, in qualsiasi ambiente.

La "fascia" ArmBand può acquisire dati per un periodo da un minuto a due settimane e archivarli nella sua memoria per successivo scarico mediante un software.

Per il funzionamento, l'ArmBand necessita del software per l'impostazione dei dati del paziente (compreso nome del soggetto) ed il calcolo dei valori di spesa energetica teorica (Altezza, peso, età, sesso) prima dell'applicazione della fascia.

La frequenza di campionamento è impostabile dal tipo di software PC; il valore pre-impostato è di un campione al minuto per tutti i parametri, modificabile a piacere dall'operatore prima dell'acquisizione.

I canali di cui il Sense Wear Pro Armband® dispone sono i seguenti:

- Movimento (accelerometro a 2 assi, 6 canali)
- Flusso del calore (Heat Flux) o frequenza del calore scambiato entro 2 aree, in questo caso il calore dissipato dal braccio all' ambiente.
- Risposta Galvanica della pelle (GSR = Galvanic Skin Response) o conduttività elettrica tra due punti della pelle.
- Temperatura della pelle
- Temperatura ambiente, prossimale alla fascia (Near Body Temperature)
- Contapassi
- Time stamp o marca eventi, mediante bottone posizionato sulla fascia

Lo strumento possiede 11 canali di campionamento dei dati, che possono registrare dati fisiologici ad una frequenza di campionamento sino a 32 volte al secondo.

Normalmente l' Armband e' configurato per archiviare dati statistici riassuntivi di molti campioni nel tempo. I calcoli riassuntivi vengono fatti e archiviati una volta ogni registrazione.

Vi sono due tipi di misure statistiche disponibili con la SenseWear Armband: media e MAD.

- La media e' la somma dei valori campionati diviso per il numero dei campioni nel periodo analizzato.
- MAD (media delle differenze assolute = Mean of Absolute Differences) e' la media delle differenze assolute tra punti adiacenti.

Essendo entrambi delle medie, sia media che MAD sono indipendenti dalla frequenza di campionamento. Medie e MAD con frequenza di campionamento di un campione/minuto sono comparabili a valori acquisiti a qualsiasi altra frequenza di campionamento.

Inoltre, l' accelerometro può contare anche il numero dei picchi. I picchi del movimento sono i punti ove il segnale dell' accelerometro ha rilevato il punto maggiore di accelerazione relativo ai punti immediatamente accanto a questo punto.



Qui di seguito sono descritte in dettagli ognuna delle misure e dei canali disponibili :

1) Accelerometro (accelerometer)

Un accelerometro misura le forze del movimento applicato sul corpo in una singola dimensione.

Le forze statiche e dinamiche sono misurate su due assi perpendicolari : asse longitudinale, parallelo al braccio, asse trasversale, perpendicolare al braccio.

Vi sono un totale di 6 canali dall' accelerometro :

Accelerometro trasversale: - picco

Accelerometro trasversale - media

Accelerometro trasversale - MAD

Accelerometro longitudinale - picco

Accelerometro longitudinale - media

Accelerometro longitudinale - MAD

L' accelerometro e' un microsensore elettromeccanico (=micro-electro-mechanical sensor o MEMS) di movimento a 2 assi, con una Unità di misura espressa in metri per secondo al quadrato relativi alla gravità terrestre( $m/s^2$ ).

La misura del MAD dall' accelerometro e' una misura di staticità e di movimento. Per esempio, se seduti guardando un film, il valore MAD dell' accelerometro sarà quasi a zero, ma se l' attività è invece jogging/corsa i valori del MAD saranno invece alti.

La misura della media dall' accelerometro è una misura di entrambi, accelerazione e orientamento, con relazione alla terra. Per esempio, una persona che dorme può essere immobile ma vi possono essere valori di accelerazione di 1g dovuti alla gravità terrestre. In un ottovolante il soggetto potrebbe essere sottoposto a medie di accelerazione più alte del normale.

Il conteggio dei picchi è relativo alla frequenza delle vibrazioni a cui la persona è soggetta.

Un Sense Wear Armband indossato da una persona su un ottovolante registrerà un conteggio alto nel canale dei picchi mentre una persona che dorme un conteggio di quasi zero.

## 2) Flusso del calore (Heat Flux)

Il Flusso del calore (Heat Flux) è la frequenza del calore scambiato tra due aree.

Nel caso dell' Armband questo è il calore "scambiato" (dissipato o assorbito) dal braccio del soggetto all' ambiente.

Vi è un solo canale di flusso del calore.

Il sensore utilizza materiali con resistenza termica molto bassa e termistori estremamente sensibili.

L'Unità di misura è Watts per metro al quadrato( $W/m^2$ ).

Il flusso del calore registra la frequenza di dissipazione o assorbimento del calore. Per esempio, un soggetto che esce da un ambiente caldo in una temperatura esterna fredda avrà un alto flusso di calore positivo. Una persona che perde calore avrà un alto flusso di calore positivo anche quando il valore di flusso di calore è basso, in diminuzione o vicino a zero.

## 3) Risposta galvanica della pelle (Galvanic Skin Response (GSR))

La risposta galvanica della pelle (GSR) è una misura della conduttività elettrica tra due punti della pelle.

Vi è un solo canale di risposta galvanica della pelle (GSR).

Il sensore di GSR sensor utilizza due elettrodi in acciaio inossidabile ipoallergico che misurano la conduttività della pelle. L'Unità di misura è  $\mu$ Siemens( $\mu S$ ).

La conduttività della pelle è influenzata dal sudore durante attività fisiche e da stimoli emotivi. Per esempio, una persona che fa jogging aumenterà la sudorazione progressivamente ed arriverà ad un alto valore di GSR.

Una persona spaventata da un clacson potrebbe mostrare una risposta con picchi di GSR.

## 4) Temperatura della pelle (Skin Temperature)

La temperatura della pelle sotto l' Armband. La temperature cutanea riflette la temperatura interna anche se di vari gradi più bassa.

E' presente un canale di temperatura cutanea.

La temperatura cutanea è misurata con un sensore a termistore, ad alta accuratezza, la cui Unità di misura è espressa in Gradi Celsius (°C)

La temperatura cutanea aumenta con il livello di attività, come corsa o bicicletta.

5) Temperatura ambiente (Near-Body Temperature).

La temperatura ambiente è misurata dal sensore posizionato sul lato della Armband.

Vi è un canale di temperatura ambiente.

La temperatura ambiente è misurata con un sensore a termistore, ad alta accuratezza, posizionato sul lato della Armband. L'Unità di misura è Gradi Celsius(°C).

Quando la Armband è coperta da indumento, la temperatura ambiente, prossimale al braccio è simile alla temperature cutanea.

Fruin (2004)<sup>(58)</sup> ha confrontato la misura del dispendio energetico a riposo e durante l'attività fisica rilevata con l'Armband e con calorimetria indiretta. I risultati non hanno mostrato differenze significative a riposo ( $1,3 \pm 0,1$  kcal/min) e le due tecniche sono altamente correlate ( $r = 0,76$ ;  $p < 0,004$ ). Durante l'esercizio ,invece, le differenze sono significative: l'Armband sovrastima il dispendio energetico del 13-27% ( $p < 0,02$ ) durante la camminata in pianura e lo sottostima del 22% ( $p < 0,002$ ) su una pendenza del 5%. In questi casi le misura fatta con l'Armband è meno correlata con la calorimetria indiretta ( $r = 0,47-0,69$ ).

In un altro studio del 2004 (Jakicic et al.)<sup>(59)</sup> il dispendio energetico è stato misurato con l'Armband e con la calorimetria indiretta durante lo svolgimento di quattro tipi di esercizio: camminata, cicloergometro, step e ergometro per gli arti superiori. Utilizzando algoritmi esercizio-specifici i risultati dell'Armband non mostravano differenze significative rispetto alla calorimetria ( $p=0,59$ ).

Malavolti et al. (2007)<sup>(60)</sup> hanno utilizzato l'Armband per la misura del metabolismo basale e confrontato i risultati con la calorimetria indiretta. Non sono emerse differenze significative tra i due valori (Armband :1540 ± 280 kcal/die; calorimetria : 1700 ±330 kcal/die; p= ns) che presentano anche un'elevata correlazione (r = 0,86; p<0,0001).

L'Armband è stato confrontato anche con la metodica dell'acqua doppiamente marcata (DLW) per la misura del dispendio energetico giornaliero in un lavoro di St-Onge del 2007<sup>(61)</sup>. Il valore riportato dall'Armband è risultato 117 kcal minore (2375 ± 366 kcal/die) di quello rilevato con la DLW (2492 ± 444 kcal/die) con un'alta correlazione tra le due misure (r = 0,81; p< 0,01).

**L'Armband** ha consentito di monitorare le attività quotidiane degli studenti esaminati anche per più giorni.

Esso ci ha permesso di misurare il dispendio energetico e di stimare analiticamente la durata, la spesa energetica ed il livello di intensità (espresso in METS) dell'esercizio fisico e delle attività giornaliere, comprese le ore di riposo e di sonno notturno .

Abbiamo così ottenuto la quantificazione precisa e dettagliata del consumo energetico durante i vari momenti della giornata che ci ha consentito di conoscere la qualità della vita in base al livello, tipo e durata delle attività fisiche.

In particolare, abbiamo ottenuto e analizzato i seguenti parametri:

**-dispendio energetico totale (TDEE)** giornaliero in Calorie e in METS medi per giorno; (Il **MET** (*equivalente metabolico*) è una unità di misura del dispendio energetico umano. Un MET corrisponde al costo metabolico a riposo (*metabolismo basale*) e viene definito come la quantità di ossigeno richiesto per minuto in condizioni di completo riposo. Il che equivale al consumo di 3.5 ml di O<sub>2</sub> al minuto per Kg di peso corporeo ).

**-spesa energetica attiva** (durante attività fisica), distinta in tre livelli: lieve (da 3 a 6 MET); da 6 a 9 MET); intensa (oltre i 9 MET);

**-intensità e durata attività fisica;**

**-durata media sonno effettivo;**

**- metabolismo basale** , misurando la spesa energetica del soggetto per alcuni minuti al mattino, al momento del risveglio (in condizioni quindi di riposo e digiuno), durante il periodo in cui rimaneva ancora disteso, e rapportandola alle 24 ore.

## Cap. 2 La composizione corporea

L'organismo umano può essere grossolanamente distinto in due componenti, una massa grassa ed una massa magra, di densità relativamente costante, ma differenti in composizione.

La massa grassa (**FM**, fat mass) corrisponde al tessuto adiposo e alle strutture lipidiche cellulari, ha una densità di circa 0.9 g/ml e non contiene potassio.

La massa magra (**FFM**, fat free mass) ha una densità di circa 1.1 g/ml, anatomicamente è costituita da muscoli scheletrici (circa il 40%), muscoli non scheletrici e tessuti magri (circa il 40%), scheletro (circa il 10-15%).

Chimicamente è composta dal 67 al 77% di acqua (a sua volta distinta in intracellulare e extracellulare), da proteine, minerali, carboidrati; il suo contenuto di potassio è circa 68 mEq/kg nei maschi ed un 10% in meno nelle femmine.

Nell'adulto l'acqua corporea totale rappresenta circa il 70% del peso corporeo di cui il 50% come liquido intracellulare, il 15% come liquido interstiziale ed il 5% come plasma.

Nello stesso individuo le percentuali dei singoli componenti non sono costanti, ma variano con il passare degli anni.

Naturalmente esistono amplissime variazioni nella quantità della massa grassa anche fra soggetti dello stesso sesso ed età.

### *2.1 I metodi antropometrici per la misura della composizione corporea*

I metodi antropometrici si basano su semplici misurazioni come il peso, l'altezza, alcune circonferenze, diametri e pliche che i vari ricercatori hanno verificato come utili alla valutazione della composizione corporea delle popolazioni misurate.

Effettivamente lo studio di ampi campioni di popolazione, classificate per

nesso, per età e per razza, ha portato alla determinazione di valori di riferimento ancor oggi utilizzati per una prima valutazione della composizione corporea.

Purtroppo, però, non sempre si hanno a disposizione tabelle di riferimento per il soggetto sottoposto alla valutazione di composizione corporea, cosicché non sempre è possibile predire in maniera oggettiva uno stato pre-patologico.

## ***2.2 Il peso***

Nel misurare il peso corporeo, l'operatore si pone dietro la bilancia in modo da avere di fronte il soggetto e soltanto in questa posizione effettua la misurazione.

Il soggetto indossa abiti leggeri ma non scarpe, calzoni lunghi e maglie pesanti; i suoi piedi sono posizionati al centro della piattaforma ed il peso è ugualmente distribuito su di essi.

È opportuno standardizzare il vestiario ricorrendo, ad esempio, a vestiti di carta, il cui peso non verrà peraltro sottratto da quello rilevato quando si utilizzeranno i dati di riferimento.

Il peso viene registrato ai più vicini 100 g. Il peso è la variabile antropometrica più comunemente rilevata e l'accuratezza della sua misurazione è in generale buona.

L'accuratezza è peraltro funzione del rispetto della tecnica di rilevamento da parte dell'operatore.

In realtà il "peso" è più una misura di massa che altro, ma il termine "peso" è ormai invalso per indicare questa misura e difficilmente entrerà in disuso.

È importante nello screening di crescite patologiche, obesità, magrezza e denutrizione.

## ***2.3 La statura***

La statura viene misurata con la stadiometro, uno strumento costituito da

una tavola verticale incorporante un metro ed una orizzontale da portare a contatto con il punto più alto del capo; si può trattare di uno strumento fisso o portatile.

Al momento della misurazione il soggetto è scalzo o indossa calze leggere e pochi abiti cosicché l'operatore ne possa costantemente controllare la posizione.

I piedi poggiano su di una superficie piana sistemata ad angolo retto rispetto alla tavola verticale dello stadiometro ed il peso è ugualmente distribuito su di essi.

La testa si trova nel piano orizzontale di Francoforte<sup>1</sup>; le braccia pendono liberamente ai lati del tronco con il palmo delle mani rivolto verso le cosce; i calcagni, uniti, poggiano contro il basamento della tavola verticale ed i margini dei piedi formano un angolo di circa 60°.

Se il soggetto presenta ginocchia valghe, ci si deve assicurare che esse non si sovrappongano.

Le scapole e le natiche devono essere in contatto con la tavola verticale.

In quei soggetti in cui non sia possibile mantenere sullo stesso piano verticale ginocchia, natiche, scapole e parte posteriore del cranio senza compromettere la posizione naturale del corpo si dovrà procedere ad un posizionamento delle sole natiche, ginocchia o parte posteriore del cranio contro la tavola.

Si chiede al soggetto di fare un'ispirazione profonda mentre mantiene la posizione eretta. Si porta quindi la barra mobile dello stadiometro in corrispondenza del punto più alto del capo esercitando una pressione sufficiente a comprimere i capelli.

La misura viene approssimata al più vicino 0.1 cm e si annota l'ora del giorno in cui la si è effettuata.

---

<sup>1</sup> È il piano passante per i punti Porion (Pr, punto più alto del margine superiore del condotto uditivo esterno) ed orbitale (Or, punto più basso del pavimento dell'orbita). Esso rappresenta il piano orizzontale di riferimento.



## *2.4 Le circonferenze*

Le circonferenze corporee esprimono le dimensioni trasversali dei vari segmenti corporei.

Sia che esse siano utilizzate da sole o congiuntamente a circonferenze misurate allo stesso livello, sono indici di crescita dello stato nutrizionale e della distribuzione della massa grassa. La misura delle circonferenze richiede l'utilizzo di un metro di misurazione. Il metro dovrebbe essere flessibile e anelastico, con un regolo largo circa 0.7 cm impresso su di un lato.

Le circonferenze devono essere rilevate con l'estremità del metro corrispondente allo zero nella mano sinistra e posta sopra alla parte restante del metro tenuto nella mano destra.

Variazioni intra- e inter-operatore nel posizionamento dell'estremità zero del metro possono compromettere l'affidabilità della misurazione.

Il posizionamento del metro è importante per ogni circonferenza in quanto in grado di influenzare la validità e l'affidabilità della misura.

## *2.5 Circonferenza della vita*

Il soggetto indossa pochi abiti così da facilitare il posizionamento del metro da parte dell'operatore.

La misurazione non deve essere comunque effettuata sopra vestiti di qualsiasi genere, a parte biancheria intima o vestiti/grembiuli di carta.

Il soggetto è in posizione eretta, l'addome è rilassato, le braccia pendono ai lati del corpo e i piedi sono uniti.

L'operatore, che si trova di fronte al soggetto, sistema un metro anelastico a livello della vita, la parte più stretta dell'addome.

È richiesto l'aiuto di un secondo operatore il quale si accerti che il metro sia nel piano orizzontale.

In alcuni soggetti obesi potrebbe essere difficile localizzare la circonferenza naturale della vita; in questi casi dovrebbe essere misurata la circonferenza orizzontale più piccola nell'area compresa tra le coste e la cresta iliaca.

La misura dovrebbe essere effettuata alla fine di una espirazione normale, senza che il metro comprima la cute.

Essa viene approssimata al più vicino 0.1 cm.

La circonferenza della vita è un indice del tessuto adiposo profondo (Borkan et al., '83) ed è correlato alla massa magra (Jackson & Pollock, '76).

Quando utilizzata in forma di rapporto con la circonferenza del fianco, la circonferenza della vita è un indice del grado di distribuzione del tessuto adiposo: quanto più alto è il rapporto vita/fianco, tanto più "pericolosa" è l'obesità e tanto più elevato è il rischio di contrarre malattie come il diabete mellito di tipo II o le malattie cardiovascolari.

L'errore tecnico di misurazione intra- ed inter-operatore in adolescenti è rispettivamente di 1.31 e 1.56 cm (Malina et al., '73); , la "vera" misura oscillerebbe in molti casi tra  $\pm 1$  cm il valore misurato.

## ***2.6 Circonferenza dei fianchi***

Il soggetto, che indossa solo la biancheria intima ed eventualmente un grembiule di carta al di sopra di essa, si trova in posizione eretta, con le braccia ai lati del corpo ed i piedi uniti.

L'operatore si inginocchia a lato del soggetto in modo da rilevare la circonferenza massima dei glutei, quindi sistema un metro anelastico a questo livello avendo cura di non comprimere la cute.

È richiesto l'aiuto di un secondo operatore per posizionare il metro sul lato opposto.

L'estremità zero del metro dovrebbe trovarsi al di sotto del valore che verrà registrato.

Il metro è in contatto con la cute ma non ne produce deformazioni.

La misura viene approssimata al più vicino 0.1 cm.

## 2.7 *Il rapporto vita/fianchi*

A secondo della distribuzione del grasso corporeo, si possono distinguere tre tipi di obesità: **Androide, Intermedia e Ginoide**.

La distribuzione adiposa può essere identificata con il Rapporto tra Circonferenza della Vita e la Circonferenza dei Fianchi (Waist/Hip Ratio, **WHR**).

### **Androide: WHR > 0.85**

Obesità centripeta, prevalentemente a carico del tronco, con gambe sottili.

Distribuzione del grasso al viso, collo, spalle ed addome al di sopra dell'ombelico.

Aumentata incidenza di:

- diabete
- iperlipoproteinemia glucido-sensibile ed ipercolesterolemia
- iperuricemia
- ipertensione ed aterosclerosi

### **Ginoide: WHR < 0.78**

Distribuzione del grasso tipicamente femminile, su anche, natiche, cosce ed addome sotto l'ombelico.

Aspetto "a pera", con accumulo del grasso sottocutaneo al di sotto dell'ombelico e agli arti inferiori.

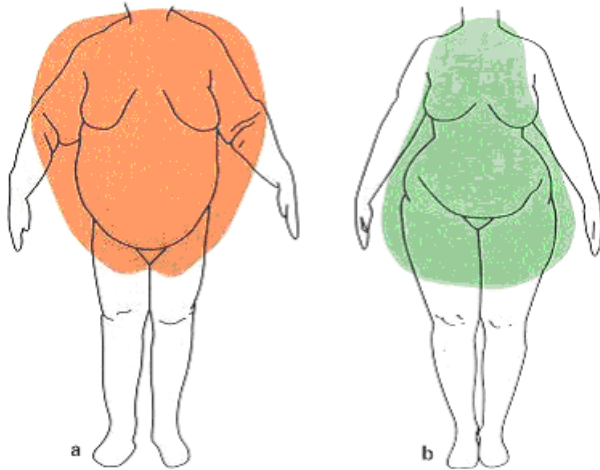
Si associano:

- minore incidenza di malattie metaboliche, diabete, ipertensione
- maggiore incidenza di insufficienza venosa, artrosi del ginocchio
- cellulite

### **Intermedia: 0.78 < WHR < 0.84**

L'aspetto è molto più vicino alla forma androide, tuttavia la distribuzione del grasso non è ben definita come nei casi precedenti.

Si associa spesso a malattie vascolari, come succede per le forme androide.  
Per maggiore precisione, il rapporto vita/fianchi (**RVF**) assume dei *range* differenti a seconda che si applichi agli uomini o alle donne.



**a. Obesità androide**

**b. Obesità ginoide**

### **Donne**

**RVF > 0.85** obesità androide

**RVF < 0.78** obesità ginoide

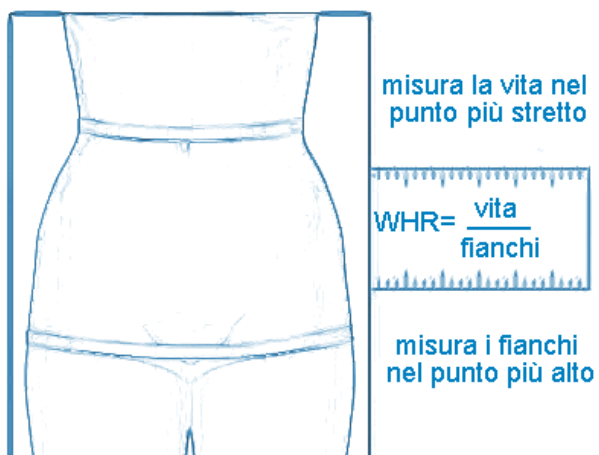
**0.79 ≤ RVF ≤ 0.84** obesità intermedia

### **Uomini**

**RVF > 1.0** obesità androide

**RVF < 0.94** obesità ginoide

**0.95 ≤ RVF ≤ 0.99** obesità intermedia



Secondo le linee guida europee la circonferenza vita non dovrebbe superare i 102 cm negli uomini e gli 88 cm nelle donne. Il rapporto vita/fianchi dovrebbe essere inferiore a 0,95 per gli uomini e 0,8 nelle donne.

## 2.8 L'Indice di Massa Corporea (BMI)

Tra i rapporti peso/altezza esistenti, il BMI è sicuramente il più utilizzato. La relazione tra le due grandezze fu studiata a partire dal 1860 da Quetelet che propose sia la formula "peso/altezza al cubo" ( $W/H^3$ ) che peso/altezza al quadrato ( $W/H^2$ ). A distanza di 150 anni questi indici sono stati riesaminati e si è visto che l'indice  $W/H^2$ , denominato "Body Mass Index" (BMI) o Indice di Massa Corporea, è il più correlato col peso e il meno correlato con l'altezza.

Il BMI considera il peso e non la composizione corporea; per questo motivo è preferibile utilizzarlo per gruppi di popolazioni e non per i singoli individui.

Di recente è stato dimostrato che un significativo numero di soggetti adulti, sia maschi che femmine, non può essere classificato obeso solo sulla base di questo indice poiché pur rientrando nei range di normalità come BMI presentano valori della % FM indicativi di sovrappeso/obesità (De Lorenzo et al. 2003)<sup>(62)</sup>.

Vantaggi:

- semplicità di raccolta dei dati,
- basso costo,
- errore analitico trascurabile,
- facilità di confrontare i dati.

Svantaggi:

- non tiene conto della composizione corporea : la stima della percentuale di grasso corporeo presenta delle difficoltà dovute all'influenza della massa muscolare sul peso corporeo (un individuo con molta massa muscolare, che quindi "pesa" molto, è classificato come pre-obeso),
- limitata possibilità di confronto tra popolazioni di etnie diverse (Deurenberg et al. 2003)<sup>(63)</sup>,
- difficoltà di rilevare alcune misure nell'anziano,

- mancanza di dati certi relativi alle popolazioni pediatriche: nell'età evolutiva la correlazione con l'altezza è maggiore.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) e le Linee Guida Italiane definiscono le diverse classi di BMI (per soggetti adulti) in rapporto al rischio di complicanze, come riportato in tabella :

**Tab.2 Classi di BMI e rischio di complicanze (OMS e Linee Guida Italiane,1995)**

Classificazione	BMI	Rischio Complicanze
Sottopeso	<18.5	Basso
Normalità	18.5-24.9	Medio
Soprappeso	25.0-29.9	Aumentato
Obesità classe I moderata	30.0-34.9	Elevato
Obesità classe II grave	35.0-39.9	Molto elevato
Ob. classe III morbigena	>40	Estremamente elevato

La letteratura evidenzia l'utilizzo di molteplici criteri per definire lo stato nutrizionale nel bambino partendo dal dato di BMI.

I risultati che si ottengono sono talvolta discordanti a causa dell'utilizzo di indici, valori soglia e popolazioni di riferimento diverse.

Gli indici più utilizzati sono il peso-per-statura (che permette di confrontare il peso di un individuo con la distribuzione in centili del peso di un gruppo di individui di riferimento con la stessa statura, ma non necessariamente della stessa età) e il BMI-per-età (che permette di confrontare il BMI di un individuo con la distribuzione in centili del BMI di un gruppo di individui di riferimento della stessa età, ma non necessariamente con la stessa statura). Esistono tre differenti modalità per la scelta dei centili che definiscono i valori soglia.

Secondo il modello europeo, vengono utilizzati il 3°, il 10°, il 25°, il 50°, il 75°, il 90° ed il 97°centile; i soggetti al di sopra del 90° e del 97° sono definiti rispettivamente sovrappeso e obesi.

L'NCHS (National Center of Health Statistic) americano utilizza il 5° percentile invece del 3°, l'85° invece del 90° ed il 95° centile invece del 97° centile e, nella versione più recente delle curve di riferimento NCHS

(2000)<sup>(64)</sup>, sono stati aggiunti anche il 3° ed il 97° centile. I valori soglia per la definizione del sovrappeso e dell'obesità corrispondono ai valori dei centili più alti e sono rispettivamente l'85° ed il 95° . E' anche utilizzata la definizione di obesità per un eccesso di peso superiore del 20% rispetto al 50° centile del peso-per-statura.

L'OMS non usa i centili, ma lo z-score, che esprime il valore dell'indice come numero di deviazioni standard al di sopra o al di sotto del valore medio o della mediana: la definizione di sovrappeso corrisponde ad un valore dell'indicatore maggiore di + 2 z-score, rispetto alla mediana della popolazione di riferimento, mentre quella di sottopeso ad un valore dell'indicatore minore di - 2 z-score.

Vista la necessità di dare una definizione standard di sovrappeso e obesità nel bambino, nel 2000 Cole e collaboratori hanno stabilito dei valori soglia (punti di cut-off) di BMI specifici per sesso ed età in modo che siano collegati a quelli del BMI dell'adulto definiti dall'OMS (tab.2), sulla base dei fattori di rischio di malattia e di mortalità (tab.3).

Il punto di cut-off può essere identificato come il punto sulla distribuzione del BMI in cui i rischi per la salute legati all'obesità aumentano in maniera repentina (Cole et al. 2000).

**Tab.3. Punti internazionali di cut-off per BMI per sovrappeso e obesità tra 2 e 18 anni, definiti passando attraverso i valori di BMI di 25 e 30 kg/m<sup>2</sup> all'età di 18 anni (sono evidenziati i valori di riferimento per il campione utilizzato nel nostro studio)**

Age (years)	Body mass index 25 kg/m <sup>2</sup>		Body mass index 30 kg/m <sup>2</sup>	
	Males	Females	Males	Females
2	18.41	18.02	20.09	19.81
2.5	18.13	17.76	19.80	19.55
3	17.89	17.56	19.57	19.36
3.5	17.69	17.40	19.39	19.23
4	17.55	17.28	19.29	19.15
4.5	17.47	17.19	19.26	19.12
5	17.42	17.15	19.30	19.17
5.5	17.45	17.20	19.47	19.34
6	17.55	17.34	19.78	19.65
6.5	17.71	17.53	20.23	20.08
7	17.92	17.75	20.63	20.51
7.5	18.16	18.03	21.09	21.01
8	18.44	18.35	21.60	21.57
8.5	18.76	18.69	22.17	22.18
9	19.10	19.07	22.77	22.81
9.5	19.46	19.45	23.39	23.46
10	19.84	19.86	24.00	24.11
10.5	20.20	20.29	24.57	24.77
11	20.55	20.74	25.10	25.42
11.5	20.89	21.20	25.58	26.05
12	21.22	21.68	26.02	26.67
12.5	21.56	22.14	26.43	27.24
13	21.91	22.58	26.84	27.76
13.5	22.27	22.98	27.25	28.20
14	22.62	23.34	27.63	28.57
14.5	22.96	23.66	27.98	28.87
15	23.29	23.94	28.30	29.11
15.5	23.60	24.17	28.60	29.29
16	23.90	24.37	28.88	29.43
16.5	24.19	24.54	29.14	29.56
17	24.46	24.70	29.41	29.69
17.5	24.73	24.85	29.70	29.84
18	25	25	30	30

Tim J Cole, Mary C Bellizzi, Katherine M Flegal, William H Dietz. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey (2000)

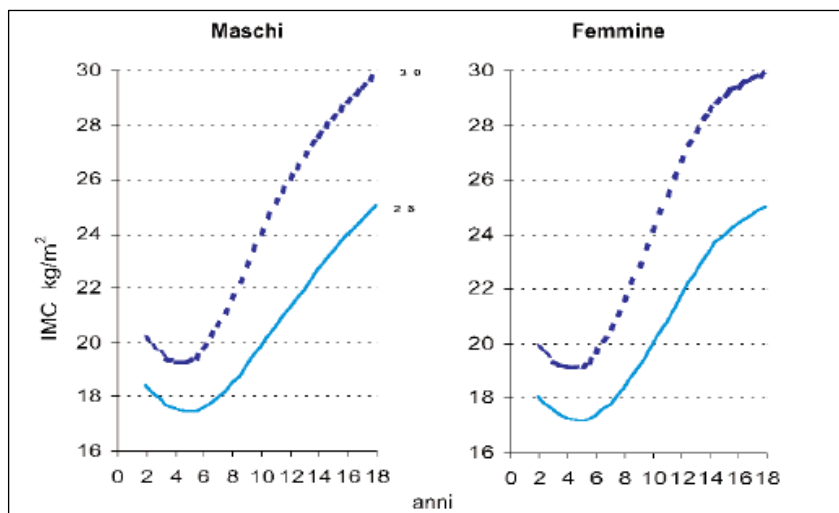
Le curve di riferimento sono state elaborate a partire dai dati del BMI provenienti da studi trasversali sull'accrescimento, rappresentativi a livello



nazionale di sei paesi (Brasile, Gran Bretagna, Hong Kong, Olanda, Singapore e Stati Uniti), con ampie differenze nella prevalenza dell'obesità, per un totale di più di 192000 soggetti, di età compresa tra 0-25 anni di età.

I paesi inclusi nell'elaborazione delle curve di riferimento sono quelli che al momento rispondevano ai seguenti criteri di inclusione: la rappresentatività nazionale (più di 10000 soggetti per ciascuno studio), un intervallo di età minimo compreso tra 6 e 18 anni ed il controllo di qualità, per ridurre al minimo gli errori di misura. Per ogni serie di dati sono stati identificati separatamente i percentili che, all'età di 18 anni, intersecano rispettivamente il valore di 25 kg/m<sup>2</sup> e di 30 kg/m<sup>2</sup> riferimento; questi sono stati poi combinati e sono stati definiti i valori soglia internazionali per il soprappeso e l'obesità, specifici per sesso ed età, rappresentativi dei paesi di riferimento, ma indipendenti dal livello di obesità di ciascuno di essi.

Fig. 4 Valori soglia internazionali dell'IMC età e sesso specifici per la definizione di sovrappeso ed obesità in età evolutiva che intersecano i valori dell'IMC di 25kg/m<sup>2</sup> e di 30kg/m<sup>2</sup> a 18 anni (Cole et al., 2000)

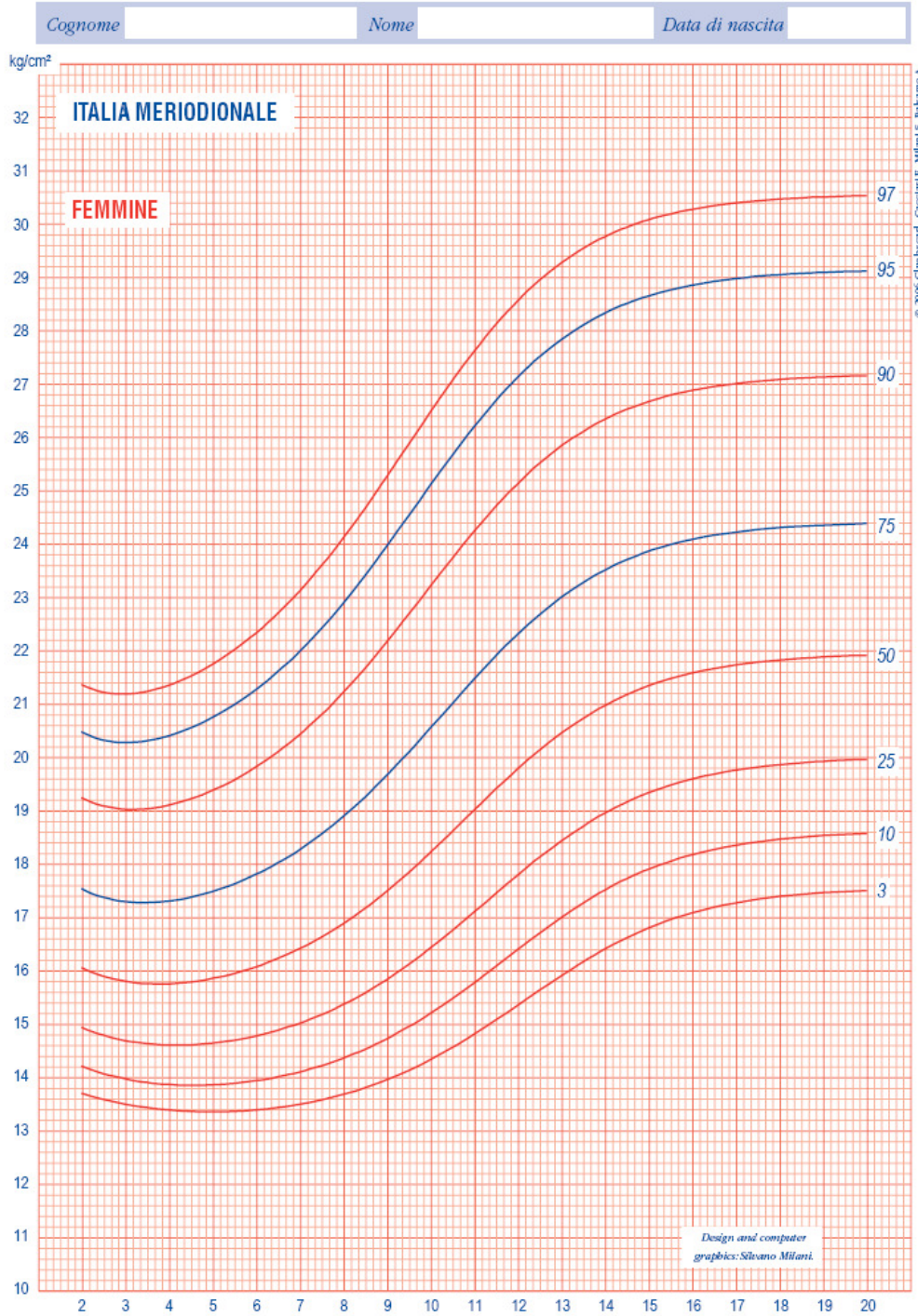


L'utilizzo di tali soglie di BMI è consigliato in studi epidemiologici per monitorare e valutare cambiamenti della prevalenza di obesità nelle differenti popolazioni mondiali. Cole, peraltro, sconsiglia l'uso dei punti di cut-off derivati dal loro studio per un uso clinico locale.

Nei percentili Italiani di BMI i valori soglia per sovrappeso ed obesità sono stati calcolati seguendo lo stesso metodo suggerito da Cole (2000) e cioè tracciando i percentili passanti per 25 e 30 all'età di 18 anni, che rappresentano ben note soglie di rischio. La trasposizione di queste soglie sulle più recenti carte nazionali (Cacciari 2002, Cacciari 2006) sembra però presentare alcuni problemi rischiando di sottostimare la prevalenza di sovrappeso e obesità.

Fig. 4 Centili Italiani di riferimento (Cacciari et al. 2006)

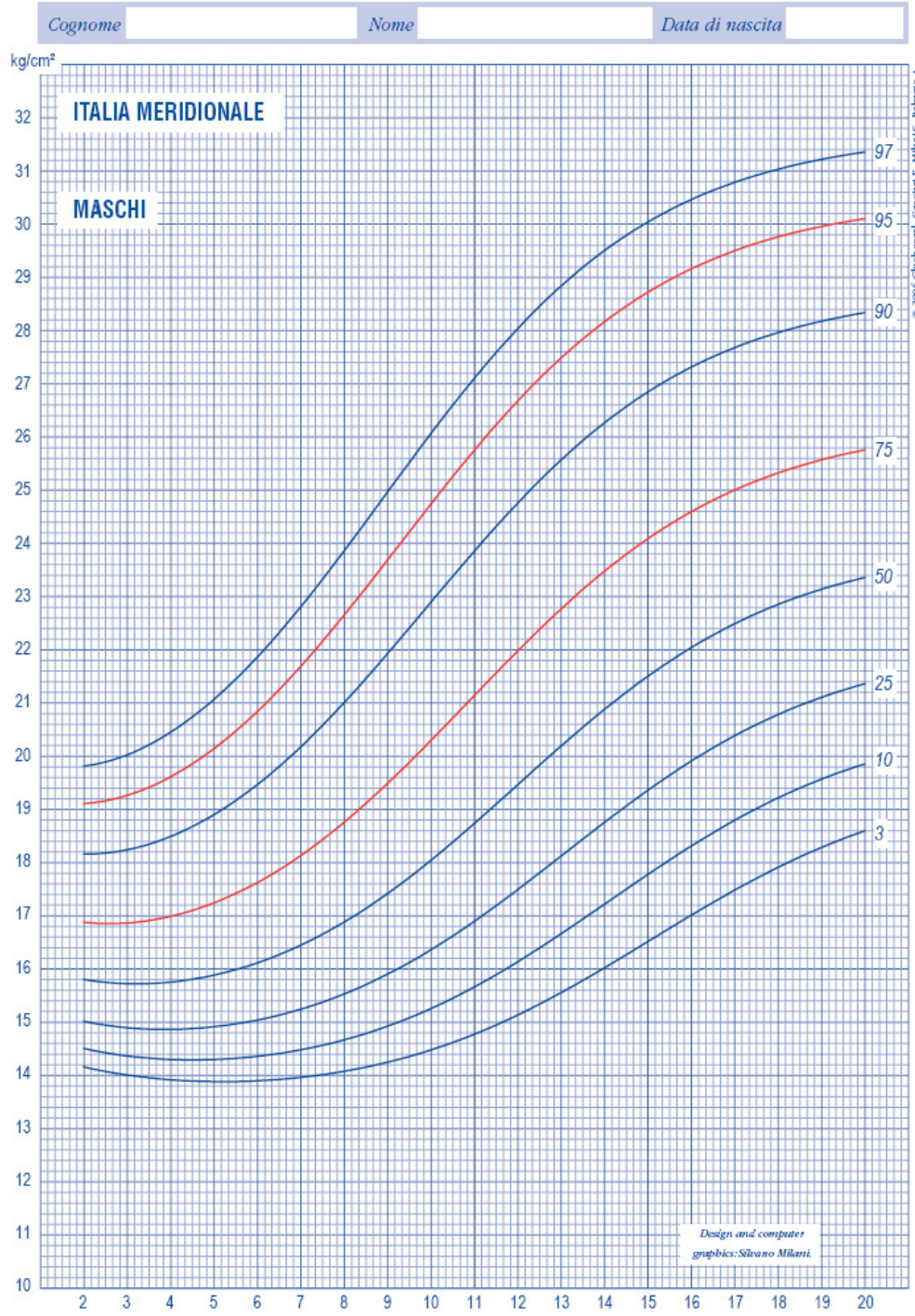
### Centili Italiani di riferimento [2-20 anni] per altezza, peso e BMI



Cacciari E, Milani S, Balsamo A & Directive Councils of SIEDP/ISPED for 1996-97 and 2002-03, J Endocrinol Invest, 29(7):581-593, 2006.



## Centili Italiani di riferimento [2-20 anni] per altezza, peso e BMI



Cacciari E, Milani S, Balsamo A & Directive Councils of SIEDP/ISPED for 1996-97 and 2002-03, J Endocrinol Invest, 29(7):581-593, 2006.



## Parametri relativi alla massa grassa di soggetti Caucasici in relazione all'età (% FAT)

*De Lorenzo et al. Eur J Clin Nutr. 2001 Nov;55(11):973-9*

Età (anni)	Sesso	Classificazione				
		Eccellente	Buono	Accettabile	Pre-obesità	Obesità
<19	Maschi	5 - 12	12.1-17.0	17.1-22.0	22.1-27.0	>27.1
	Femmine	13 - 17	17.1-22.0	22.1-27.0	27.1-32.0	>32.1
20-29	Maschi	6 - 13	13.1-18.0	18.1-23.0	23.1-28.0	>28.1
	Femmine	14 - 18	18.1-23.0	23.1-28.0	28.1-33.0	>33.1
30-39	Maschi	7 - 14	14.1-19.0	19.1-24.0	24.1-29.0	>29.1
	Femmine	15 - 19	19.1-24.0	24.1-29.0	29.1-34.0	>34.1
40-49	Maschi	8 - 15	15.1-20.0	20.1-25.0	25.1-30.0	>30.1
	Femmine	16 - 20	20.1-25.0	25.1-30.0	30.1-35.0	>35.1
>50	Maschi	9 - 16	16.1-21.0	21.1-26.0	26.1-31.0	>31.1
	Femmine	17 - 21	21.1-26.0	26.1-31.0	31.1-36.0	>36.1

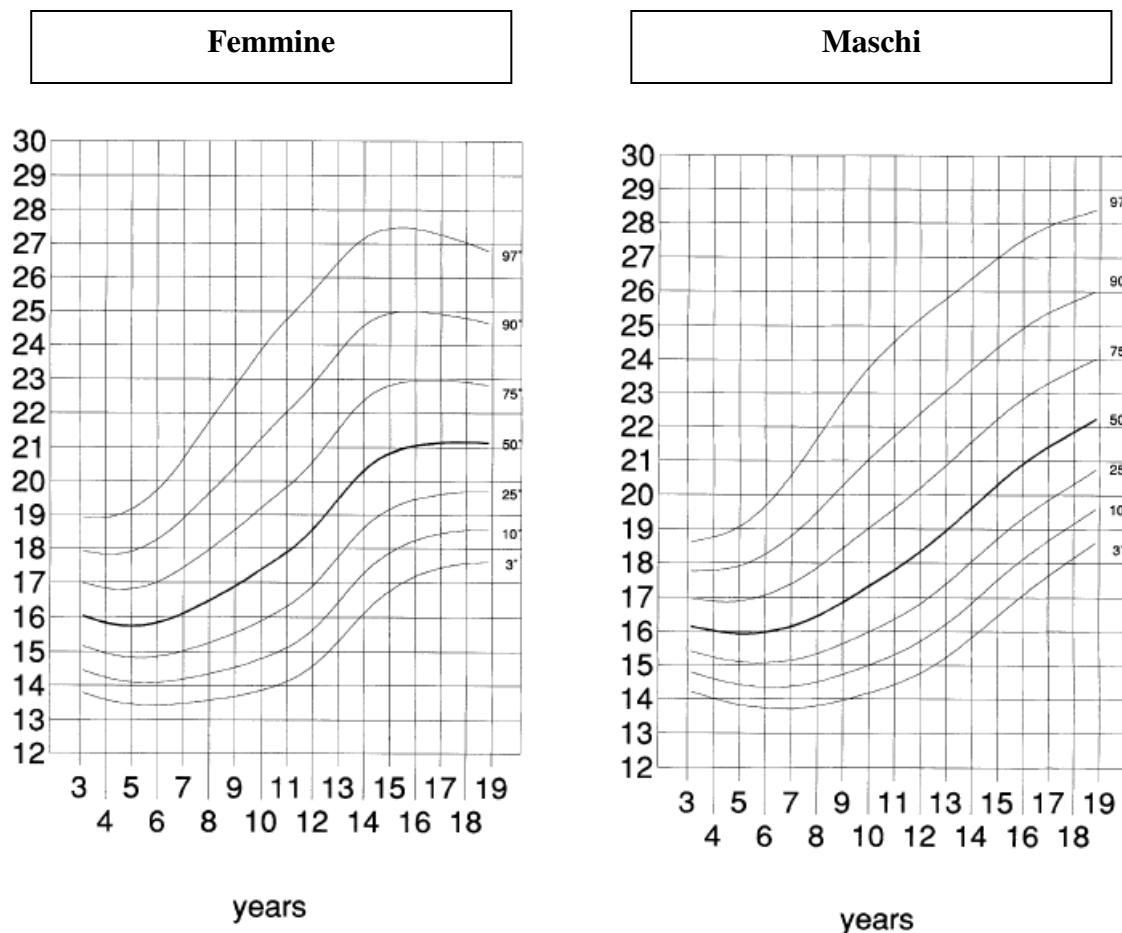


Cattedra di Alimentazione e Nutrizione  
Umana – Roma “Tor Vergata”  
Società Italiana Alimentazione Sport



Già dal 1997 (Luciano et al.) esistono tabelle di percentili di BMI specifiche italiane rappresentative del Veneto, nate dall'esigenza di valutare i bambini con i riferimenti della nostra popolazione .

Fig. 5 Curve in centili di BMI per la popolazione italiana di età 3-19 anni (Luciano et al. 1997)



In uno studio su bambini di 8-11 anni, Dencker (2007), ha rilevato una significativa corrispondenza tra BMI e grasso totale corporeo misurato con la DXA ( $r = 0,93$ ). Questo indica che il BMI può essere utilizzato con buona approssimazione per stimare la percentuale di grasso in questa fascia di età, senza però evidenziare le differenze di composizione corporea legate al sesso.

Anche la correlazione tra BMI e percentuale di grasso addominale è alta ( $r = 0,93$ ). Tuttavia la correlazione tra i risultati delle due metodiche è più bassa se l'obiettivo è la valutazione della distribuzione del grasso corporeo ( $r = 0,68$ )(tab.5).

Tab.5 Correlazione di Pearson tra i dati rilevati con DXA e BMI nel campione (Dencker et al, 2007)

<b>Variabile</b>	<b>Totale(n=246)</b>	<b>Maschi(n=138)</b>	<b>Femmine(n=108)</b>
<b>TBF</b>	0,93	0,94	0,95
<b>BF%</b>	0,88	0,92	0,92
<b>AFM</b>	0,93	0,93	0,95
<b>AFM/TBF</b>	0,64	0,64	0,73

Per tutti i valori significativi di r,  $p < 0,05$

TBF, total body fatness; AFM, abdominal fat mass; BF%, percentage body fat; AFM/TBF, body fat distribution

Questo costituisce un limite se il BMI deve essere utilizzato per rilevare i fattori di rischio di patologie legate all'obesità giovanile negli studi epidemiologici.

Altri autori sottolineano che tra maschi e femmine ci sono notevoli differenze nell'accumulo e nella distribuzione del grasso corporeo che si evidenziano durante la crescita (Ogle et al. 1995) ma che sono visibili già prima della pubertà (Garnett et al. 2004).

## 2.9 Plicometria

Nell'uomo il tessuto adiposo sottocutaneo rappresenta circa la metà di tutto il tessuto adiposo corporeo variando a seconda dell'età e del sesso. La misura di alcune pliche cutanee permette di caratterizzare la distribuzione del tessuto adiposo in siti particolari e dare indicazioni sullo stato nutrizionale e energetico. Lo strumento utilizzato in questo caso è il calibro per la plica cutanea o plicometro costituiti da una molla calibrata la cui compressione o estensione determina lo spostamento su una scala lineare circolare. La misura si legge in millimetri.

Plicometro



*Metodo di misura:* la plica cutanea deve essere presa tra pollice e indice escludendo il muscolo sottostante, 1 cm al di sopra della sede stabilita e le branche del calibro applicate parallelamente ad essa. La misura deve essere letta due secondi dopo aver applicato la pressione. La misura va ripetuta due o tre volte per valutare l'errore sperimentale e come valore finale si assumerà la media delle tre rilevazioni. Se la differenza tra queste è superiore ad 1mm si dovrà ripetere il rilevamento. E' importante che la misurazione sia fatta sempre dal medesimo operatore per eliminare l'errore inter-operatore.

*Plica tricipitale:* la plica viene presa 1cm sopra il punto intermedio tra l'estremo dell'olecrano e l'estremo del processo acromiale sulla faccia

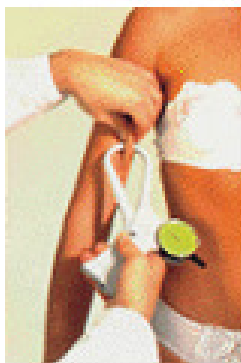


posteriore del braccio sinistro. Il braccio deve pendere liberamente e il calibro deve essere in posizione trasversale rispetto all'olecrano.



Plica tricipitale

*Plica bicipitale*: si rileva in posizione verticale sulla superficie anteriore del braccio, in corrispondenza della protuberanza del muscolo bicipite, su una linea tracciata tra il bordo anteriore dell'acromion ed il centro della fossa antecubitale. Il soggetto è in posizione eretta, le sue braccia sono rilassate lungo il corpo ed il palmo delle mani guarda in avanti.



Plica bicipitale

*Plica sottoscapolare*: la plica viene presa sotto l'angolo della scapola sinistra e il calibro deve essere inclinato a formare un angolo di 45° col piano orizzontale.



Plica sottoscapolare

*Plica soprailiaca:* la plica viene presa sul prolungamento della linea mediascellare, all'altezza della cresta iliaca e con il braccio leggermente abdotto. La misura va presa con una inclinazione infero-mediale di circa 45° rispetto al piano orizzontale.



Plica soprailiaca

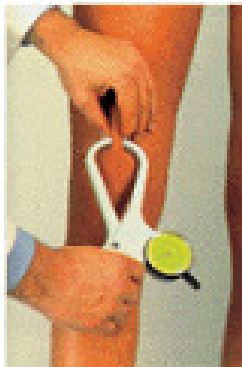
*Plica pettorale:* la plica viene presa sulla linea ascellare anteriore secondo l'asse longitudinale in linea con il capezzolo e con il braccio che pende liberamente a lato del corpo.

*Plica addominale:* il punto di rilevamento è a 3 cm a lato e 1cm sotto l'ombelico con le braccia che pendono a lato del corpo e la muscolatura addominale rilassata. La plica viene rilevata in posizione orizzontale.



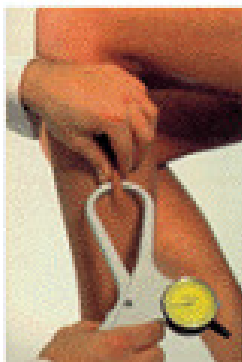
Plica addominale

*Plica della coscia:* la plica viene misurata in posizione verticale, a metà della linea mediana anteriore fra la piega inguinale e il margine superiore della rotula. Il soggetto flette leggermente l'arto da misurare e poggia il peso del corpo sull'altra gamba.



Plica alla coscia

*Plica mediale al polpaccio:* si rileva con il muscolo rilassato e il ginocchio flesso a circa 90° e con il piede che poggia su una superficie piana. La plica viene misurata in verticale sul lato mediale e in corrispondenza della massima circonferenza del polpaccio.



Plica mediale al polpaccio

Dalla misura delle pliche si può predire la densità corporea e da questa la percentuale di massa grassa.

**La formula di Durnin e Womersly (1974)** permette di calcolare la densità corporea:

$$D = c - m \times \log (\text{somma 4 pliche})$$

dove D è la densità, c ed m sono due costanti determinate in base all'età ed al sesso, le 4 pliche sono: bicipitale, tricipitale, sottoscapolare e soprailiaca.

Conoscendo la densità si ricava la percentuale di massa grassa dalla formula di Siri(1956) :

$$\% \text{ di grasso} = [(4,950/\text{densità})-4,5]*100$$

Altre equazioni sono:

***Equazione di Katch e Mc Ardle (1973)***

Donne 17-26 anni  $BD = 1,08347 + 0,0006 (A) - 0,00151(B) + 0,00097 (C)$

Maschi 17-26 anni  $BD = 1,09665 - 0,00103 (A) - 0,00056 (B) - 0,00054 (D)$

dove: A = spessore plica al tricipite B = spessore plica sottoscapolare

C = spessore plica addominale D = spessore plica coscia

Queste equazioni sono state elaborate studiando un campione di studenti americani fisicamente attivi composto da 53 maschi e 69 femmine. L'età media era di  $19,3 \pm 1,5$  anni.

La metodica di riferimento è la pesata idrostatica.

***Equazioni di Jackson e Pollock(1978)***

Hanno sviluppato due diverse equazioni: a tre e a sette pliche.

$$BD = 1,112-0,00043499 (X1) + 0,00000055 (X1)^2-0,00028826 (X4)$$

X1= somma delle 7 pliche pettorale, ascellare media, tricipitale, sottoscapolare, sovrailiaca, addominale, coscia anteriore.

X4= età

$$BD = 1,10938 - 0,0008267 (X2) + 0,0000016 (X2)^2 - 0,0002574(X4)$$

X2= somma delle 3 pliche pettorale, addominale, anteriore della coscia.

$$BD = 1,1125025 -0,0013125 (X3) + 0,0000055 (X3)^2- 0,000244 (X4)$$

X3= somma delle 3 pliche pettorale, tricipitale, sottoscapolare.

L'equazione di Jackson e Pollock a tre pliche è usata per valutare la composizione corporea degli atleti, quella a sette pliche per valutare la composizione corporea nella popolazione generale.

Queste equazioni sono state elaborate esaminando un campione di 308 maschi di età compresa tra 18 e 61 anni. La metodica di riferimento è la pesate idrostatica e la % FM è stata calcolata con l'equazione di Siri.

***Formula di Slaughter 1 (1988)***

*Maschi 8-18 anni*

$$\% \text{ FM} = 0,753 (X1) + 1,0$$

X1= somma pliche tricipitale e mediale del polpaccio

*Femmine 8-18 anni*

$$\% \text{ FM} = 0,610 (X1) + 5,1$$

***Formula di Slaughter 2 (1988)***

*Maschi bianchi*

*prepuberi*

$$\% \text{ FM} = 1,21 (X2) - 0,008 (X2)^2 - 1,7$$

X2 = somma pliche tricipitale e sottoscapolare

*puberi*

$$\% \text{ FM} = 1,21 (X2) - 0,008 (X2)^2 - 3,4$$

*postpuberi*

$$\% \text{ FM} = 1,21 (X2) - 0,008 (X2)^2 - 5,5$$

*Femmine di tutte le età*

$$\% \text{ FM} = 1,33 (X2) - 0,013 (X2)^2 - 2,5$$

X2=somma pliche tricipitale e sottoscapolare

Se X2>35 mm:

*maschi*      %FM=0,783(X2)+1,6

*femmine*     %FM=0,546(X2)+9,7

Il campione utilizzato per l'elaborazione di queste equazioni aveva le seguenti caratteristiche: costituito da 310 bambini e adulti di età compresa tra 8 e 29 anni così suddiviso: 66 bambini prepuberi (50 maschi e 16 femmine); 59 bambini puberi (30 maschi e 29 femmine); 117 bambini postpuberi (58 maschi e 59 femmine); 68 adulti (36 maschi e 32 femmine).

Le metodiche di riferimento sono : pesata idrostatica, TBW con ossido di deuterio, densitometria ossea a livello di ulna e radio di entrambe le braccia.

## ***2.10 Impedenziometria***

La capacità del corpo umano di condurre corrente elettrica è nota da più di cento anni.

Nel 1800 *Volta* dimostrava che l'interfaccia elettrodo-elettrolita costituiva la sorgente di un potenziale elettrico.

*Ohm* nel 1826 sceglieva una coppia bismuto termofila come sorgente del potenziale elettrico; ciò avrebbe condotto alla formulazione della legge che porta il suo nome.

Successivamente è stato ipotizzato che l'interfaccia elettrodo-elettrolita possedesse proprietà di capacitanza.

La prima misura della capacitanza dell'interfaccia veniva effettuata nel 1871 da *Varley*.

Il primo modello di soluzione elettrolitica con misura della capacitanza viene attribuito ad *Helmholtz* nel 1879.

Oggi è noto che i tessuti acquosi del corpo possono essere considerati alla stregua di soluzioni elettrolitiche, contenendo l'acqua corporea numerosi soluti.

L'impedenziometria (**BIA**, *Bioelectrical Impedance Analysis*) (*Schoeller D. A.*) è stata messa a punto allo scopo di misurare numerosi aspetti della composizione corporea, incluso l'acqua totale corporea (**TBW**, *Total Body Water*), l'acqua intracellulare (**ICW**, *Intra Cellular Water*), l'acqua

extracellulare (**ECW**, *Extra Cellular Water*), la massa magra (**FFM**, *Fat Free Mass*), la massa cellulare metabolicamente attiva (**BCM**, *Body Cell Mass*) e il grasso corporeo (**FM**, *Fat Mass*).

Più correttamente, l'impedenziometria non è in grado di *misurare* direttamente nessuno dei parametri citati. Per essere più esatti, questa tecnica misura la resistenza del corpo al passaggio di una corrente elettrica.

La resistenza, o il suo opposto, la conduttanza, è una delle proprietà colligative di una soluzione.

Dipende dalla concentrazione salina della soluzione, dalla forza ionica dei sali, dalla mobilità degli ioni, e dalla geometria del fluido, per citare solo i principali fattori che influenzano la conduttività.

Come proposto nelle prime pubblicazioni di *Hoffer*, in condizioni controllate di queste variabili maggiori, l'impedenziometria può fornire una misura diretta del volume della soluzione.

Più specificamente, se una soluzione acquosa di note proprietà ioniche è posta in un cilindro di dimensioni uniformi, allora la resistenza  $A$  della soluzione potrebbe essere data da:

$$R = \rho L/A$$

dove  $\rho$  è la resistività specifica per unità di lunghezza e per area della sezione,  $L$  è la lunghezza del cilindro, ed  $A$  è l'area della sezione.

Riarrangiando questa equazione si ha quanto segue:

$$A = \rho L/R$$

Moltiplicando tutti e due i membri di questa equazione per la lunghezza del cilindro si ottiene la seguente formula:

$$V = \rho L^2/R$$

dove  $V$  è il volume.

La misurazione della resistenza può, quindi, essere correlata direttamente al volume della soluzione.

Questa proprietà ha permesso l'utilizzazione della metodica **BIA** (*impedenza bioelettrica*) per la valutazione dei distretti corporei, sfruttando le caratteristiche elettriche dei tessuti al passaggio di corrente alternata (la corrente non può essere erogata in modo continuo per evitare fenomeni di elettrolisi).

Si considera il tessuto biologico come costituito da due distretti fluidi: extracellulari (**ECW**, *Extra Cellular Water*) ed intracellulari (**ICW**, *Intra Cellular Water*).

Il comportamento elettrico dei tessuti corporei è equiparabile a quello di un circuito elettrico costituito da una resistenza ed un condensatore in parallelo, in cui il comparto intracellulare (**ICW**) funge da condensatore e quello extracellulare (**ECW**) simula la resistenza.

La corrente ( $I$ ) attraverserà il tratto capacitivo **ICW** ( $I_{ICF}$ ) e, preferenzialmente, il tratto resistivo **ECW** ( $I_{ECF}$ ). Il tratto resistivo esplicherà il suo effetto oppositivo in modo continuo e costante nel tempo e proporzionalmente alla quantità di elettroliti presenti nel comparto **ECW**.

Il tratto **ICW**, ossia il condensatore, permetterà un buon passaggio di corrente da una certa frequenza di corrente in poi ( $>5$  Khertz), determinando uno sfasamento del flusso di corrente in uscita.

Tale effetto si chiama reattanza capacitiva ( $X_c$ ).

L'impedenza<sup>2</sup> ( $Z$ ), rappresentata in forma vettoriale, esprime l'impedimento totale al passaggio di corrente essendo la somma degli effetti del tratto resistivo  $A$ . e capacitivo ( $X_c$ ).

Il corpo umano viene, quindi, assimilato ad un cilindro conduttore in cui  $R = \rho H / S$  (dove  $R$  è la resistenza,  $H$  è la statura del soggetto sottoposto alla misurazione, ed  $S$  è la sezione traversa, che per convenzione si assume

---

<sup>2</sup> Dal latino *in e pes* (piede), indicativo di un "imbrigliamento" o "avviluppamento".



costante). Da qui:  $V=\rho H^2/R$  (equazione che relaziona il volume del cilindro con il valore della resistenza).

Tale equazione risulta alla base delle formule per la determinazione della **TBW** o della **FFM**. In particolare, la seguente equazione

$$TBW = a(H^2/R)+b$$

(equazione di tipo lineare, dove i coefficienti  $a$  e  $b$  sono calcolati su popolazioni specifiche) pone in relazione il volume di acqua totale corporea (**TBW**) e l'indice **BIA** ( $H^2/R$ ).

Quindi, dopo la misura dell'impedenza corporea ( $Z$ ) con l'apposito strumento (impedenziometro), essa viene inserita in apposite formule per la determinazione della **TBW** o della **FFM**.

Sfortunatamente il corpo umano non è un cilindro uniforme, e i fluidi corporei non hanno proprietà ioniche costanti. A causa di ciò, l'impedenziometria non può misurare direttamente il volume dei fluidi. Al contrario, questa metodica viene calibrata ponendola a confronto con altre tecniche che forniscono una misurazione più accurata della composizione corporea. Una delle principali difficoltà è che la gran parte dei compartimenti corporei di interesse, includendo l'acqua totale corporea, l'acqua intracellulare, l'acqua extracellulare, la massa magra e la massa cellulare metabolicamente attiva, risultano essere tra di loro direttamente correlati.

Per superare questa limitazione, molti ricercatori hanno adottato un approccio che limita la correlazione normalmente esistente tra i compartimenti corporei.

I due metodi massimamente usati consistono nell'effettuare la fase di calibrazione in individui nei quali la normale relazione è stata resa meno forte da patologie in atto, o in individui nei quali questa relazione è stata alterata da interventi di breve durata.

Così, ad esempio, è possibile testare la **BIA** in individui in buono stato di salute nei quali è stata alterata la relazione tra acqua intracellulare, acqua

extracellulare e acqua totale corporea mediante infusione di un fluido contenente elettroliti (*Lactated Ringer's solution*), o somministrando un diuretico che induca una rapida perdita di fluidi.

Il trattamento dura tre ore, e la **BIA** deve essere misurata prima e dopo la somministrazione, parallelamente alla diluizione con deuterio e con bromuro allo scopo di misurare l'acqua totale corporea e l'acqua extracellulare.

Esistono diversi tipi di apparecchi impedenziometrici; alcuni vengono definiti *monofrequenziali*, dal momento che erogano corrente alternata alla frequenza costante di 50 kHz.

Attualmente vengono utilizzati anche impedenziometri che lavorano a più frequenze, detti *multifrequenziali*. Infatti, mentre a bassa frequenza il contributo resistivo è massimalmente dovuto al comparto extra-cellulare, ad alta frequenza anche il tratto capacitivo fa sentire la sua influenza, man mano che i vari condensatori si "attivano", sfasando più o meno la corrente in uscita.

In tal modo, da una serie di misure di resistenza  $A$ ., reattanza ( $X_c$ ), angolo di fase ( $f$ ) e impedenza ( $Z$ ), ottenute a varie frequenze di corrente erogata, è possibile determinare la cosiddetta frequenza caratteristica ( $F_c$ ).

Tale parametro, introdotto in formule più complesse di quella fondamentale, permette la determinazione di valori più accurati di **TBW**, **ICW**, **ECW**, e quindi di **FFM**.

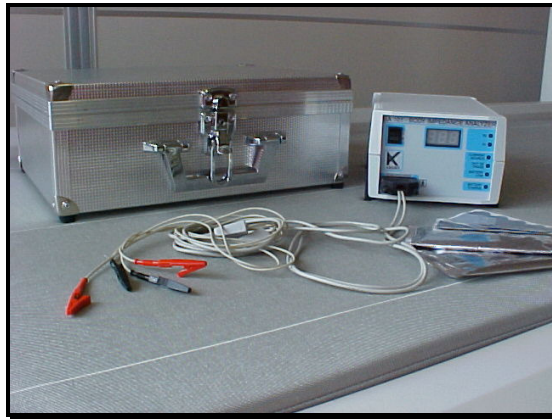
Il metodo spettroscopico (**BIS**, *Bioimpedenza Spettroscopica*) consente di analizzare nell'ambito di un range di frequenze erogate (1kHz-1MHz) uno spettro di valori di resistenza  $A$ . e reattanza ( $X_c$ ) utile per la determinazione della frequenza caratteristica ( $F_c$ ), della resistenza del comparto **ECW** ( $R_{ECW}$ ) e della resistenza del comparto **ICW** ( $R_{ICW}$ ).

Ad un modello tissutale evoluto corrisponde un modello elettrico (*Cole-Cole*) che tiene conto della diversificazione cellulare.

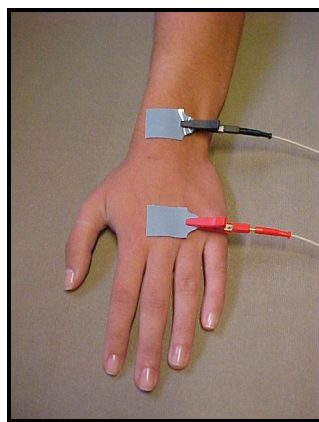
Nella misurazione delle impedenze è possibile determinare una circonferenza (*equazione di Hanai*) con la quale risulta possibile stimare per

interpolazione la Resistenza del comparto ECW a frequenza 0 ( $R_{fo}$ ), la Frequenza caratteristica ( $F_c$ ) alla più alta reattanza, e la resistenza del comparto ICW ( $R_{ICW}$ ).

Impedenziometro monofrequenziale BIA 101, Akern®.



*La metodica BIA si serve di elettrodi applicati in particolari punti di repere sulla mano e sul piede.*



L'analisi dell'impedenza corporea consente misure più accurate dell'adiposità rispetto alle metodiche antropometriche (plicometria e circonferenze corporee), sebbene queste ultime possano fornire utili informazioni relative alla distribuzione della massa grassa.

In aggiunta, l'impedenziometria può essere più facilmente standardizzata e trova applicazione nei programmi di trattamento (per produrre un bilanciato calo ponderale) degli obesi a lungo termine.

Recentemente in un ampio campione di popolazione caucasica, sottoposto a misure impedenziometriche e suddiviso in percentili di massa grassa, è stato documentato un aumento progressivo della quota di massa grassa con l'avanzare dell'età: tali dati costituiscono, inoltre, valori di riferimento per la misura della massa grassa totale mediante metodica **BIA**.

L'errore di misura della metodica impedenziometrica sulla percentuale di massa grassa corporea è risultato pari a circa il 10% del peso corporeo.

In aggiunta, in studi in cui la metodica densitometrica (tecnica della pesata idrostatica) rappresentava la metodica di riferimento, l'analisi dell'impedenza bioelettrica presentava un più basso errore predittivo nella misura dell'adiposità corporea rispetto alle metodiche antropometriche (2.7 vs 3.9%).

Uno studio di De Lorenzo et altri (2000) mette in evidenza una sottostima della FM della BIA rispetto alla DEXA presa come metodica di riferimento.

Sempre De Lorenzo ed altri (2003) confermano la validità dell'applicazione della metodica impedenziometrica, a confronto con la DEXA, negli studi epidemiologici con bimbi.

In generale le raccomandazioni presenti nelle linee guida ESPEN (De Lorenzo et altri, 2004) suggeriscono che la BIA non sia indicata in soggetti con BMI molto elevato o con stato di idratazione alterato; in questi casi sono necessari altri studi di validazione.

### **2.10.1** *Disposizione degli elettrodi*

La disposizione degli elettrodi varia a seconda che la misurazione effettuata sia “*a tutto corpo*” o “*segmentale*”. La misurazione a tutto corpo può essere a sua volta effettuata con modalità “*distale*” o “*prossimale*”.

Per la **BIA** a tutto corpo effettuata con modalità distale, gli elettrodi sono così sistemati : i) iniettori: sulla superficie dorsale della mano e del piede ai metacarpi e metatarsi distali rispettivamente; ii) sensori: tra le prominente distali del radio e dell’ulna e tra il malleolo mediale e laterale della caviglia.

Gli elettrodi devono essere distanti almeno 5 *cm*. È questa la distanza minima che garantisce l’assenza d’interferenza elettromagnetica tra elettrodi iniettori e sensori (Deurenberg, ‘94). In un soggetto adulto, la distanza tra i punti di repere prossimali e distali è sempre tale da soddisfare questo criterio. Nel bambino è spesso necessaria una sistemazione maggiormente “*prossimale*” degli elettrodi. Questa ultima è, infine, indispensabile nel neonato.

Un particolare problema è rappresentato dalla scelta dell’emisoma su cui effettuare la registrazione. Alcuni Autori hanno infatti osservato valori d’impedenza maggiori per l’emisoma destro rispetto al sinistro. Nella pratica, l’emisoma sinistro è quello di riferimento.

### **2.10.2** *Cavi di collegamento allo strumento*

Adeguatamente schermati, essi devono correre in modo rettilineo e senza venire in contatto tra loro su di una superficie non conduttiva, lontano dai campi elettromagnetici.

Poiché anche il calcolatore elettronico eventualmente collegato allo strumento è una sorgente di campi elettromagnetici, esso deve essere tenuto a debita distanza dai cavi di collegamento. Si rammenta che la possibilità di interferenze cresce all’aumentare della frequenza della corrente somministrata.

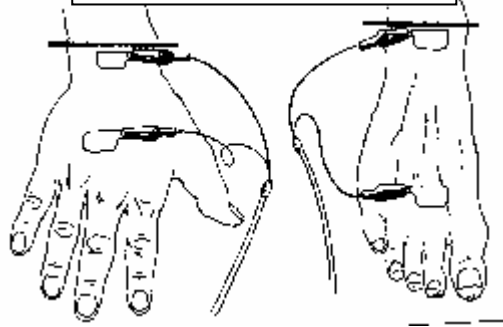
### 2.10.3 Posizione del soggetto

Il soggetto giace supino su di una superficie piana non conduttiva. Gli arti sono abdotti di 30°-45° per evitare cortocircuitamenti alla corrente prodotti dal contatto tra gli arti inferiori o tra gli arti superiori e il tronco (Lukaski *et al.*, 1985).

Posizione del soggetto  
nella BIA



Posizione degli elettrodi



La postura assunta dal soggetto è fondamentale per l'interpretazione del dato impedenziometrico (De Lorenzo *et al.*, 2002).

Il passaggio dalla posizione eretta a quella supina è associato ad un rapido declino dell'impedenza ( $\approx 3\%$ ), imputabile al movimento di liquidi dal versante interstiziale a quello vascolare.

In aggiunta a questa modificazione "rapida" dell'impedenza, se ne distinguono una "intermedia" e una "tardiva".

Queste hanno una minore importanza pratica in quanto occorrono da 40 a 80 e da 80 a 180 minuti rispettivamente dalla modificazione “rapida” (Kushner *et al.*, 1994).

Esse debbono comunque essere considerate nel soggetto allettato.

Le variazioni posturali dell’impedenza sono maggiori a frequenze  $\leq 10$  kHz, dove sono ritenute espressive delle modificazioni che occorrono in seno ai liquidi extracellulari (Kushner *et al.*, 1994).

Errori di 1.0 – 1.5 l nella stima di **TBW** possono essere prodotti dalla mancata standardizzazione della postura (Kushner *et al.*, 1994). Alla Conferenza Internazionale di Roma, è stato consigliato di effettuare la misurazione dell’impedenza entro 5-10 minuti dall’assunzione della posizione supina (Deurenberg, 1994).

#### **2.10.4** *Temperatura cutanea*

Il microcircolo cutaneo è in grado di dilatarsi in risposta ad un aumento della temperatura della cute.

Al contrario, la diminuzione della temperatura cutanea produce vasocostrizione, con diminuzione del flusso ematico.

Questo spiega perché valori più alti di impedenza possano essere registrati in seguito a raffreddamento della cute (Caton *et al.*, 1988; Garby *et al.*, 1990). In presenza di febbre, la **BIA** è inattendibile. Essa registrerà infatti valori artificialmente bassi d’impedenza.

#### **2.10.5** *Preparazione della cute*

La conducibilità elettrica della cute è migliorata dal pretrattamento con alcool etilico o isopropilico (Kushner, 1992).

Tale trattamento allontana infatti secrezioni e cellule desquamate dallo strato corneo.

È da evitare l'impiego di sostanze contenenti elettroliti (ad esempio derivati dell'ammonio quaternario) in quanto in grado di modificare artificialmente la conducibilità elettrica della cute. È indicata la rimozione di peluria abbondante.

#### **2.10.6 *Cibo e bevande***

*Kushner* (1992) consiglia che il soggetto sia a digiuno da liquidi e solidi da almeno 2-5 ore.

Il contenuto del canale alimentare può infatti interferire con la misurazione dell'impedenza. Inoltre, nella fase post-assorbitiva, il passaggio di liquidi nel torrente circolatorio può produrre valori spuri di impedenza.

Tuttavia, *Fogelholm et al.* (1993) hanno osservato che l'errore prodotto dalla misurazione dell'impedenza a 2-5 ore da un pasto può essere accettabile a livello di gruppo ma non del singolo individuo.

Pertanto, essi propongono una notte di digiuno (8 h) quale procedura standard per la **BIA**.

#### **2.10.7 *Dinamica respiratoria***

È opportuno verificare che la frequenza e escursione respiratoria siano quelle "fisologiche" per il soggetto. Modificazioni dell'escursione della gabbia toracica possono comportare infatti una modificazione del volume conduttivo e conseguentemente dell'impedenza.

#### **2.10.8 *Esercizio fisico***

L'esercizio fisico moderato non è in grado di influenzare la **BIA**.

Al contrario, quando intenso e prolungato, esso produce valori artificialmente bassi d'impedenza.



L'aumento della temperatura cutanea e, possibilmente, una perdita di acqua prevalente su una di elettroliti, possono spiegare questo fenomeno.

#### **2.10.9 Ciclo mestruale**

Il ciclo mestruale comporta variazioni "fisiologiche" dell'impedenza bioelettrica. Esse sono state poste in relazione a: i) modificazioni della compartimentazione di **TBW**, come ad esempio, la possibile espansione premestruale di **ECW**, ii) modificazioni della temperatura corporea, per l'effetto termogenico del progesterone e, iii) modificazioni del comportamento alimentare, particolarmente in fase premestruale.

*Gleichauf & Roe* (1989) hanno osservato che la variabilità nella misurazione dell'impedenza nel corso di un ciclo mestruale è da imputare più alla variazione fisiologica che non all'errore di misurazione.

Esse consigliano di standardizzare la misurazione relativamente al periodo del ciclo mestruale e di effettuare, ove possibile, misurazioni multiple.

L'impiego di contraccettivi orali non è apparentemente associato ad alterazioni dell'impedenza (*Chumlea et al.*, '87).

#### **2.11 Metodica ADP (*Air-Displacement Plethysmography*)**

L'ADP è una tecnica che richiede la permanenza del soggetto in un ambiente chiuso contenente aria. Questo ambiente è diviso in due parti: una ospita il soggetto e l'altra costituisce il volume di riferimento. Tra i due ambienti è posto un diaframma sensibile alle variazioni di pressione che si

verificano dalla parte in cui è contenuto il soggetto e sono rilevate nell'altra come variazioni di volume.

Il funzionamento del sistema si basa sulla legge dei gas: a temperatura costante il prodotto Pressione x Volume resta costante.

Recentemente uno studio di comparazione della misura della massa grassa tra ADP (applicazione della formula di Siri) e DXA in una popolazione pediatrica ha evidenziato una lieve sovrastima della FM: 3% nelle bambine e 0,6% nei bambini (Nicholson et al, 2001).

Elberg (2004) ha confrontato i risultati delle due metodiche DXA e ADP in preadolescenti (10-14 anni) anche dopo un anno dalla prima misurazione della FM: in entrambi i casi l'ADP si è rivelata accurata ( $p < 0,001$ ;  $r = 0,88$ ).

## **2.12 DXA (Dual energy X-ray Absorptiometry)**

La Dual energy X-ray Absorptiometry (DXA) è una tecnica relativamente nuova, inizialmente utilizzata per la determinazione della densità minerale ossea e successivamente impiegata anche nell'analisi dei tessuti molli, massa lipidica (FM) e massa alipidica (FFM).

L'attenuazione che un tessuto biologico oppone ad un fascio incidente di radiazioni è funzione dello spessore, della densità e della composizione chimica del tessuto stesso. La metodica DXA per lo studio della massa lipidica ed in generale dei tessuti molli si basa sul principio che tali tessuti determinano una attenuazione costante alla emissione di due definite radiazioni energetiche di 40 kV e 70 kV (raggi X).

Il fenomeno dell'attenuazione si basa sull'effetto fotoelettrico e sull'effetto Compton.

Nella realtà il fenomeno della attenuazione non è lineare, tuttavia assumendo che sia costante si ha per un tessuto costituito da sola massa

lipidica  $R_f = 1,21$ , e per un tessuto costituito dal sola massa alipidica  $R_l = 1,399$ ; l'attenuazione per il tessuto osseo risulterebbe molto più alta.

Poiché nell'organismo umano ogni tessuto è costituito da più componenti in proporzioni diverse, l'attenuazione energetica risultante corrisponde ad un valore medio.

È stata elaborata la seguente espressione:

$$R_{fl} = \frac{(R_{fl} - R_f)}{(R_l - R_f)}$$

dove:

$R_{fl}$ : attenuazione misurata e  $R_f$  e  $R_l$  rispettivamente le costanti riferite al solo tessuto lipidico ed al solo tessuto alipidico.

Nella misura della massa lipidica corporea, si ritiene che il 40-45% dei pixel<sup>3</sup> contiene massa minerale ossea e che il restante (circa la metà del volume corporeo) è rappresentato dai tessuti molli.

Il sistema **DXA** consta di un piano di rilevazione in cui sono inseriti i sensori per il rilevamento dell'attenuazione.

A tale piano viene applicato un carrello mobile che scorre longitudinalmente e che trasporta l'emettitore di energia che a sua volta può scorrere su binari in modo trasversale mediante un motore di precisione.

Per mezzo di un computer idoneo si determina il moto longitudinale e trasversale dell'emettitore, l'acquisizione dei dati di attenuazione rilevati e la successiva elaborazione dei dati per la stampa o la lettura dei risultati della composizione corporea.

È in preparazione una strumentazione che prevede l'uso di un triplice raggio energetico come estensione della metodica **DXA**.

---

<sup>3</sup> Punti luminosi di cui è costituita l'immagine radiologica sul monitor, il cui tono nella scala dei grigi è in relazione alla densità del volume del tessuto analizzato



*Apparecchiatura DXA.*

I valori misurati con metodica **DXA** per la massa ossea, massa alipidica e massa lipidica sono stati comparati con misure effettuate con altre tecniche.

In particolare, il confronto con misure derivate dall'analisi dell'attivazione neutronica (NAA) ha dato una buona correlazione per il calcio totale corporeo (2-3% di variabilità).

L'errore di tale metodica è stato valutato intorno al 3-4% per la massa lipidica corporea e dipende prevalentemente da stati di alterata idratazione e dallo spessore antero-posteriore corporeo (quest'ultimo se maggiore di 20 *cm* comporta un errore superiore a quello definito).

La riproducibilità della misura dipende invece dalla risoluzione adottata (numero di punti scansionati per  $cm^2$  di area corporea); tale riproducibilità risulterebbe ottimale per misurazioni che consentono l'analisi di 5-10 punti per  $cm^2$ .

La tecnica **DXA** risulta un metodo preciso ed accurato per la misura della massa lipidica corporea totale e distrettuale.

La misura della massa lipidica distrettuale risulta più accurata e precisa in soggetti adulti con peso corporeo inferiore a 100 *kg*.

La misura della massa lipidica corporea a livello intraddominale è stata studiata con la metodica tomografica (TC, metodica di riferimento) e confrontata con le determinazioni ottenute mediante antropometria

(plicometria) e **DXA**; le misure della massa lipidica addominale ottenute con metodica **DXA** risultavano valide ( $r = 0,90$ ) ed il valore predittivo veniva migliorato dalla combinazione con le misure antropometriche.

Quindi la bassa invasività (circa  $0,06 \text{ mrem}$ ) rispetto alle metodiche di immagine (es: Tomografia Computerizzata) e la possibilità di ottenere misure segmentali corporee (tessuto adiposo intraddominale), consigliano l'utilizzo di tale tecnica a scopo prognostico e diagnostico per il paziente obeso.

## Cap. 3 Valutazione dello stato nutrizionale

### 3.1 Il fabbisogno di nutrienti

È noto che i fabbisogni energetici dell'organismo per lo svolgimento dei processi biologici che hanno luogo nelle cellule vengono soddisfatti, oltre che dai carboidrati, anche da proteine, lipidi e alcool.

L'essenzialità del glucosio quale fonte di energia deriva dal fatto che alcuni tessuti, in particolare il sistema nervoso e la midollare del surrene, in condizioni normali utilizzano il glucosio come fonte elettiva di energia, e che inoltre gli eritrociti, essendo sprovvisti dei sistemi enzimatici associati al ciclo di Krebs, sono dipendenti dalla glicolisi per il loro metabolismo energetico.

La biodisponibilità di glucosio è pertanto essenziale per il corretto funzionamento di tali tessuti, e riduzioni della glicemia comportano gravi conseguenze cliniche.

È stato calcolato che per un soggetto adulto in condizioni normali sono necessari circa 180 g/die di glucosio, di qualunque origine metabolica, per soddisfare i bisogni di energia del sistema nervoso e degli eritrociti.

L'uomo, come la maggior parte dei mammiferi, è capace di trasformare alcuni aminoacidi ed il glicerolo in glucosio, e non ha quindi uno specifico fabbisogno alimentare per i carboidrati, una volta garantito un sufficiente apporto di proteine e trigliceridi.

Da questo punto di vista, non si può parlare per i carboidrati di essenzialità - nel senso almeno in cui il termine viene comunemente applicato ad aminoacidi, acidi grassi, vitamine e sali minerali, nel qual caso per essenzialità si intende l'incapacità dell'organismo a sintetizzarli - ma sarebbe forse opportuno parlare di "necessarietà".

Si è infatti concordi nel sostenere che è bene che una ragionevole proporzione del fabbisogno energetico derivi dai carboidrati.

Una dieta troppo ridotta in carboidrati porta infatti all'accumulo di corpi chetonici, a un eccessivo catabolismo delle proteine tissutali e alla perdita di cationi, specialmente sodio.

Questi effetti possono essere prevenuti dall'ingestione di 50-100 g/die di carboidrati.

Non è semplice ottenere, per ciascun individuo, i fabbisogni di nutrienti.

Una soluzione sta nell'esaminare i fabbisogni medi di un gruppo omogeneo di individui simili e definire un livello minimo ragionevole (per fasce di età nei bambini, per le donne in gravidanza, ecc).

Una volta stabilito il range dei fabbisogni per un particolare nutriente, è necessario stabilire quale dovrebbe essere il livello adeguato di assunzione per soddisfare questi fabbisogni.

Tenendo conto che la quantità di ciascun nutriente corrisponde al fabbisogno fisiologico per prevenire segni di carenza clinica.

### ***3.2 Dosi alimentari raccomandate (RDA)***

L'RDA è ancora una delle definizioni di adeguatezza nutrizionale più pubblicizzate negli Stati Uniti.

E' basata sulla disponibilità di conoscenze scientifiche, è il risultato di riflessioni di esperti, ed è approvata dalla Food and Nutrition Board of National Academy of Sciences Committee on Dietary Allowances.

La RDA è stata rivista nell'ultima volta nel 1989.

Valori piuttosto simili di RDA sono stati sviluppati su richieste basali di abitanti di altre nazioni.

L'RDA evidenzia i livelli di assunzione di elementi nutritivi essenziali considerati adeguati a soddisfare i fabbisogni nutrizionali dei soggetti sani.

L'RDA è stabilita come due deviazioni standard al di sopra della media stimata, ed in questo modo supera le richieste della maggior parte dei soggetti.

È importante ricordare che l'RDA non può basarsi su una valutazione precisa della necessità dei pazienti con patologie mediche, specialmente se è presente una condizione di malassorbimento.

Sono state acquisite nuove conoscenze sui fabbisogni nutrizionali e sul ruolo di alcuni componenti alimentari nel ridurre il rischio di malattie croniche (come tumori, malattie cardiache, osteoporosi) e nel prevenire le classiche sindromi da carenza.

Le RDA sono state fondate formalmente sul presupposto che tutti i nutrienti derivassero da cibi naturali, attualmente invece le tavolette dietetiche, gli alimenti arricchiti, e gli integratori alimentari sono fonti importanti di alcuni nutrienti.

Dunque i governi di Stati Uniti e Canada hanno formulato insieme le dietary reference intake.

### ***3.3 Referenza di introito dietetico (DRI)***

Le DRI è un nuovo termine che include la richiesta media valutata (EAR, estimated average requirement), le dosi alimentari raccomandate (RDA, recommended dietary allowance), l'introito adeguato (AI, adequate intake), ed il livello di introito superiore tollerabile (UL, tolerable upper intake level).

L'EAR è il valore stimato di introito giornaliero che copre i fabbisogni del 50% delle persone in una normale fase della vita e appartenenti ad un determinato sesso.

È utilizzato per stabilire l'RDA e per pianificare le raccomandazioni nutrizionali in diversi gruppi.

L'RDA è il livello di introito sufficiente a coprire le richieste di più persone in una specifica fase giornaliera e appartenenti ad un dato sesso.

Questa stima comprende anche un coefficiente di variazione del 10% se i dati non permettono il calcolo delle deviazioni standard.



Se non sono disponibili dati sufficienti per calcolare l'EAR si utilizza l'introito adeguato (AI).

L'AI è basata su approssimazioni di assunzione nutrizionale media basata all'interno di sottogruppi definiti sulla base dell'età e del sesso.

Il livello di introito tollerabile (UL) è la quantità massima di introito nutritivo giornaliero che è improbabile possa essere una minaccia per le persone di una determinata età e sesso.

Questo nuovo termine viene considerato importante perché molti nutrienti vengono ingeriti tramite supplementi a livelli superiori di quelli possibili nella dieta.

**Tabella 6-1.** Introiti/linee guida di costituenti dietetici in una popolazione di riferimento, per la prevenzione di malattie croniche negli adulti di età compresa tra 20 e 50

	WCFRa	NASb	WHOc	AHAd	PRI/goale
<b>Costituenti</b>					
<b>macronutrienti</b>					
CHO (%kcal)	55-75	>55	55-75	55-60	45-55
Amido (%)	50-70	-	50-70	55-60	-
Zuccheri, non presenti latte (%)	<10	-	<10	basso	10
Fibre non solubili (g/d)	20-35	-	16-24	20-25	39
Grassi (% kcal)	15-30	<30	15-30	≤30	20-30
Poliinsaturi	2-10	≤10	3-7	≤10	2,5
Monoinsaturi	3-10	-	-	≤15	-
Saturi	0-10	<10	<10	8-10	10
Colesterolo (mg/d)	100-130	<300	<300	<300	-
Proteine (% kcal)	9-12	-	10-15	-	-
Vegetali	6-12	-	-	-	-
Animali	0-3	-	-	-	-
Alcol (% kcal)	<2	<2 oz	-	<2 oz	-
<b>Micronutrienti</b>					
Carotenoidi (mg/d)	9-18	-	-	-	-
Vitamina C (mg/d)	175-400	-	30	-	40-45
Folati (µg/d)	250-450	-	200	-	200
Vitamina D (µg/d)	0 (sole)-10	-	2,5	-	0-15
Vitamina E (mg/d)	4-7	-	-	-	<4
Calcio (mg/d)	500-750	-	400-500	-	700
Selenio (µg/d)	75-125	-	30-40	-	55
Iodio (µg/d)	125-150	-	120-150	-	130
Ferro (mg/d)	15-25	-	16	-	9-21
Potassio (g/d)	1,6-3,2	-	-	-	3,1
Sodio (g/d)	<4	<4	<4	<6	0,58-3,5
Zinco (mg/d)	11-13	-	7,1-9,5	-	7,1-9,5

<sup>a</sup>WCRF, World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research. *Food, nutrition, and the prevention of cancer: a global perspective, 1997.* fornisce stime di un probabile range di costituenti alimentari consumati come risulta dalle seguenti raccomandazioni del rapporto.

<sup>b</sup>NAS, Raccomandazione per I singoli individui elaborate dal National Academy of Sciences Food and Nutrition Board, 1989.

<sup>c</sup>WHO, World Health Organization, 1990.

<sup>d</sup>AHA, American Heart Association, linee guida alimentari per I giovani americani in buono stato di salute. Krauss RM, et al. *Circulation* 1996; 94: 1795-1800.

<sup>e</sup>PRI/goal, range di assunzione per la popolazione di riferimento (femmine-maschi) per giovani adulti europei (di età compresa tra i 19 e i 50 anni), Commission of the European Community. Report della Scientific Commission for Food (trentunesima serie): Assunzione di nutrienti e di energia, 1993, o gli obiettivi definitivi europei (James WPT. Healthy Nutrition, serie europea 24. Copenhagen: WHO Regional Office per l'Europa: 1988).

**Tabella 6-2.** Valore giornaliero per adulti e bambini di almeno 4 anni

<b>Componenti alimentari</b>	<b>Valore giornaliero</b>	<b>Percentuale di assunzione calorica giornaliera</b>
Grassi totali	65g	30
Grassi saturi	20g	10
Colesterolo	300 mg	-
Sodio	2,4 mg	-
Potassio	3,5 mg	-
Carboidrati totali	300 g	60
Fibre alimentari	25 g	-
Proteine	50g	10
Vitamina A	5 UI	-
Vitamina C	600 mg	-
Calcio	1g	-
Ferro	18 mg	-
Vitamina D	400 UI	-
Vitamina E	30 UI	-
Tiamina	1,5 mg	-
Riboflavina	1,7 mg	-
Niacina	20 mg	-
Vitamina B6	2 mg	-
Folati	0,4 mg	-
Vitamina B12	6 mg	-
Biotina	0,3 mg	-
Acido pantotenico	10 mg	-
Fosforo	1 g	-
Iodio	150 µg	-
Magnesio	400 mg	-
Zinco	15 mg	-
Rame	2 mg	-

<sup>a</sup> Basato sui valori di riferimento giornalieri e sui livelli di assunzione giornalieri di riferimento.

<sup>b</sup> Valore giornaliero basato su una dieta di riferimento di 2000 kcal.

<sup>c</sup> Valore giornaliero su 11.5/1000 kcal.

### ***3.4 Livelli di assunzione giornalieri raccomandati di energia e nutrienti per la popolazione italiana (LARN)***

I LARN nascono dalla necessità di definire, per ciascun macronutriente e micronutriente, i valori di riferimento da introdurre giornalmente per coprire i fabbisogni della maggioranza della popolazione sana. I LARN mirano dunque a trasferire conoscenze e direttive indispensabili a proteggere la popolazione dal rischio di squilibri nutrizionali e valutare l'adeguatezza del modello alimentare nazionale.

I LARN sono revisionati periodicamente, tenendo in considerazione le nuove acquisizioni scientifiche in campo biologico nutrizionale e le variazioni nelle situazioni alimentari e nutrizionali della popolazione italiana. L'ultima revisione è del 1996 ed è partita dal calcolo dei livelli di assunzione dei vari nutrienti determinati dalla dieta globale ricostruita in laboratorio sui dati di consumo di alimenti in Italia.

E' stata esaminata la letteratura scientifica internazionale riguardante le raccomandazioni; in particolare, sono stati elaborati i documenti dal Consiglio Nazionale delle Ricerche Americano e dal Comitato Scientifico per l'Alimentazione della Commissione Europea, considerando che questi sono spesso divergenti.

Le raccomandazioni americane più tese a coprire le necessità nutrizionali di tutta la popolazione sana, compresa la quota in grado di prevenire o almeno di ridurre al minimo il rischio di comparsa di malattie o disturbi legati all'alimentazione, mentre quelle Europee sembrano essere più tese a coprire i fabbisogni reali della popolazione, riducendo così al minimo l'intervallo di sicurezza per la variabilità individuale ed evitando perciò di raccomandare livelli in eccesso rispetto ai bisogni, anche per evitare il ricorso a supplementazioni non strettamente necessarie. Infatti le raccomandazioni Europee utilizzano il concetto di tre differenti livelli di raccomandazione sulla base della distribuzione di frequenza dei fabbisogni individuali in una

popolazione o in un gruppo di popolazione: il livello minimo, al di sotto del quale è praticamente impossibile mantenere l'integrità metabolica per la maggiore parte della popolazione; quello medio, che copre il fabbisogno del 50% degli individui della popolazione e quello cosiddetto di riferimento per la popolazione, corrispondente al fabbisogno medio più due deviazioni standard, in grado cioè di coprire i bisogni della maggior parte della popolazione.

Determinare il valore medio e la deviazione standard per tutti i nutrienti ed inserire tre differenti valori per uno stesso nutriente è difficoltoso e poco pratico, dunque la revisione dei LARN del 1996, ha stabilito un valore di riferimento per la popolazione, che in accordo con il concetto espresso dalla FAO/OMS, indica come livello di assunzione in grado di garantire adeguate riserve corporee, quello utile a soddisfare i bisogni reali del singolo piuttosto che quello che deriva dal bisogno basale medio.

E' necessario chiarire che i valori delle raccomandazioni non rappresentano il limite minimo al di sotto del quale esiste un reale rischio di malnutrizione né il livello ottimale di assunzione, quanto il livello di sicurezza valido per l'intera popolazione o per gruppi di essa e non per singoli individui.

Quindi i LARN mirano a: proteggere l'intera popolazione dal rischio di carenze nutrizionali; fornire elementi utili per valutare l'adeguatezza nutrizionale della dieta media della popolazione o di gruppi di essa rispetto ai valori proposti; pianificare la politica degli approvvigionamenti alimentari nazionali e l'alimentazione di comunità.

Inoltre i LARN sono stati applicati nell'etichetta nutrizionale dei prodotti alimentari, nella formulazione di supplementi e di alimenti dietetici, oltre che nell'informazione ed educazione alimentare.

### **3.5 *Macro e micro nutrienti***

Gli alimenti che consumiamo ogni giorno, contengono nutrienti i quali, oltre a fornire l'energia per lo svolgimento delle diverse attività fisiologiche, costituiscono la materia prima per la costruzione, il mantenimento ed il rinnovo dei tessuti; i nutrienti contenuti negli alimenti, possono essere sostanze regolatrici e di modulazione dei processi biochimici dell'organismo, dell'equilibrio idro-elettrico e del potenziale delle membrane cellulari; inoltre possono essere importanti nel mantenimento dell'omeostasi interna, nel mantenimento entro i limiti fisiologici del pH ematico.

La funzione energetica viene svolta essenzialmente dai carboidrati, dai lipidi e dalle proteine, anche se quest'ultime contribuiscono in maniera minore.

Se presente nell'alimentazione, anche l'alcool svolge una funzione energetica. Mentre la funzione plastica è principalmente svolta dalle proteine, dai lipidi e secondariamente dai carboidrati. La funzione plastica inoltre è svolta dai minerali come il calcio, il fosforo ed il magnesio, costituenti fondamentali dello scheletro e dei denti. Infine, la funzione regolatrice viene svolta dalle vitamine e dai sali minerali, dalla fibra e dall'acqua.

### **3.6 *I Carboidrati***

I principali carboidrati di interesse alimentare possono essere distinti, in base alla struttura chimica, in semplici e complessi.

I carboidrati semplici, comunemente detti zuccheri, comprendono i monosaccaridi, quali il glucosio ed il fruttosio, e i disaccaridi, quali il saccarosio, il maltosio ed il lattosio.

Gli zuccheri sono presenti naturalmente negli alimenti primari o, in forma raffinata, utilizzati come tali (saccarosio) o incorporati in alimenti e bevande

(saccarosio, sciroppo di glucosio a contenuto variabile di fruttosio) per aumentarne la gradevolezza grazie al loro gusto dolce. I carboidrati complessi, o polisaccaridi, comprendono l'amido e la fibra alimentare.

L'amido è costituito da polimeri di glucosio lineari (amilosio) e ramificati (amilopectina) in proporzioni variabili.

L'amido è, nella dieta del soggetto adulto sano, la principale fonte di carboidrati disponibili all'assorbimento ed utilizzabili dal metabolismo cellulare. Una percentuale di amido variabile, ma comunque generalmente limitata, può non essere assimilata, e viene definita Amido Resistente.

Altri carboidrati complessi non disponibili sono la cellulosa, le pectine, le emicellulose, ed una varietà di gomme e mucillagini di varia origine. Queste sostanze, insieme alla lignina (un polimero della parete cellulare vegetale non composto da carboidrati), vengono usualmente definite con il termine generale di Fibra Alimentare.

Pur non potendosi considerare un nutriente, la fibra alimentare esercita effetti di tipo funzionale e metabolico che la fanno ritenere una importante componente della dieta umana.

Oltre che all'aumento del senso di sazietà e al miglioramento della funzionalità intestinale e dei disturbi ad essa associati (stipsi, diverticolosi), l'introduzione di fibra con gli alimenti è stata messa in relazione alla riduzione del rischio per importanti malattie cronico-degenerative, in particolare i tumori al colon-retto (in parte spiegata dalla diluizione di eventuali sostanze cancerogene e dalla riduzione del loro tempo di contatto con la mucosa), il diabete e le malattie cardiovascolari (in parte per una riduzione dei livelli ematici di colesterolo).

Altre sostanze riconducibili alla struttura chimica dei carboidrati sono i polialcoli (detti anche meno correttamente alcol-zuccheri o polioli). I polialcoli sono presenti, oltre che in piccola quantità nella frutta (sorbitolo), in un numero crescente di alimenti ipocalorici o acariogeni, in particolare

caramelle e gomme da masticare, dove sostituiscono in tutto o in parte gli zuccheri disponibili.

### Il fabbisogno di carboidrati

Generalmente, la quantità di carboidrati introdotti nella dieta umana è considerevolmente superiore al livello minimo di "necessarietà". Nella dieta italiana, la quota di energia soddisfatta dai carboidrati risultava nel 1980-84 pari al 46% dell'energia, (12,5% da zuccheri). La quantità ottimale di carboidrati nella dieta non è facilmente definibile, anche se l'adesione alle raccomandazioni relative ai fabbisogni in proteine e lipidi porterebbe la percentuale di energia che può derivare dai carboidrati a livelli che variano dal 55 al 65% dell'energia totale della dieta.

Per questa ragione, anche in considerazione dei possibili effetti negativi collegati al crescente livello di assunzione di lipidi da parte della nostra popolazione, sarebbe opportuno raccomandare che almeno il 55% del fabbisogno energetico sia fornito dai carboidrati. Poichè parte della popolazione adulta introduce calorie dalle bevande alcoliche, una quota glucidica del 55% consente, in caso di apporto di alcol non superiore al 10% dell'energia, di introdurre le quote proteiche e lipidiche raccomandate. È auspicabile che questo obiettivo venga raggiunto grazie ad un aumento nel consumo di alimenti ricchi in fibra o contenenti amidi a lento assorbimento, mentre andrebbe contenuta la quota di energia derivante da zuccheri raffinati.

A questo proposito va ricordato che zuccheri semplici sono contenuti in numerosi alimenti primari, tra cui latte, frutta ed alcune verdure, naturalmente ricchi anche in vitamine, minerali e/o fibra alimentare. Una dieta equilibrata e ricca in fibre, basata su alimenti comuni, è quindi inevitabilmente associata ad una introduzione non marginale di zuccheri semplici. In questo contesto gli zuccheri non influenzano negativamente l'indice glicemico della dieta. Gli zuccheri contribuiscono inoltre a rendere più gradevoli ed accettabili, specie in età pediatrica, diete ricche in



carboidrati. Va tuttavia notato che gli zuccheri raffinati (ed in particolare il saccarosio consumato come tale o contenuto in alimenti dolci), oltre ad aumentare la densità energetica della dieta, sono un fattore di rischio riconosciuto per la carie dentaria. Per questa ragione il livello di zuccheri semplici nella dieta non dovrebbe superare il 10-12% dell'energia giornaliera, favorendo il consumo di frutta e verdure e limitando il consumo di saccarosio. Poichè la dieta del bambino è generalmente più ricca di zuccheri semplici di quella dell'adulto, in relazione al più elevato consumo di latte, frutta, succhi di frutta ed alimenti dolci, può essere accettabile in questa fascia di età una presenza di zuccheri semplici sino al 15-16% dell'energia, ferma restando la raccomandazione della limitazione nel consumo di saccarosio ed una corretta educazione all'igiene orale.

### ***3.7 Le Proteine***

Le proteine sono formate da catene di  $\alpha$ -aminoacidi legati tra loro dal legame peptidico e sono caratterizzate dalla proporzione e dalla sequenza con la quale questi aminoacidi si legano a formare la catena peptidica.

Da queste due caratteristiche deriva la specificità - e quindi la funzione - delle migliaia di proteine presenti negli organismi viventi. Sequenza e proporzioni degli aminoacidi sono geneticamente determinate.

In natura esistono centinaia di aminoacidi, e continuamente ne vengono messi in evidenza di nuovi, ma solamente venti sono coinvolti nella sintesi proteica. Anche se a livello cellulare tutti e venti questi aminoacidi devono essere contemporaneamente presenti, solo nove devono essere introdotti preformati con gli alimenti in quanto l'organismo non è in grado di sintetizzarli. Questi nove aminoacidi vengono definiti aminoacidi essenziali (AAE).

Essi sono: valina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e istidina. Sono poi considerati semiessenziali cisteina e tirosina, in quanto sono in grado di risparmiare rispettivamente metionina e

fenilalanina. Tutti gli altri aminoacidi possono prendere origine da una fonte anche molto semplice di azoto.

Caratteristica peculiare delle proteine è quella di andare soggette ad un continuo processo di demolizione e sintesi che va sotto il nome di turnover proteico. Il turnover consente all'organismo di modulare la sintesi delle proprie proteine in dipendenza dell'evolversi delle sue esigenze, ed è pertanto alla base delle sue capacità di adattamento.

In un uomo adulto le proteine corporee ammontano a circa 12 kg. Di questi si calcola che giornalmente circa 250 g sono soggetti a turnover, quindi una quantità circa tre volte superiore a quella dei normali consumi alimentari. La continua liberazione di aminoacidi conseguente al processo di turnover ne consente l'interscambio tra i tessuti e la riutilizzazione intracellulare per la sintesi di nuove proteine. Questa riutilizzazione di aminoacidi è sotto il controllo di vari fattori metabolici e ormonali ed è influenzata dallo stato fisiologico o patologico del soggetto. Così, ad esempio, la riutilizzazione degli aminoacidi è molto efficiente in condizione di rapida crescita, nel recupero dopo una malattia e dopo episodi di aumentato catabolismo per traumi o infezioni, e di regola tutte le volte che sia richiesta una rapida sintesi di proteine.

Tuttavia anche nelle condizioni di massima efficienza la riutilizzazione non è completa, perché una frazione va persa attraverso il catabolismo ossidativo.

I prodotti azotati del catabolismo, quali urea (quantitativamente il più importante), creatinina, acido urico ed altri composti azotati, sono escreti con le urine (principale via di escrezione), le feci, il sudore e la pelle.

Con le feci vengono anche eliminate le proteine non digerite, quelle contenute nella flora microbica presente nell'intestino, quelle derivanti dalla continua secrezione pancreatica, biliare ed intestinale come pure le proteine cellulari rilasciate nel lume intestinale in seguito al rapido e incessante rinnovamento delle cellule della mucosa intestinale.

Altre perdite di azoto si verificano attraverso secrezioni del corpo , desquamazione della pelle e crescita delle unghie e dei capelli.

Le secrezioni pancreatiche, biliari e intestinali di proteine, insieme a quelle delle cellule intestinali desquamate, si configurano come una massa di proteine endogene di grandezza non trascurabile (da 20 a 80 g/giorno).

Non tutte le proteine endogene sono digerite e successivamente assorbite; il residuo, unitamente alle proteine non digerite provenienti dagli alimenti e alle proteine proprie della flora microbica dell'intestino tenue, passano nel colon, dove sono fermentate dalla flora batterica.

Una parte dell'azoto rilasciato nella fermentazione è riassorbito come ammoniaca, che può essere riutilizzata dal fegato per la sintesi di aminoacidi non indispensabili.

Sintesi e demolizione delle proteine continuano anche con una dieta completamente priva di proteine, attraverso il riciclaggio degli aminoacidi endogeni. In queste condizioni il processo è reso più efficiente mediante la messa in opera di meccanismi di adattamento che tendono a conseguire una più economica utilizzazione degli aminoacidi, presumibilmente attraverso un aumento del loro incanalamento verso la sintesi delle proteine ed una riduzione della loro ossidazione. Tuttavia anche in questo caso una ridotta proporzione viene incessantemente catabolizzata, ed i prodotti azotati che ne derivano vengono eliminati con le urine, come pure continuano le perdite di azoto attraverso le feci e la pelle. Questo azoto rappresenta la cosiddetta "perdita obbligatoria di azoto", che fino a non molto tempo fa costituiva la base per la definizione dei bisogni di proteine con il metodo fattoriale.

Un altro aspetto importante per stabilire i bisogni in proteine è quello del rapporto tra livello di energia e livello di proteine introdotti con gli alimenti consumati. È dimostrato che più elevata è la quantità di energia, più bassa è la quantità di proteine necessaria per raggiungere l'equilibrio. Si calcola che per ogni caloria in più fornita dalla dieta la ritenzione di azoto aumenti di 1-2

mg. Questo fatto ha importanti implicazioni quando ci si basa sul bilancio dell'azoto per la definizione del fabbisogno in proteine.

### Il fabbisogno di proteine

La sintesi proteica è un processo che costa energia, e in tal modo condiziona il fabbisogno energetico e la efficienza di utilizzazione dell'energia, mentre dall'altro la disponibilità di energia influenza lo stato del metabolismo non solo proteico ma di tutto l'organismo. Quando si considera la quota proteica si deve quindi presupporre che la dieta sia energeticamente adeguata.

Tradurre il fabbisogno proteico in termini rigidamente numerici è molto difficile, sia per l'importanza esercitata dall'apporto di energia globale sia per i vari fattori che modificano l'utilizzazione delle proteine, dalla digeribilità alla composizione in aminoacidi, alla quota di azoto proteico globale, alle vitamine ed ai sali minerali presenti nella dieta.

I valori dei bisogni in proteine sono stati ricavati dalle stime della quantità di proteine di alta qualità (proteine dell'uovo o del latte) necessaria a mantenere l'equilibrio dell'azoto in presenza di un adeguato apporto di energia. I valori così ottenuti sono stati opportunamente aumentati nel caso dei bisogni in proteine relativi alla crescita, alla gestazione ed all'allattamento.

Una attenzione particolare è stata data ai problemi relativi ai primi sei mesi di vita e alla valutazione del significato della correzione per la qualità delle proteine in relazione ai bisogni in aminoacidi essenziali nelle diverse condizioni fisiologiche.

**Tabella - Stime del fabbisogno in proteine e assunzione raccomandata nei primi sei mesi di vita (in g/kg di peso corporeo/die).**

Età (mesi)	Fabbisogno (consumo di latte materno)	Fabbisogno (metodo fattoriale)	Assunzione raccomandata <sup>1</sup>
0-1	2,09	1,98	2,6
1-2	1,59	1,71	2,2
2-3	1,18	1,46	1,8
3-4	1,06	1,27	1,5
4-5	1,00	1,18	1,4
5-6	0,95	1,18	1,4

<sup>1</sup> L'assunzione raccomandata corrisponde al fabbisogno - calcolato con il metodo fattoriale (terza colonna) - incrementato di un fattore di variabilità individuale: +26% nei due primi mesi e +10% tra 2 e 6 mesi. **Fonte: Fomon, 1991.**

**Tabella - Livelli di assunzione raccomandata di proteine.**

Sesso	Età (anni)	Livello di sicurezza (L.S.) <sup>1</sup> (g proteine/kg peso corporeo <sup>4</sup> /die)	L.S. corretto per la qualità proteica <sup>2</sup> (g/kg peso corporeo <sup>4</sup> /die)
	0,50-0,75	1,65	2,09
	0,75-1,00	1,48	1,87
	1,5	1,17	1,48
	2,5	1,13	1,43
	3,5	1,09	1,38
	4,5	1,06	1,34
	5,5	1,02	1,29
	6,5	1,01	1,28
	7,5	1,01	1,28
	8,5	1,01	1,28
	9,5	0,99	1,25
<b>Maschi</b>	10,5	0,99	1,25
	11,5	0,98	1,24
	12,5	1,00	1,27
	13,5	0,97	1,23
	14,5	0,96	1,22
	15,5	0,92	1,17
	16,5	0,90	1,14

	17,5	0,86	1,09
<b>Femmine</b>	10,5	1,00	1,27
	11,5	0,98	1,24
	12,5	0,96	1,22
	13,5	0,94	1,19
	14,5	0,90	1,14
	15,5	0,87	1,10
	16,5	0,83	1,05
	17,5	0,80	1,01
<b>Adulto</b>		0,75	0,95
<b>Gestazione<sup>3</sup></b>			+6
<b>Allattamento<sup>3</sup></b>			+17

<sup>1</sup> Calcolato come riferito nel testo.

<sup>2</sup> La qualità proteica è quella delle proteine mediamente consumate dalla popolazione italiana; valore ottenuto come riferito nel testo.

<sup>3</sup> I valori per la gestazione e per la lattazione si intendono come supplemento in g di proteine/die nel periodo corrispondente.

<sup>4</sup> Il peso corporeo da utilizzare nel calcolo è quello osservato, con l'eccezione dei soggetti sottopeso e obesi, per i quali va utilizzato il peso desiderabile (vedi capitolo "Energia").

Fonte : LARN 1996.

### **3.8 I Lipidi**

I lipidi sono sostanze organiche praticamente insolubili in acqua, presenti nell'organismo umano per assolvere a tre funzioni fondamentali: 1) sono un'importante riserva energetica (1 g fornisce circa 9 kcal); 2) sono componenti fondamentali delle membrane cellulari in tutti i tessuti, 3) sono precursori di sostanze regolatrici del sistema cardiovascolare, della coagulazione del sangue, della funzione renale e del sistema immunitario come prostaglandine, trombossani, prostaciclina e leucotrieni .

I lipidi alimentari (oli e grassi), oltre a fornire energia, fungono da trasportatori per le vitamine liposolubili e provvedono al fabbisogno di Acidi Grassi Essenziali (AGE o EFA = Essential Fatty Acids).

Chimicamente gli acidi grassi essenziali comprendono acidi grassi poliinsaturi a 18 o più atomi di carbonio, aventi il primo doppio legame in posizione 3 o 6 a partire dal gruppo metilico della catena carboniosa. Ciò è indicato con la lettera n oppure w .

Sono essenziali per l'uomo perchè questi non è in grado di introdurre doppi legami in posizione 3 o 6, mentre può "desaturare" verso l'estremità carbossilica e può inoltre allungare la catena carboniosa. Essenziali sono l'acido linoleico (18:2w 6) e l'acido  $\alpha$ -linolenico (18:3w 3), i quali possono essere convertiti nell'organismo in altri acidi grassi poliinsaturi della serie w 6 ed w 3 rispettivamente. La conversione di acidi grassi della serie w 6 in acidi grassi della serie w 3 e viceversa non è invece possibile.

L'importanza nutrizionale dei lipidi alimentari si esprime attraverso l'apporto quantitativo e qualitativo sia degli acidi grassi che della frazione insaponificabile che li compongono (soprattutto steroli).

Dal punto di vista qualitativo risulta determinante per le caratteristiche strutturali e funzionali del lipide la composizione acidica, cioè il contenuto in acidi grassi saturi (senza doppi legami), monoinsaturi (con un doppio legame), e poliinsaturi (con più di un doppio legame). La presenza dei doppi legami, la lunghezza della catena carboniosa, l'isomeria di posizione e geometrica condizionano le proprietà nutrizionali, fisiche e biologiche dei lipidi. Va ricordato che all'aumentare del numero dei doppi legami si abbassa il punto di fusione ed aumenta la suscettibilità ai fenomeni perossidativi.

I grassi dei cibi ad elevato tenore di acidi grassi saturi tendono a far innalzare il livello di colesterolo nel sangue ancor più di quanto non faccia l'apporto alimentare del colesterolo stesso. Fra questi alimenti rientrano soprattutto i prodotti lattiero-caseari (formaggi, latte intero, panna, burro), le carni grasse e i loro derivati e certi oli vegetali (olio di palma e soprattutto olio di cocco).

- I grassi dei cibi ad elevato tenore di acidi grassi insaturi non fanno innalzare il livello di colesterolo nel sangue. Questi alimenti sono rappresentati soprattutto da oli vegetali (di semi e di oliva), noci, nocciole, olive e pesce.

- I grassi insaturi comprendono sia i monoinsaturi che i polinsaturi.

L'olio di oliva è particolarmente ricco in monoinsaturi soprattutto acido oleico, il quale presenta due vantaggi: fa diminuire il livello nel sangue delle lipoproteine a bassa densità LDL e VLDL - che trasportano quella parte di colesterolo che tende a permanere nel sangue e a depositarsi sulle pareti delle arterie ("colesterolo cattivo") - e non modifica, o addirittura fa aumentare, i livelli di un altro tipo di lipoproteine: le HDL, che operano utilmente per rimuovere il colesterolo dal sangue e dai depositi nelle arterie e per avviarlo alla eliminazione ("colesterolo buono").

L'olio di semi è generalmente ricco in polinsaturi del tipo omega-6, efficaci anch'essi nel diminuire il livello delle LDL e delle VLDL nel sangue. I grassi del pesce sono ricchi in acidi grassi polinsaturi del tipo omega-3, capaci di far diminuire nel sangue tanto il livello dei trigliceridi quanto la capacità di aggregazione delle piastrine (ossia il rischio di trombosi), proteggendo così l'organismo dalla possibile insorgenza di malattie cardiovascolari.

Gli acidi grassi insaturi potrebbero anche svolgere un ruolo nella prevenzione di alcune forme di tumori.

- Gli acidi grassi trans tendono a far innalzare il livello di colesterolo nel sangue, favorendo inoltre l'aumento del "colesterolo cattivo" rispetto al "colesterolo buono". Sono presenti naturalmente nei prodotti ricavati dagli animali ruminanti (carni e latte) o possono formarsi durante alcuni trattamenti industriali dei grassi vegetali e quindi trovarsi negli alimenti trasformati che li contengono.

### Il fabbisogno dei lipidi

Acidi grassi saturi (latticini, carni grasse, olio cocco) non più del 7-10% delle calorie totali.



Acidi grassi monoinsaturi (olio extravergine d'oliva) fino al 20% delle calorie totali.

Acidi grassi polinsaturi (olio di semi, pesce) circa il 7% delle calorie totali con un rapporto Omega-6/Omega-3 intorno a 5:1.

**Tabella - Livelli di assunzione raccomandati di acidi grassi essenziali**

Categoria	Età (anni)	w 6		w 3	
		% energia	g/die	% energia	g/die
Lattanti	0,5 - 1	4,5	4	0,2-0,5	0,5
Bambini	1 - 3	3	4	0,5	0,7
	4 - 6	2	4	0,5	1
	7 - 10	2	4	0,5	1
Maschi	11 - 14	2	5	0,5	1
	15 - 17	2	6	0,5	1,5
	ò 18	2	6	0,5	1,5
Femmine	11 - 14	2	4	0,5	1
	15 - 17	2	5	0,5	1
	ò 18	2	4,5	0,5	1
Gestanti		2	5	0,5	1
Nutrici		2	5,5	0,5	1

Fonte: LARN 1996

### **3.9 Vitamine Liposolubili**

Le vitamine liposolubili si trovano nei grassi dei condimenti o nelle parti grasse degli alimenti. Il loro assorbimento e trasporto nel tratto digerente necessita della presenza concomitante dei grassi e di normali funzioni

pancreatiche e biliari; una volta assorbite sono trasportate nella linfa per raggiungere il circolo sanguigno. Per il loro trasporto nel sangue richiedono dei *carrier* solubili nei lipidi.

Le vitamine liposolubili sono conservate nei tessuti adiposi e accumulate nel fegato. Elevate dosi di vitamine liposolubili, specie la A e la D, potrebbero essere dannose e quindi devono essere evitati eccessivi livelli di assunzione.

Essendo insolubili in acqua, queste vitamine non sono escrete con le urine e vengono così accumulate nell'organismo.

Le vitamine liposolubili sono :

- Vitamina A
- Vitamina E
- Vitamina D
- Vitamina K

### ***3.10 Vitamine Idrosolubili***

Le vitamine idrosolubili sono facilmente perse durante i processi di preparazione degli alimenti, in quanto sono solubili in acqua, ma anche in seguito all'esposizione alla luce e all'ossigeno atmosferico.

La loro natura idrosolubile permette a queste vitamine di essere assorbite nella via portale ematica e quando in eccesso, essere escrete attraverso le urine. Il nostro organismo ha una capacità limitata di conservare queste vitamine.

Con eccezione della vitamina C, le vitamine idrosolubili fanno parte del gruppo del complesso B.

### ***3.11 I Minerali***

Il residuo minerale della combustione dei tessuti animali è composto da elementi principali (calcio, fosforo, potassio, sodio, cloro, magnesio) presenti

in quantità relativamente elevata dell'ordine del grammo (macroelementi), e da piccole quantità dell'ordine del milligrammo o meno di altri elementi, (microelementi: ferro, zinco, rame, manganese, iodio, cromo, selenio, molibdeno, cobalto, ecc.).

I macro ed i microminerali entrano nella costituzione delle cellule e dei tessuti dell'organismo e derivano dagli alimenti e dalle bevande introdotti. Nell'organismo si trovano in differenti stati: nello stato solido come nello scheletro e nei denti; in soluzione, ionizzati o non ionizzati, nei liquidi extra ed intra cellulari.

Nella valutazione nutrizionale di un oligoelemento si deve tenere conto dei concetti di tossicità, essenzialità e biodisponibilità.

La tossicità è propria di tutti gli elementi, ed è soltanto funzione della concentrazione alla quale è esposto l'organismo: dalla risposta dell'organismo alle basse concentrazioni si deduce se l'oligoelemento è solo tollerato oppure è richiesto per assolvere a funzioni vitali.

Attualmente sono ritenuti essenziali circa 1/3 degli oligoelementi minerali conosciuti (cromo, manganese, ferro, cobalto, rame, selenio, molibdeno, iodio), anche se non per tutti sono stati messi in evidenza sintomi specifici di carenza nell'uomo.

Non sono stati ancora riconosciuti come essenziali altri elementi traccia o ultratraccia (così chiamati perchè presenti in concentrazioni inferiori al microgrammo per grammo di dieta) quali litio, vanadio, silicio, nickel, arsenico, piombo, fluoro.

Il numero di elementi definiti essenziali riflette lo stato delle conoscenze ad un certo momento: con il progredire delle ricerche e delle tecniche di rilevamento e di analisi, altri elementi potranno forse essere riconosciuti come essenziali.

Per biodisponibilità si intende la quota di elementi ingerita che è effettivamente assorbita, trasportata al sito di azione e convertita nella forma fisiologicamente (o tossicologicamente) attiva. Pertanto un alimento è in

grado di coprire il fabbisogno di un oligoelemento se questo è presente non solo in quantità corretta ma anche in forma biodisponibile.

La biodisponibilità è influenzata da fattori intrinseci o fisiologici (specie animale e genotipo; età e sesso; microflora intestinale ed eventuali infezioni intestinali; stati fisiologici particolari - crescita, gravidanza, allattamento -; abitudini alimentari e stato di nutrizione; stress ambientale e stato di salute; ligandi endogeni) e da fattori estrinseci o alimentari (forma chimica del minerale - stato di ossidazione, sale inorganico o chelato -; solubilità del complesso minerale; presenza di chelanti negli alimenti; quantità relativa di altri minerali, con meccanismi di antagonismo competitivo e non).

### Il fabbisogno dei minerali

I macrominerali o macroelementi, (calcio, fosforo, magnesio, sodio, potassio, cloro, zolfo) si trovano nell'organismo in quantità dell'ordine del grammo e vanno generalmente introdotti in dosi che variano da 100 mg a 1 g/die circa.

I microelementi o oligoelementi o minerali traccia, (ferro, zinco, rame, fluoro, iodio, selenio, cromo, manganese, molibdeno, cobalto, ecc., sono presenti nell'organismo in quantità dell'ordine di misura del milligrammo.

Gli elementi definiti "ultratraccia", così definiti perché presenti in quantità ancora più piccole, si parla di microgrammi (litio, vanadio, silicio, nichel, arsenico, piombo, ecc.) non sono ancora riconosciuti come essenziali per l'uomo.

I livelli di assunzione raccomandati di minerali, in base al fabbisogno soggettivo, sono riportati nella tabella sottostante che mostra inoltre i LARN degli altri nutrienti.

## LIVELLI DI ASSUNZIONE GIORNALIERI RACCOMANDATI DI NUTRIENTI PER LA POPOLAZIONE ITALIANA (L.A.R.N.), SOCIETÀ ITALIANA DI NUTRIZIONE UMANA,

Proteine (g) <sup>(3)</sup>	Acidi grassi essenziali (g) <sup>(4)</sup>		Calcio (mg)	Fosforo (mg) <sup>(6)</sup>	Potassio (mg)	Ferro (mg)	Zinco (mg)	Rame (mg)	Selenio (µg)	Iodio (µg) <sup>(9)</sup>	Tiamina (mg)	Riboflavina (mg)	Niacina (N.E.) (mg) <sup>(10)</sup>	Vit.B <sub>6</sub> (mg) <sup>(11)</sup>	Vit.B <sub>12</sub> (µg)	Vit. (µg)
	W 6	w 3														
15-19	4	0,5	600	500	800	7	4	0,3	8	50	0,4	0,4	5	0,4	0,5	35
13-23	4	0,7	800	800	800	7	4	0,4	10	70	0,6	0,8	9	0,7	0,7	40
21-28	4	1	800	800	1100	9	6	0,6	15	90	0,7	1,0	11	0,9	1	45
29-42	4	1	1000	1000	2000	9	7	0,7	25	120	0,9	1,2	13	1,1	1,4	45
44-65	5	1	1200	1200	3100	12	9	0,8	35	150	1,1	1,4	15	1,3	2	50
64-72	6	1,5	1200	1200	3100	12	9	1	45	150	1,2	1,6	18	1,5	2	60
62	6	1,5	1000	1000	3100	10	10	1,2	55	150	1,2	1,6	18	1,5	2	60
62	6	1,5	800	800	3100	10	10	1,2	55	150	1,2	1,6	18	1,5	2	60
62	6	1,5	1000	1000	3100	10	10	1,2	55	150	0,8	1,6	18	1,5	2	60
43-58	4	1	1200	1200	3100	12/18 <sup>(7)</sup>	9	0,8	35	150	0,9	1,2	14	1,1	2	50
56-57	5	1	1200	1200	3100	18	7	1	45	150	0,9	1,3	14	1,1	2	60
53	4,5	1	1000	1000	3100	18	7	1,2	55	150	0,9	1,3	14	1,1	2	60
53	4,5	1	800	800	3100	18	7	1,2	55	150	0,9	1,3	14	1,1	2	60
53	4,5	1	1200-1500 <sup>(5)*</sup>	1000	3100	10	7	1,2	55	150	0,8	1,3	14	1,1	2	60
59	5*	1	1200	1200	3100	30 <sup>(8)*</sup>	7	1,2	55	175	1	1,6	14	1,3	2,2	70
70	5,5	1	1200	1200	3100	18	12	1,5	70	200	1,1	1,7	16	1,4	2,6	90

### REVISIONE 1996

<sup>1</sup> I limiti superiori dell'intervallo di età si intendono fino al compimento del successivo compleanno (ad esempio con "1 - 3 anni" si intende da 1 anno appena compiuto fino al compimento del 4° anno). L'ultima classe di età della donna è "50 e più" poiché con la menopausa cambiano i fabbisogni di due importanti nutrienti: il calcio e il ferro. Nell'uomo l'ultima classe di età è "60 e più".

<sup>2</sup> Nei lattanti, bambini e adolescenti, gli intervalli di peso sono i valori di riferimento ripresi dalla tabella 1 del capitolo "Energia": il limite inferiore dell'intervallo corrisponde al peso delle femmine nella classe d'età più bassa, mentre il limite superiore corrisponde al peso dei maschi nella classe di età più elevata. Nell'adulto è stato riportato il peso desiderabile medio dei maschi e delle femmine nella popolazione italiana (vedi capitolo "Energia").

<sup>3</sup> Per stimare il fabbisogno in proteine, il Livello di Sicurezza (LS) è stato corretto per la qualità proteica della dieta e moltiplicato per i pesi corporei riportati nella prima colonna. Sia nei bambini che negli adulti è comunque preferibile calcolare il fabbisogno sulla base del peso dell'individuo o del gruppo di individui, utilizzando la tabella 3 del capitolo "Proteine e aminoacidi". Il valore di peso da utilizzare è quello osservato, con l'eccezione dei soggetti sottopeso e obesi per i quali va utilizzato il peso desiderabile (vedi capitolo "Energia").

<sup>4</sup> Il fabbisogno di acidi grassi w 6 aumenta dopo la 10a settimana di gravidanza.

<sup>5</sup> Nelle donne in età post-menopausale si consiglia un apporto di calcio da 1200 a 1500 mg in assenza di terapia con estrogeni. Nel caso di terapia con estrogeni, il fabbisogno è uguale a quello degli anziani maschi (1000 mg).

<sup>6</sup> Con l'eccezione del lattante, il livello di assunzione raccomandato di fosforo è uguale in grammi a quello del calcio, il che corrisponde ad un rapporto molare fosforo/calcio 1/1,3

<sup>7</sup> Il livello di assunzione raccomandato di ferro è di 18 mg nelle adolescenti mestruate e di 12 mg nelle altre.

<sup>8</sup> L'apporto di ferro in gravidanza che corrisponde alla minore morbosità e mortalità fetale e neonatale è tale da non potere essere facilmente coperto con un'alimentazione equilibrata, per cui si consiglia una supplementazione.

<sup>9</sup> Poiché la dieta è spesso carente di iodio, per la copertura dei fabbisogni si consiglia l'uso di sale arricchito con iodio.

<sup>10</sup> La niacina è espressa come niacina equivalenti in quanto comprende anche la niacina di origine endogena sintetizzata a partire dal triptofano (1 mg di niacina deriva da circa 60 mg di triptofano).

<sup>11</sup> Il fabbisogno in vitamina B6 è stato calcolato sulla base di 15 mg/g di apporto proteico e considerando che circa il 15% dell'apporto energetico è assicurato dalle proteine sia nel bambino che nell'adulto.

<sup>12</sup> Un aumento dell'apporto di folati nel periodo periconcezionale costituisce un fattore di protezione dalla spina bifida nel nascituro.

<sup>13</sup> La vitamina A è espressa in  $\mu$ g di retinolo equivalenti (R.E. = 1  $\mu$ g di retinolo = 6  $\mu$ g di betacarotene = 12  $\mu$ g di altri carotenoidi attivi)

<sup>14</sup> In gravidanza, per i noti effetti teratogeni legati ad eventuali dosi eccessive, vanno assunti supplementi di vitamina A solo dietro indicazione del medico, e comunque con dosi che non superino i 6 mg di R.E.

<sup>15</sup> Per la vitamina D, gli intervalli comprendenti lo zero indicano che il gruppo di popolazione considerato dovrebbe essere in grado di produrre un'adeguata quantità di vitamina D in seguito all'esposizione alla luce solare. Il valore più elevato dell'intervallo è la stima dell'apporto raccomandato per gli individui con sintesi endogena minima. Il valore singolo indica che è prudente, per tutti i soggetti della classe considerata, assumere (con la dieta o mediante supplementazione) la quantità indicata di vitamina D.

\* Per coprire tali fabbisogni potrà talvolta essere conveniente consumare alimenti fortificati o completare l'apporto dietetico con una supplementazione.

Fonte: LARN 1996.