

Responsabile Scientifico

Prof. Marco A. Minetto

Dipartimento di Scienze Chirurgiche - Università degli Studi di Torino

Comitato Scientifico

M. Marangon, G. Massazza, M.A. Minetto, M. Trucco

Crediti ECM

Evento n. 346-326304 accreditato per **Medici Chirurghi** specializzati in:

Endocrinologia, Medicina Generale (Medici di Famiglia), Geriatria,
Medicina Fisica e Riabilitazione, Medicina Interna, Medicina dello Sport, Reumatologia,
Ortopedia e Traumatologia, **Fisioterapisti, Infermieri.**

70 posti disponibili. Assegnati 5 crediti formativi.

L'assegnazione dei crediti formativi sarà subordinata alla partecipazione effettiva all'intero programma formativo, alla verifica di apprendimento e al rilevamento delle presenze. L'attestato di partecipazione riportante il numero di crediti formativi verrà consegnato successivamente al partecipante dopo aver effettuato tutte le verifiche necessarie.

Obiettivi formativi

Linee guida - protocolli - procedure.

Modalità di iscrizione

Dal sito www.e-belf.it: entrare in "Eventi Residenziali", selezionare l'evento e compilare l'apposito form d'iscrizione. Completata la registrazione inviare ed attendere ricevimento e-mail di conferma.

Le iscrizioni verranno accettate in ordine di arrivo, sino ad esaurimento dei posti disponibili.

Segreteria Organizzativa e Provider ECM



e-belf di Elisabetta Bersezio e C. s.a.s.
C.so Regina Margherita 89, 10124 Torino
Tel. 011.884376 - Fax 011.19850522
www.e-belf.it | e-belf@hotmail.it

Con il contributo non condizionante di:



Osteoforum

**la salvaguardia dell'osso
e del muscolo
nel paziente
con fragilità
muscolo-scheletrica**



Torino
24 settembre 2021
Aula Magna Dental School
Via Nizza 230

Con il patrocinio di



Razionale Scientifico

Le analisi di composizione corporea e l'inquadramento della fragilità e del dolore muscolo-scheletrico sono strumenti essenziali nella riabilitazione dei pazienti affetti da patologia muscolo-tendinea ed osteo-articolare in quanto pre-requisito indispensabile per l'appropriata identificazione delle terapie farmacologiche e fisiche utili al progetto riabilitativo.

Obiettivo del corso ECM è la presentazione e discussione delle moderne strategie di:

- i. analisi di composizione corporea
- ii. valutazione della struttura e della qualità del tessuto osseo
- iii. principali farmaci utilizzati nei percorsi di riabilitazione metabolica
- iv. nuove tecnologie per la riabilitazione metabolica
- v. nuove tecnologie per la neuro-riabilitazione

Relatori

Chiara Busso	Università degli Studi di Torino
Paolo Capodaglio	Università degli Studi di Torino IRCCS Istituto Auxologico Italiano - Piancavallo (VB)
Piera Lalli	AOU Città della Salute della Scienza - Torino
Claudia Mautino	AOU Città della Salute della Scienza - Torino
Carmelo Messina	Università degli Studi di Milano IRCCS Istituto Ortopedico Galeazzi - Milano
Massimo Migliorini	Links Foundation - Torino
Angelo Pietrobelli	Università degli Studi di Verona

Programma Scientifico

- 13.30 Introduzione**
Marco Alessandro Minetto (Torino)
- 14.00 Metodi e strumenti per la valutazione della struttura e della qualità del tessuto osseo**
Carmelo Messina (Milano)
- 14.45 Fragilità scheletrica nel paziente in esiti di mielolesione**
Claudia Mautino, Piera Lalli (Torino)
- 15.30 Break**
- 15.45 Metodi e strumenti per la valutazione della struttura e della qualità della composizione corporea**
Angelo Pietrobelli (Verona)
- 16.30 Farmaci per il controllo del peso e del dolore in riabilitazione metabolica**
Paolo Capodaglio (Torino - Piancavallo)
- 17.15 Nuove tecnologie per la riabilitazione metabolica: l'antropometria digitale**
Chiara Busso (Torino)
- 17.45 Il progetto INVENTA**
Tecnologie di realtà virtuale ed aumentata per rafforzare l'accessibilità del patrimonio culturale verso le categorie fragili e i degenti ospedalieri
Massimo Migliorini (Fondazione Links - Torino)
- 18.15 Discussione**
- 18.30 Questionari ECM e chiusura del corso**

Osteoforum

la salvaguardia dell'osso
e del muscolo
nel paziente
con fragilità
muscolo-scheletrica



Torino

24 settembre 2021

Aula Magna Dental School
Via Nizza 230

Responsabile Scientifico

Prof. Marco A. Minetto

Dipartimento di Scienze Chirurgiche - Università degli Studi di Torino

**Metodi e strumenti per
la valutazione della
struttura e della qualità
del tessuto osseo**

Carmelo Messina M.D.

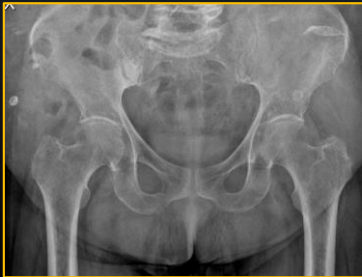
Istituto Ortopedico Galeazzi



I.R.C.C.S. ISTITUTO ORTOPEDICO
GALEAZZI

**No conflict of interests
to disclose.**

Definizione Osteoporosi NIH



L'osteoporosi è una malattia sistemica dell'osso caratterizzata da:

- *Ridotta massa ossea*
- *Deterioramento microarchitetturale*



**COMPROMISSIONE
RESISTENZA OSSEA**



**INCREMENTO RISCHIO DI
FRATTURA**

NIH Consensus Development Panel on Osteoporosis. JAMA 285 (2001): 785-95

Rheumatology 2009;48:iv3-iv8

doi:10.1093/rheumatology/kep273

Microarchitecture, the key to bone quality

Maria Luisa Brandi¹

Osso sano



Osteoporosi



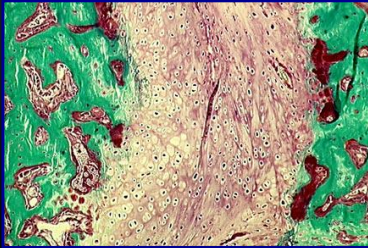
**PARAMETRI
QUALITA'**



Geometria trabecole, grado di mineralizzazione, rimodellamento osseo, microdanno

BIOPSIA OSSEA

- Valutazione istomorfometrica di campioni della cresta iliaca
- Metodo di riferimento per la valutazione diretta della microarchitettura ossea
- **Limiti**
 - Invasiva, dolorosa
 - Sito osseo diverso da quelli delle fratture osteoporotiche



Recker R. Bone. 2011 November; 49(5): 955–964.

TEST MECCANICI SU CAMPIONI OSSEI

- Test compressione e bending a livello delle ossa lunghe, vertebre e femore prossimale
- Valutazione diretta della resistenza alla frattura e rigidità ossea



Processo distruttivo, può essere fatto solo ex vivo

BONE STRENGTH PARAMETERS AND IMAGING ASSESSMENT

Quantità ossea (70%)

BMD/BMC

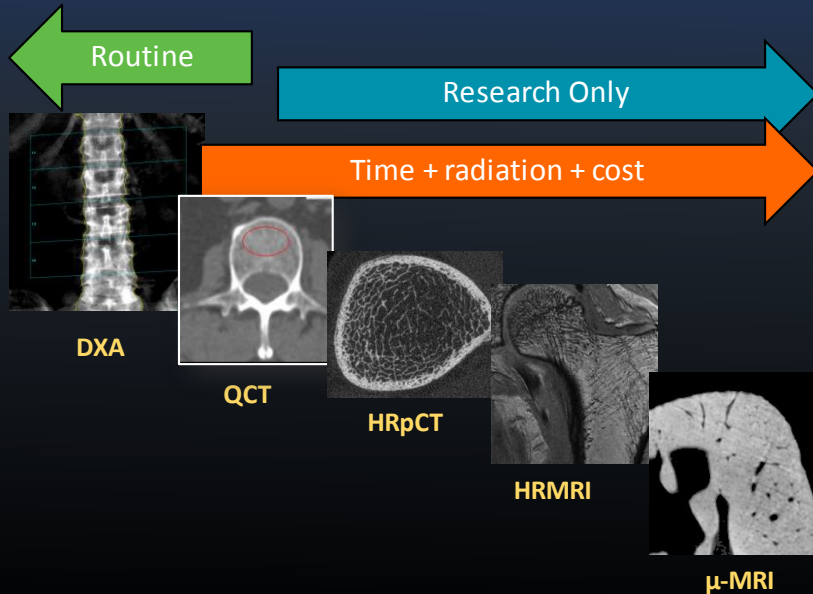
- Osso intero → **DXA**
- Osso *corticale* e *trabecolare* separatamente
- → **CT & QCT**

Qualità ossea (30%)

- Geometria 2D → **DXA**
- Geometria 3D
 - **CT & QCT**
- Microarchitettura
 - **CT & QCT**
 - **High resolution CT**
 - **High resolution MRI**
- Rimodellamento osseo
 - **Serum biomarkers**

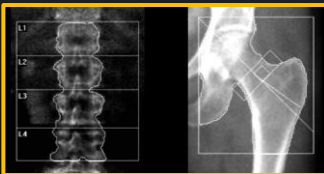
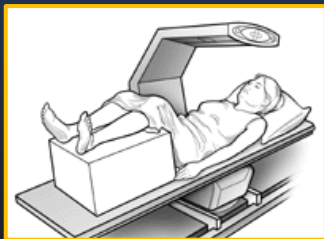
Adapted from: Adams, J. E. Nat. Rev. Endocrinol. 9, 28–42 (2013)

Bone Evaluation



Adapted (courtesy) from D. Hans and R. Muller

Tecniche densitometriche: la MOC



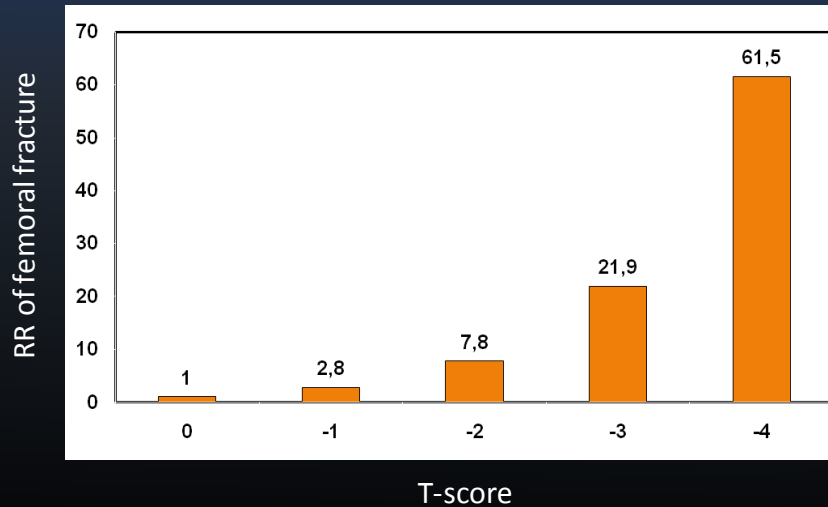
Dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) è la tecnica densitometrica ossea più usata al mondo.

- Tempi di scansione molto brevi
- Bassa dose al paziente (μSv)
- Buona precisione e accuratezza

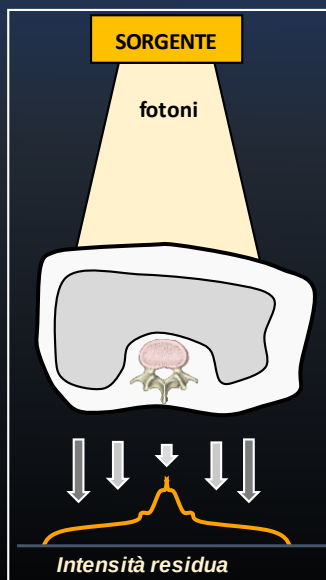
Bone Mineral Density (BMD) misurata con la MOC è uno dei maggiori determinanti della resistenza ossea e del rischio di frattura

Kanis et al. Osteoporos Int (2013) 24:23–57

BONE DENSITY AND FRACTURE RISK



Mineralometria ossea computerizzata



Tecnica basata sulle leggi dell'assorbimetria fotonica

Grado attenuazione dipende vari fattori:

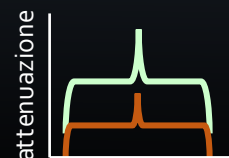
- energia raggi-X
- densità corporea
- spessore corporeo

- **Bassa energia (30-50 kV)**

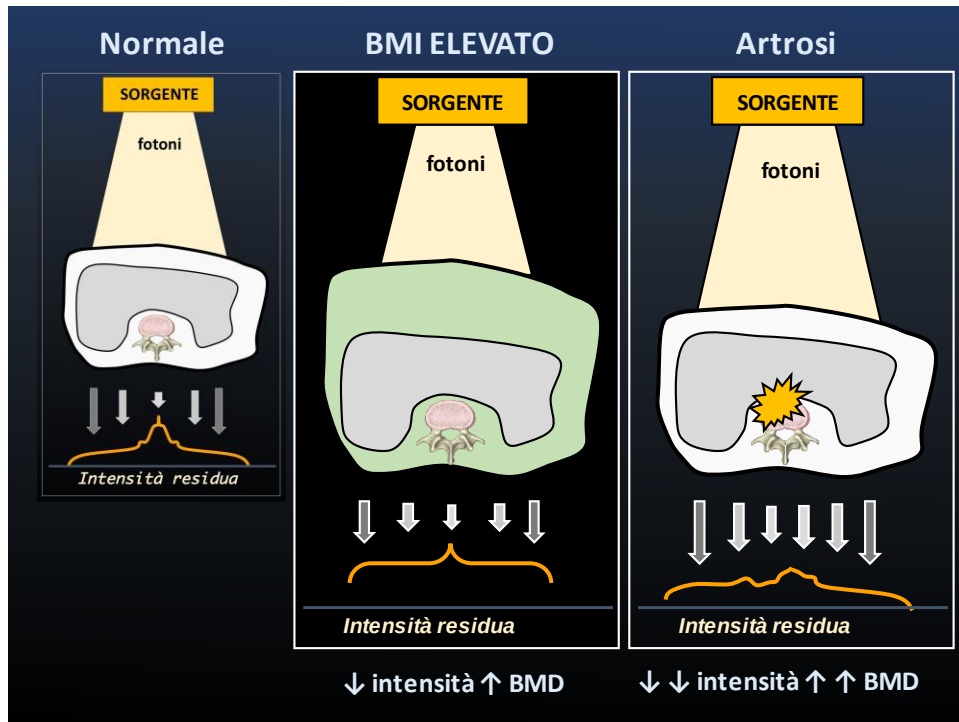
Attenuazione osso maggiore dei tessuti molli

- **Alta energia (>70 kV)**

Attenuazione osso simile a quella dei tessuti molli

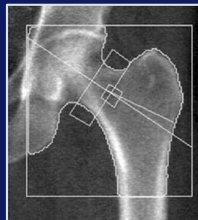


Kanis et al. Osteoporos Int (2013) 24:23–57

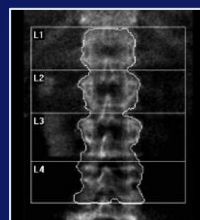


QUALI SITI ESAMINARE

FEMORE PROSSIMALE



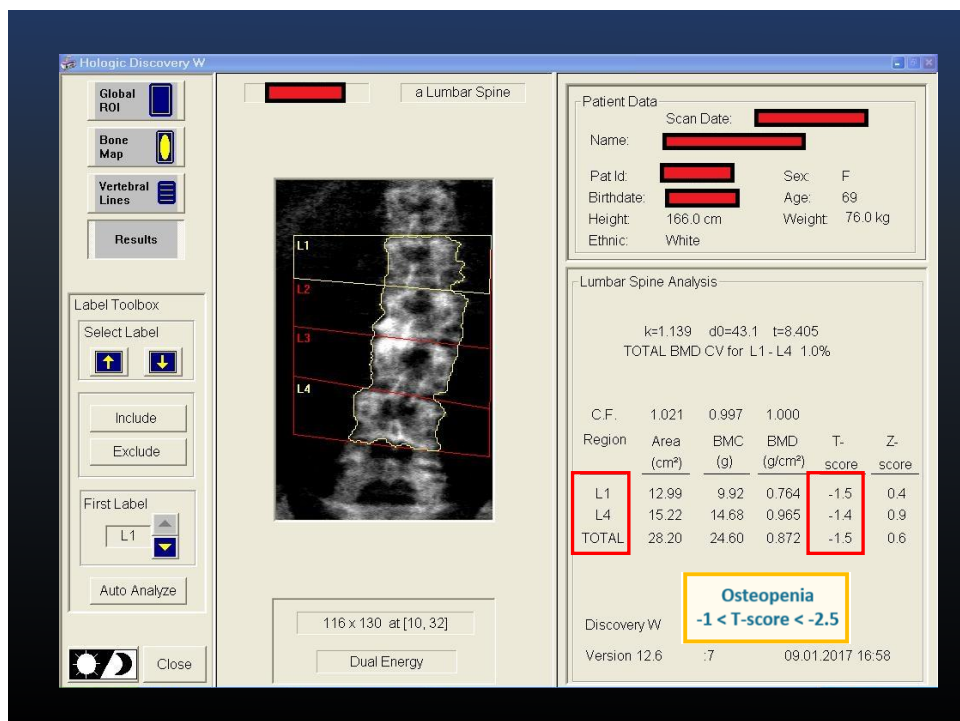
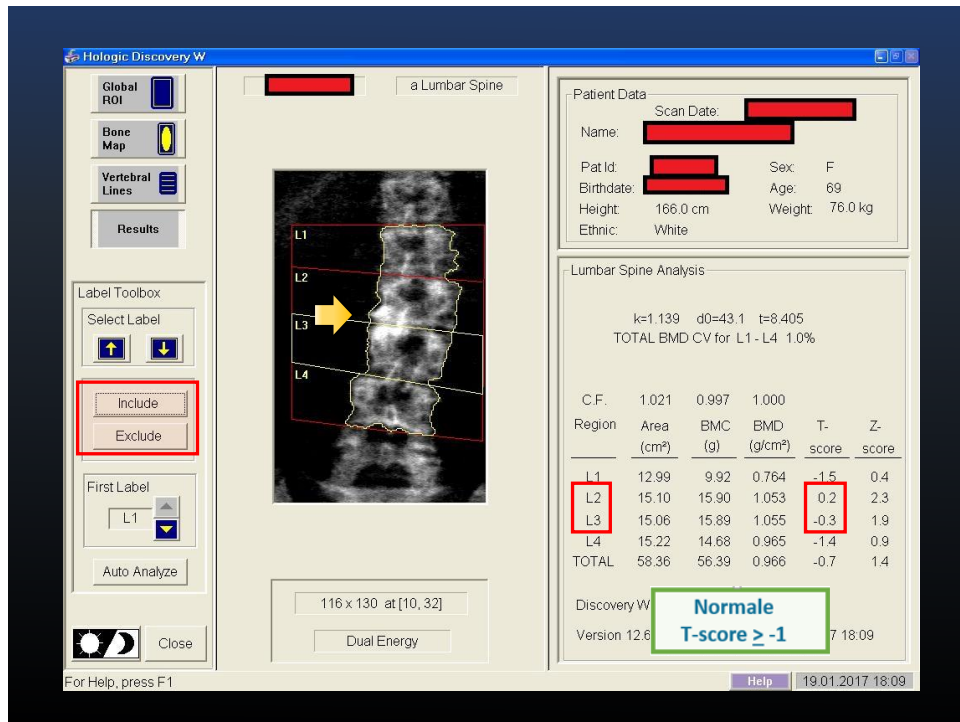
COLONNA LOMBARE



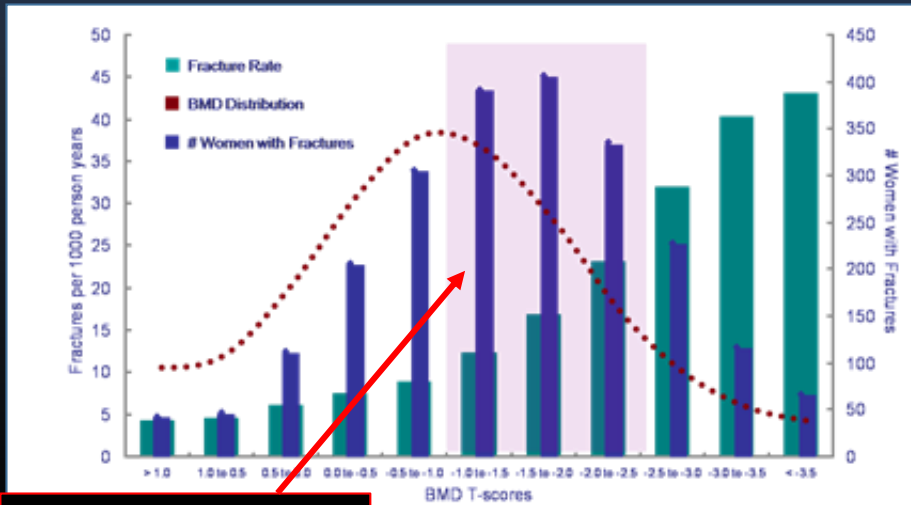
Perché entrambi i siti?

1. Possibile discordanza tra colonna e femore
2. Predicono rispettivamente per frattura lombare/femorale
3. Possibile sviluppo di fattori confondenti (artrosi, protesi) che limitano il follow-up di uno dei due siti

Messina et al. Semin Musculoskelet Radiol 2016;20:246–253.



Fracture Rates, Population BMD Distribution and Number of Fractures in NORA

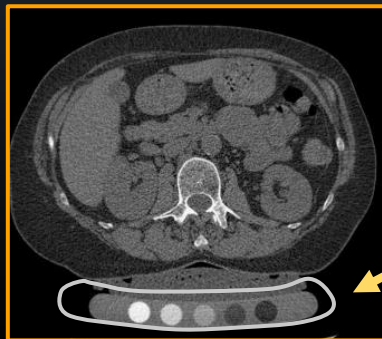


A third of osteoporotic fractures occurs in the osteopenic Zone

Siris, E. S., et al. Arch Intern Med 2004 164:1108-12, with permission.
Copyright © 2004 American Medical Association

QUANTITATIVE COMPUTED TOMOGRAPHY - QCT

- Le scansioni sono effettuate su tomografi standard
- Necessaria **CALIBRAZIONE** per conversione valori di densità TC (unità Hounsfield) in BMD (mg idrossiapatite/cm³)
- **CALIBRAZIONE SINCRONA**: fantoccio di calibrazione posto sotto al paziente



fantoccio contenente materiali con proprietà d'attenuazione simili all'osso, a varia concentrazione

Eur J Radiol. 2009 Sep;71(3):415-24

QUANTITATIVE COMPUTED TOMOGRAPHY - QCT

CALIBRAZIONE «ASINCRONA»

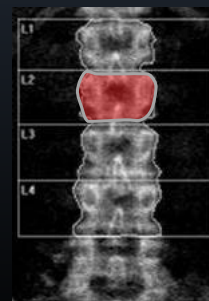
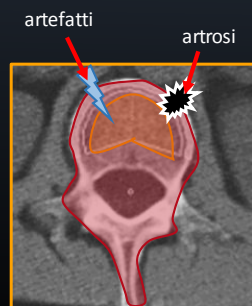
- HU $\rightarrow$ BMD g/cm³
- non necessita di fantoccio durante scansione
- dati di calibrazione ottenuti separatamente in assenza del paziente, anche dopo esecuzione TC
- Sì analisi retrospettive



QUANTITATIVE COMPUTED TOMOGRAPHY - QCT

Vantaggi rispetto alla DXA

- Permette misurazioni volumetriche reali, indipendenti dalle dimensioni corporee
- Permette di misurare la densità del solo **osso trabecolare**
 - Più sensibile alle variazioni densitometriche nel tempo



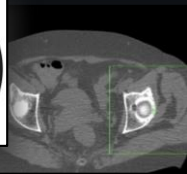
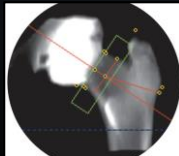
Black DM. N Engl J Med 2003;349(13):1207–1215.

CRITERI DIAGNOSTICI QCT

FEMORE: QCT = DXA

valori T-score come da criteri WHO
(World Health Organization)

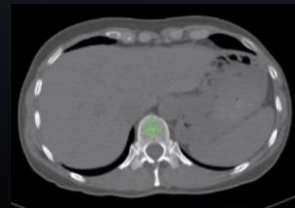
T-SCORE	
Compare BMD results with young adult (age 25-30 years old)	
Normal T-score ≥ -1	  
Osteopenia $-1 < \text{T-score} < -2.5$	
Osteoporosis T-score ≤ -2.5	



COLONNA: QCT $\neq$ DXA

valori BMD *volumetrica* come da criteri
ACR (American College of Radiology)

QCT Trabecular Spine BMD Range	Equivalent WHO Diagnostic Category
BMD $> 120 \text{ mg/cm}^3$	Normal
$80 \text{ mg/cm}^3 \leq \text{BMD} \leq 120 \text{ mg/cm}^3$	Osteopenia
BMD $< 80 \text{ mg/cm}^3$	Osteoporosis



CASO ESEMPIO



Orientation
☒ AP
☐ Lateral

Threshold

Reproject

198 axial images found in data set.
 Upper Slice: 4
 Lower Slice: 195
 Number of Slices: 192

☐ Display From Bottom
☐ Use Single Line Mode
☐ Enable Measurement Tool

Point 1:
Point 2:

Exam Results

T11 -
T12 -
L1 27,66 mg/cm³
L2 44,06 mg/cm³
L3 31,00 mg/cm³
L4 -

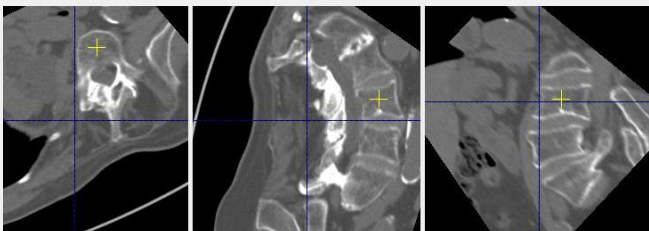
Average: 34,24 mg/cm³

Z-Score: -1,25
T-Score: -5,16

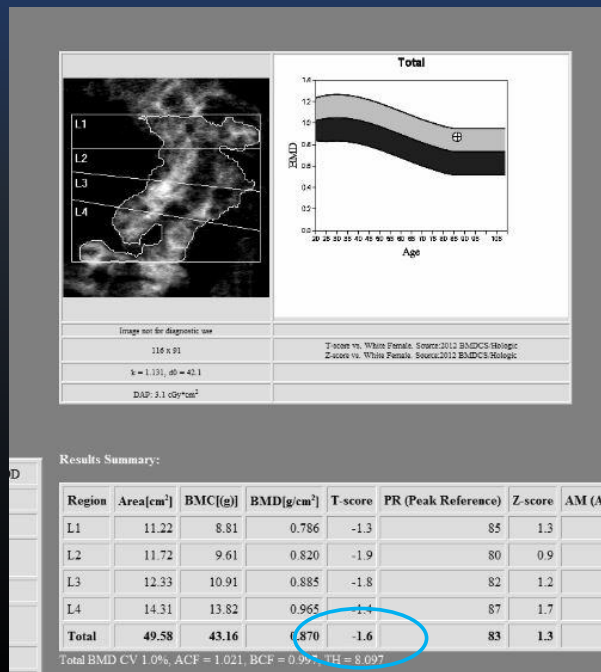
Axial

Sagittal

Coronal



CASO ESEMPIO



QUANTITATIVE COMPUTED TOMOGRAPHY - QCT

svantaggi rispetto alla DXA

- Numero limitato di studi scientifici sulla predizione del rischio di frattura
- DOSE MAGGIORE DI RADIAZIONI AL PAZIENTE



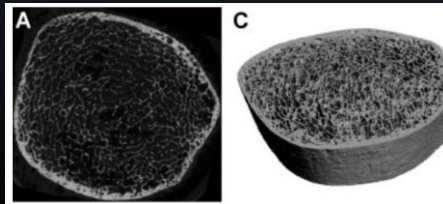
Esame	Dose effettiva(μSv)
DXA (colonna e femore)	5-20
2D q-CT, scout e tre sezioni (10mm)	60
3d q-CT colonna (L1-L2)	1500
3d q-CT femore	2900
3d q-CT radio	<10
HR pq-CT	<3
Radiogramma torace PA	20
TC addominale	8000

Link T.M, Radiology. 2012 Apr;263(1):3-17

High-Resolution Peripheral QCT

HR-pQCT: modalità di studio in vivo dello scheletro periferico

- Microarchitettura 3D osso trabecolare
- Porosità osso corticale
- Parametri geometrici e volumetrici
- Tibia e radio distale siti più comuni
- Voxel isotropici: fino a 60 μm



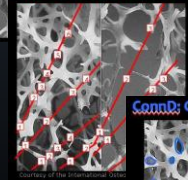
Tibia distale con immagine ricostruita

TbSp : Trabecular spacing

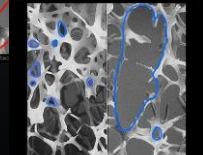


**Parametri
microarchitetturali**

TbN: trabecular number



ConnD: Connectivity density

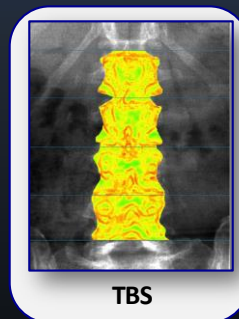


Liu J Bone Miner Res. 2010 Apr;25(4):746-56

MICROARCHITETTURA: NELLA PRATICA CLINICA??

Il Trabecular Bone Score

Indice strutturale basato sulle **variazioni di grigio** ottenuto direttamente dalla proiezione bidimensionale della DEXA lombare



TBS è
misurato
sulla stessa
area della
DEXA

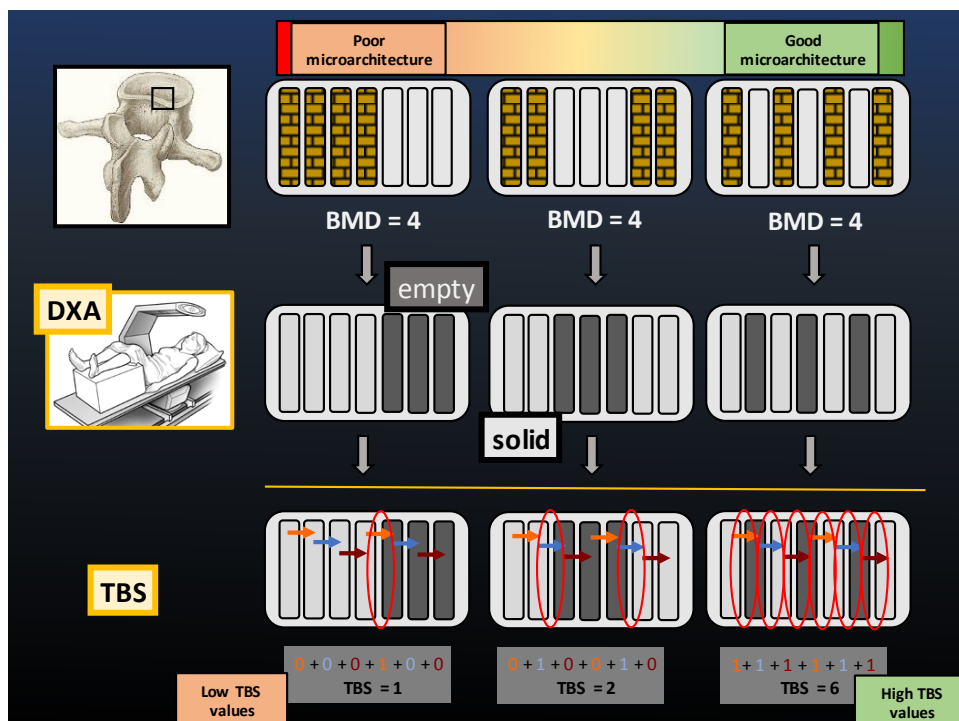
Non è una misura diretta della microarchitettura ossea



“score” o punteggio ottenuto dalla proiezione di
strutture 3D su un piano bidimensionale

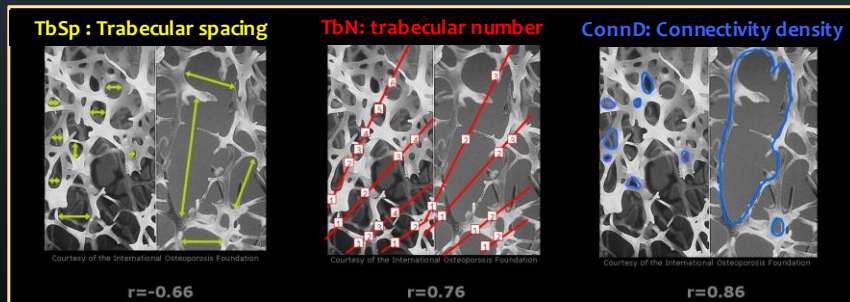


Silva et al. J Bone Miner Res. 2014 Mar;29(3):518-30.



Con quali parametri di qualità correla? **IN-VITRO STUDIES**

- TBS is correlated with Parfitt's parameters of bone microarchitecture
- These correlations are independent of areal bone mineral density.



HIGH TBS : TbSp
connD ↓

↑ TbN

↑



LOW TBS : TbSp
connD ↑

↓ TbN

↓



Pothuaud. Bone 2008;42(4):775-87

These are the Adult Official Positions of the ISCD as updated in 2019.

Indications for Bone Mineral Density (BMD) Testing

Trabecular Bone Score (TBS)

- TBS is associated with vertebral, hip and major osteoporotic fracture risk in postmenopausal women.
- TBS is associated with hip fracture risk in men over the age of 50 years.
- TBS is associated with major osteoporotic fracture risk in men over the age of 50 years.
- TBS should not be used alone to determine treatment recommendations in clinical practice.
- TBS can be used in association with FRAX and BMD to adjust FRAX-probability of fracture in postmenopausal women and older men.
- In patients receiving anti-fracture therapy:
 - The role of TBS in monitoring anti-resorptive therapy is unclear.
 - TBS is potentially useful for monitoring anabolic therapy.
- TBS is associated with major osteoporotic fracture risk in postmenopausal women with type II diabetes.

ISCD OFFICIAL POSITIONS 2019 FOR TBS MONITORING

- The role of TBS in monitoring antiresorptive therapy is unclear.

Grade: Good-A

	BMD	TBS	
ORAL BIPHOSPHONATES			TBS changes are well below the LSC for TBS
ZOLEDRONIC ACID			Mean TBS increase statistically significant but below the LSC for TBS
DENOSUMAB			80% of patients did not have a gain in TBS that exceeded the LSC (3yr).

- TBS is potentially useful for monitoring anabolic therapy.

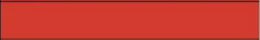
Grade: Fair-B

TERIPARATIDE ABALOPARATIDE			Significant increase of TBS values (LSC?) << TBS may represent a poor treatment response
	BMD	TBS	

Come si valuta il TBS

Level of risk based on classification of the WHO (BMD minimum T-s)				
		BMD T-score*		
		Normal	Osteopenia	Osteoporosis
Risk level based on TBS of the spine	>1.310			
	≤1.310 and >1.230			
	≤1.230			



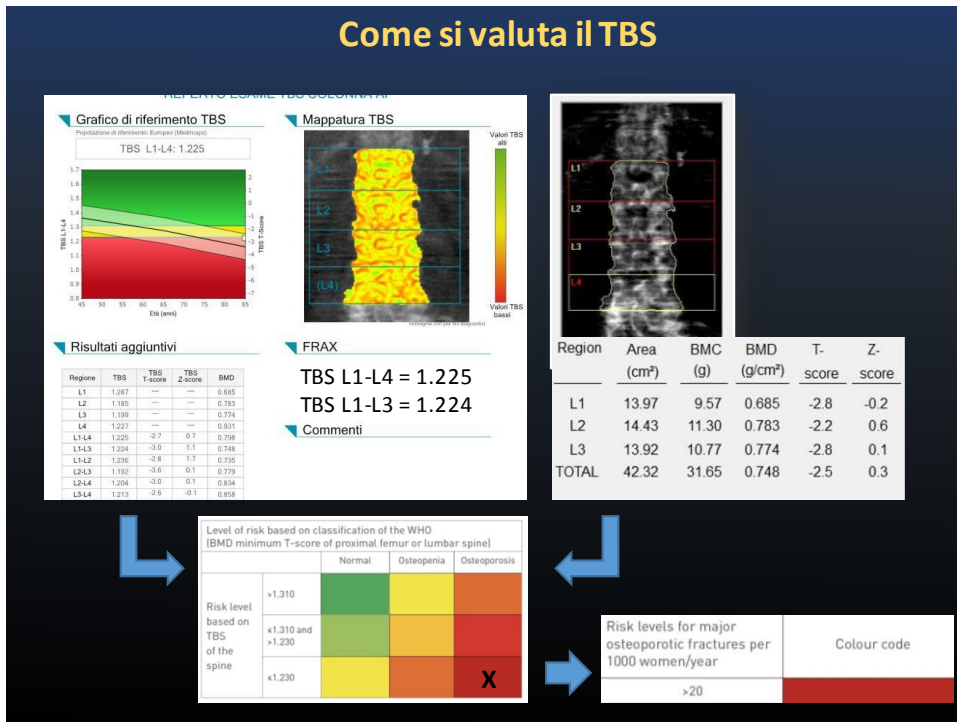
Risk levels for major osteoporotic fractures per 1000 women/year	Colour code
>20	
>14 and ≤20	
>10 and ≤14	
>7 and ≤10	
>5 and ≤7	
>4 and ≤5	
≤4	



J Bone Miner Res. 2011
Nov;26(11):2762-9

J Bone Miner Res. 2016
May;31(5):940-8

Come si valuta il TBS



Integrare il TBS col FRAX

Paese: **Italia** Nome/Ci: **Antonia** [sui fattori di rischio](#)

Questionario:

1. Età (Fra 40 e 90 anni) oppure Data di Nascita
Età: Data di Nascita: A: M: D:

2. Sesso ☐ Maschio ☒ Femmina

3. Peso (kg)

4. Altezza (cm)

5. Frattura pregressa ☐ No ☒ Sì

6. Genitori con femore fratturato ☒ No ☐ Sì

7. Fumatore abituale ☒ No ☐ Sì

8. Cortisonici ☒ No ☐ Sì

9. Artrite reumatoide ☒ No ☐ Sì

10. Osteoporosi secondaria ☒ No ☐ Sì

11. Alcol: 3 unità o più al giorno ☒ No ☐ Sì

12. BMD al collo femorale (g/cm²)
Hologic

BMI: 21.6
Probabilità di frattura a 10 anni (%).

con BMD

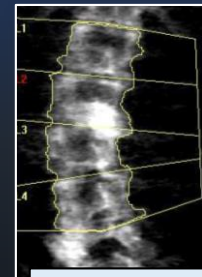
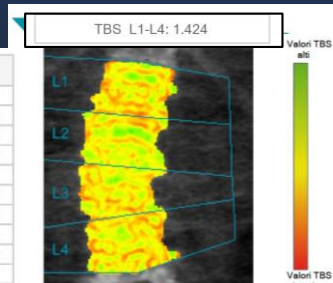
Principali (fratture) osteoporotiche	16
Frattura d'anca	4.9

Se si dispone di un valore di TBS, clicca qui:

TBS e ARTROSI

2015

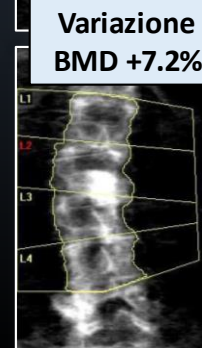
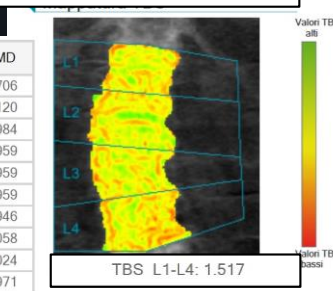
Regione	TBS	TBS T-score	TBS Z-score	BMD
L1	1.345	---	---	0.757
L2	1.602	---	---	1.066
L3	1.403	---	---	0.835
L4	1.347	---	---	0.895
L1-L4	1.424	-0.5	2.9	0.891
L1-L3	1.450	-0.5	3.6	0.890
L1-L2	1.473	-0.1	4.3	0.916
L2-L3	1.502	-0.1	3.6	0.954
L2-L4	1.451	-0.3	2.9	0.933
L3-L4	1.375	-0.8	1.7	0.867



Variazione TBS +6.2%

2018

Regione	TBS	TBS T-score	TBS Z-score	BMD
L1	1.486	---	---	0.706
L2	1.638	---	---	1.120
L3	1.562	---	---	0.984
L4	1.382	---	---	0.959
L1-L4	1.517	0.5	---	0.959
L1-L3	1.562	0.8	---	0.959
L1-L2	1.562	0.9	---	0.946
L2-L3	1.600	1.0	---	1.058
L2-L4	1.527	0.6	---	1.024
L3-L4	1.472	0.2	---	0.971



Variazione BMD +7.2%

TBS + BMI + ARTROSI??

Scan Information:

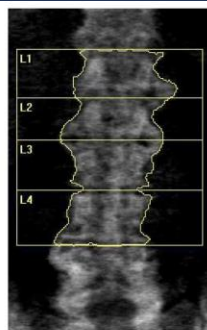
BMI = 36

Operator: Spine
a.c.
Model: Discovery W (S/N 81241)

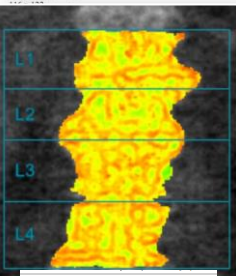
DXA Results Summary:

Region	Area (cm²)	BMC (g)	BMD (g/cm³)	T-score	PR (%)	Z-score	AM (%)
L1	15.65	15.27	0.975	-0.1	99	1.0	112
L2	14.42	14.45	1.002	-0.2	97	1.0	112
L3	15.56	15.72	1.011	-0.7	93	0.6	107
L4	17.16	17.91	1.044	-0.2	98	1.2	114
Total	62.79	63.35	1.009	-0.3	96	0.9	111

Total BMD CV 1.0%, ACP = 1.021, BCF =
WHO Classification: Normal
Fracture Risk: Not Increased



k = 1.125, d0 = 41.4



Regione	TBS	TBS T-score
L1	1.232	---
L2	1.270	---
L3	1.192	---
L4	1.149	---
L1-L4	1.211	-2
L1-L3	1.231	-2
L1-L2	1.251	-3
L2-L3	1.231	-3
L2-L4	1.203	-3
L3-L4	1.170	-3



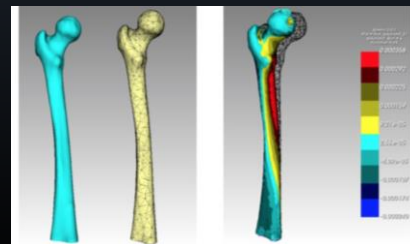
Possibili tecniche alternative per predire la resistenza ossea:

Finite Element Analysis (FEA)

- Applicazione del metodo matematico detto «ad elementi finiti» alle immagini
1. Analisi ad elementi finiti delle immagini **DXA**
 2. Analisi a elementi finiti delle immagini ad alta risoluzione dell'osso (**CT-based FEA, MR-based FEA**)

Altri metodi

- Ecografia
- Reference point indentation



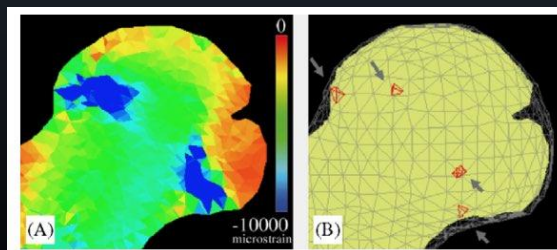
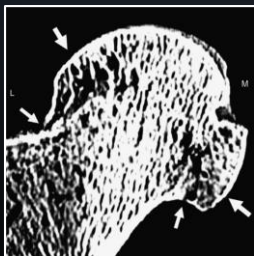
Finite element analysis

Analisi a elementi finiti (FEA)

- **L'analisi a elementi finiti (FEA)** è la simulazione di specifici fenomeni fisici mediante l'utilizzo del metodo matematico detto ad elementi finiti
- Il metodo a elementi finiti si basa sull'idea che un oggetto «complesso» possa essere suddiviso in **tanti elementi più piccoli**, così da rendere più semplice la soluzione dei problemi



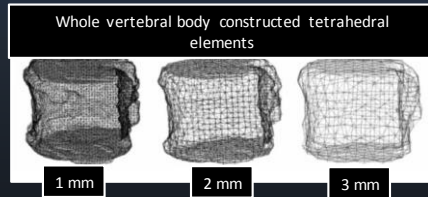
Predizione del punto in cui l'osso è a maggior rischio di frattura



QCT-FEA and mechanical cortical surface strains

Journal of Biomechanics 40 (2007) 1745–1753

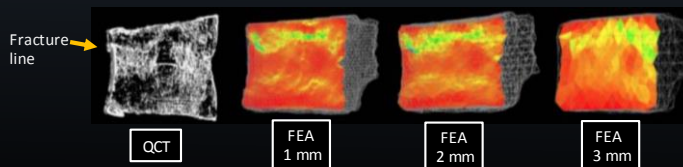
Quantitative Computed Tomography-Based FEA



Strong **linear correlation** between the analysed bone strength by the CT/FEA and the measured bone strength by mechanical testing

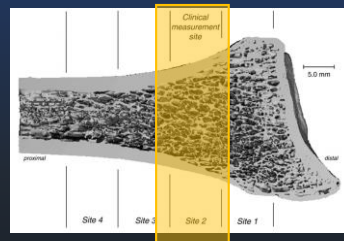
- 1 mm $\rightarrow r = 0.938, p < 0.0001$
- 2 mm $\rightarrow r = 0.978, p < 0.0001$
- 3 mm $\rightarrow r = 0.866, p < 0.0001$

Strain distribution after mechanical testing

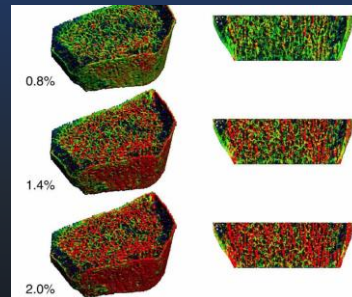


IMAI K. Aging Dis. 2015 Jun 1;6(3):180-7

Peripheral QCT-FEA

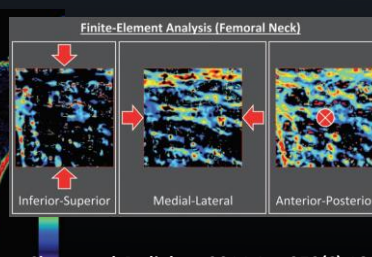
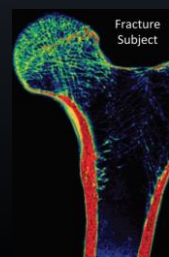
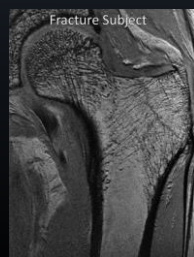


Higher stiffness

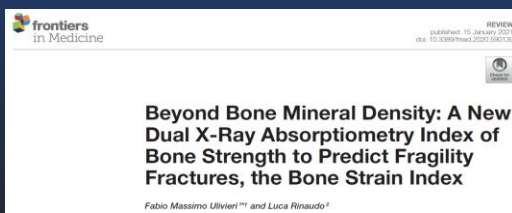


J.A. MacNeil, S.K. Boyd / Bone 42 (2008) 1203–1213

High-resolution MRI FEA



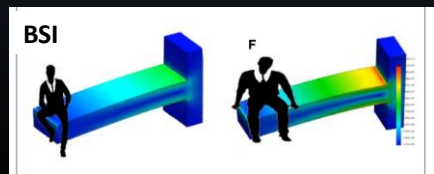
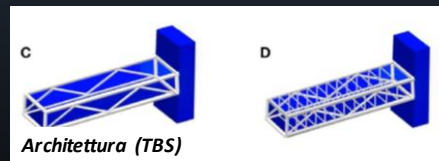
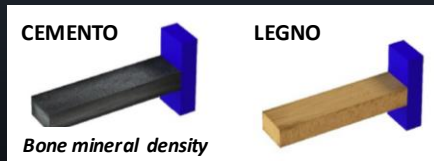
Chang et al. Radiology. 2014 Aug;272(2):464-74



BONE STRAIN INDEX

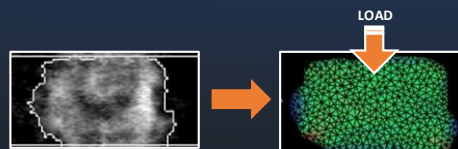
Un nuovo indice densitometrico di resistenza ossea
(metodo ad elementi finiti)

- Misura la deformazione dell'osso in base alla sua **morfologia**, **durezza** e a caratteristiche specifiche del **paziente**

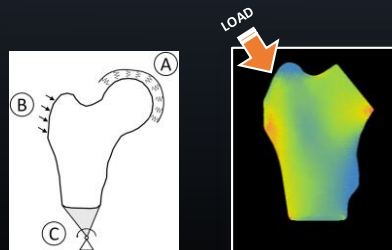


geometria dell'osso +
carico applicato

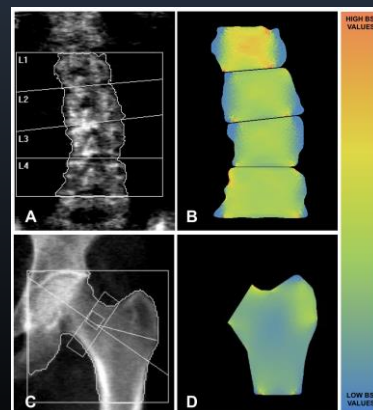
Area DXA suddivisa in numerosissimi triangoli, quindi viene applicato il modello sperimentale dell'analisi a elementi finiti



Modello vertebrale con carico simulato dall'alto



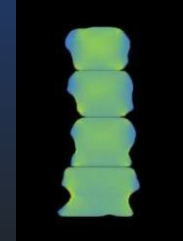
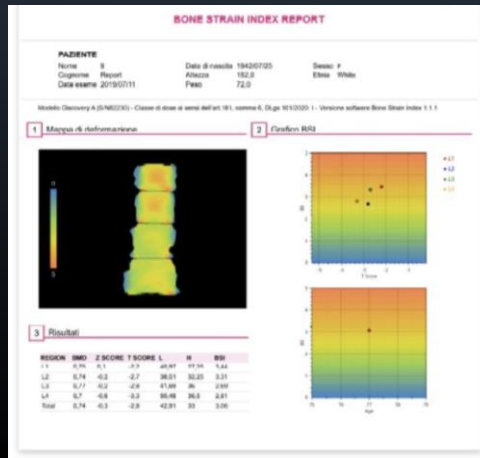
Modello femorale con carico simulato sul grande trocantere (simulazione caduta)



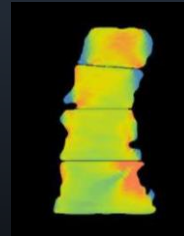
Utilizzo nella pratica clinica

Resistenza al carico

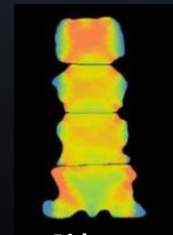
Normale	BSI ≤ 1.68	
Parzialmente ridotta	$1.68 < \text{BSI} < 2.40$	
Ridotta	$\text{BSI} \geq 2.40$	



Normale



Parzialmente ridotta



Ridotta

Osteoporos Int. (2021) 32:85–91

TABLE 1 | Bone Strain Index reproducibility and clinical studies.

Topic	Author	Year	Patients no.	Main findings
In vivo reproducibility	Messina et al.	2020	30	BSI in vivo reproducibility of Total Femur (CoV = 3.89%, reproducibility = 89.22%) was better compared to that of Femur Neck (CoV = 4.17%, reproducibility = 88.46%).
Prediction of vertebral re-fracture (multicentric retrospective study)	Messina et al.	2020	234	BSI hazard ratio (95% CI) of incident re-fracture for each unit increase was 1.372 (1.038–1.813), p-value = 0.0261, proportionality test p-value: 0.5179.
Bone geometry and structural indexes in Mastocytosis (retrospective study)	Ulivieri et al.	2020	96	Tryptase showed a statistically inverse correlation with Lumbar Spine BMD ($r = -0.2326$; $p = 0.0226$) and with TBS ($r = -0.2801$; $p = 0.0057$) and a direct correlation with Lumbar BSI ($r = 0.2759$; $p = 0.0065$). In the multivariate regression model only the Lumbar BSI remained statistically significant in systemic Mastocytosis ($p = 0.0064$) and non-systemic Mastocytosis ($p = 0.0338$).
Prediction of vertebral re-fracture (multicentric retrospective study)	Ulivieri et al.	2020	143	The hazard ratio of re-fracture for each unit increase of BSI, BMD and TBS were, respectively, 1.201, 0.231, and 0.034. BSI resulted in being the nearest to the statistical significance to predict a re-fracture, with greater values associated with higher re-fracture risk.
DXA parameters response to Teriparatide (retrospective study)	Messina et al.	2020	40	In the entire population, the ameliorations after therapy regarded BSI (-13.9%), TBS (5.06%), BMD (8.36%). Significant HSA variations were shown only at the femoral shaft, but of very small entity [FS_BMD (0.23%), FS_CSA (-0.98%), FS_SEC_MOD (-2.33%) and FS_BR (1.62%)].
In vivo reproducibility	Messina et al.	2020	150	BSI best reproducibility value was observed in the group with BMI between 25 and 30 kg/m ² (CoV 1.97%, reproducibility 94.5%), while the worst was in the group with BMI > 30 kg/m ² (CoV 3.96%, reproducibility 89.0%). BSI reproducibility progressively worsened from lower BMI to higher BMI, but the amount of this reduction was never statistically significant.
In vitro reproducibility and soft tissue thickness influence	Messina et al.	2019	Phantom based study	The highest value of BSI reproducibility was 98.3% (1-cm soft tissue thickness, HD-mode), whereas the lowest one was 96.1% (6 cm soft tissue thickness, HD-mode). Variations between scans with superimposed 0–6 cm thickness of soft tissue were between 0.76% and 1.46% for BMD, and between 1.03% and 1.57% for BSI.
DXA derived parameters in haemophilic patients (retrospective study)	Ulivieri et al.	2018	70	A reduced bone mass was present at the femoral neck in 55.7%, at total femur in 18.6% and at the lumbar spine in 54.3% of patients. Lumbar spine BMD, TBS and lumbar BSI did not correlate with HJHS (Hemophilia Joint Health Score). HSA bone geometric parameters correlated negatively with HJHS.
Clinical observational retrospective study	Ulivieri et al.	2018	125	A low fracture risk seems to be related to a low carboxy-terminal cross-linking telopeptide of type I collagen level. In contrast, a positive Romberg test, together with compromised BSI, appears to be strictly connected with fragility fractures characterizing the pathway leading to fracture in postmenopausal women.

Take home messages

- DXA rimane la tecnica di riferimento nella pratica clinica
- Possibilità di utilizzare tecniche complementari DXA-BASED per affinare la **predizione del rischio di frattura**
- Tecniche più complesse ancora poco spendibili nella pratica clinica (prevalentemente ambito di ricerca)

Review Article

“Which skeletal imaging modality is best for assessing bone health in children and young adults compared to DXA? A systematic review and meta-analysis”

Heba Shalof^{a,b,*}, Paul Dimitri^{a,c}, Farag Shuweihdi^d, Amaka C. Offiah^{a,e}

^aAcademy of Health Sciences, Department of Endocrinology and Metabolism, Faculty of Medicine, Cairo University, Cairo, Egypt; ^bDepartment of Endocrinology, Faculty of Medicine, Cairo University, Cairo, Egypt; ^cDepartment of Endocrinology, Faculty of Medicine, Cairo University, Cairo, Egypt; ^dDepartment of Endocrinology, Faculty of Medicine, Cairo University, Cairo, Egypt; ^eDepartment of Endocrinology, Faculty of Medicine, Cairo University, Cairo, Egypt

^{*}Kingdom

To summarize, no imaging modality can provide a full evaluation of bone health in children and young adults, with each having limitations.

Osteoforum

la salvaguardia dell'osso
e del muscolo
nel paziente
con fragilità
muscolo-scheletrica

Torino

24 settembre 2021

Aula Magna Dental School
Via Nizza 230

Responsabile Scientifico

Prof. Marco A. Minetto

Dipartimento di Scienze Chirurgiche - Università degli Studi di Torino

**Grazie per
l'attenzione.**

carmelomessina.md@gmail.com



I.R.C.C.S. ISTITUTO ORTOPEDICO
GALEAZZI



Fragilità scheletrica nel paziente in esiti di mielolesione



Dr.ssa Claudia Mautino
A.O.U. Città della Salute e della Scienza Torino
S.C. Unità Spinale



Fragilità ossea nel paziente con lesione midollare - Bibliografia



Measurement of Bone: Diagnosis of SCI-Induced Osteoporosis and Fracture Risk Prediction

Karen L. Troy, PhD,¹ and Leslie R. Morse, DO^{2,3}

Top Spinal Cord Inj Rehabil 2015;21(4):267-274

© 2015 Thomas Land Publishers, Inc.

www.scijournal.com

**Bone Fragility after Spinal Cord Injury: Reductions in Stiffness
and Bone Mineral at the Distal Femur and Proximal Tibia as a
Function of Time**

Ifaz T. Haider, PhD^{1,2,*}, Stacey M. Lobos, BS^{1,2}, Narina Simonian, BS^{3,5}, Thomas J. Schnitzer, MD, PhD^{3,4}, and W. Brent Edwards, PhD^{1,2}

**Is prophylaxis for osteoporosis indicated after acute
spinal cord injury?**

Yannis Dionyssiotsis 

**Gestione dell'osteoporosi nei pazienti affetti
da lesione midollare**

Management of osteoporosis in patients with spinal cord injury

Giuseppe Cannata, Concetta Ljoka, Martina Quaranta, Elena Saccoliti, Maria Laura Sollini



Fragilità scheletrica Patogenesi multifattoriale



- Immobilità e assenza di carico
- Alterazioni dell'innervazione simpatica sottolesionale
- Alterazioni sensitive
- Alterazioni metaboliche
- Alterazioni ormonali



Perdita di massa ossea - 2 fasi: ACUTA e CRONICA



- Fase Acuta

Precoce rapido cambiamento prevalentemente a carico della componente trabecolare. Sottolesionale, soprattutto a livello di femore distale e di tibia prossimale

- Fase Cronica

Continua e progressiva perdita di massa ossea negli anni successivi prevalentemente a carico della componente corticale con plateau a circa 10 anni dalla mielolesione. Lenta progressione permanente.



Perdita di massa ossea - 2 fasi: ACUTA e CRONICA



Prime 2 settimane:

- Riduzione della formazione ossea
- Aumento attività osteoclasti con picco tra il 3° e il 5° giorno
- Aumento dei markers di riassorbimento con picco tra la 10° e la 16° settimana
- Nell'aumento dei markers nessuna differenza correlata al livello di lesione



Perdita di massa ossea - 2 fasi: ACUTA e CRONICA



Perdita di tessuto osseo:

- Nei primi 3 mesi post lesione midollare è del 22%
- Tra il 3° e il 4° mese ulteriore perdita del 5%
- Ai 14 mesi perdita del 32%
- Ai 10 anni dalla lesione midollare deplezione del 37% di massa ossea



Rischio di frattura nelle persone con lesione midollare



- Rischio di frattura maggiore da 5 a 23 volte rispetto alla popolazione generale
- Il rischio aumenta in funzione del tempo intercorso dalla lesione
- Dell'1% per anno nei primi 10 anni dalla lesione
- Fino al 4.6% per anno dopo i 10 anni



Incidenza di frattura nelle persone con lesione midollare



- L'incidenza di frattura aumenta di 2.2%-2.8% per anno dopo la lesione midollare

Almeno 1 frattura da fragilità:

- Nel 14% dei pazienti entro 5 anni
- Nel 28% dei pazienti entro 10 anni
- Nel 39% dei pazienti entro 15 anni dalla lesione midollare



Fattori di rischio principali



- Lesione completa > incompleta
- Età
- Sesso femminile
- BMI
- Paraplegia > Tetraplegia
- Tempo intercorso dal trauma

Tra il 40% e il 50% dei pazienti va incontro a frattura da fragilità nel corso nella vita post-lesione midollare



Dinamica delle fratture da fragilità nel paziente con lesione midollare



- Trasferimento da carrozzina
- Cadute accidentali da carrozzina
- Cadute dal letto
- Altri traumi a basso impatto
- Mobilizzazione passiva





Fratture da fragilità: sedi maggiormente colpite



Bone Fragility after Spinal Cord Injury: Reductions in Stiffness and Bone Mineral at the Distal Femur and Proximal Tibia as a Function of Time

Ifaz T. Haider, PhD^{1,2,*}, Stacey M. Lobos, BS^{1,2}, Narina Simonian, BS^{3,5}, Thomas J. Schnitzer, MD, PhD^{3,4}, and W. Brent Edwards, PhD^{1,2}

Regioni sottolesionali:
il ginocchio è la prima
sede di impatto nelle
cadute da carrozzina

Bone loss at the distal femur and proximal tibia in persons with spinal cord injury: imaging approaches, risk of fracture, and potential treatment options

C. M. Cirnigliaro¹ • M. J. Myslinski² • M. F. La Fountaine^{1,3,4} • S. C. Kirshblum^{5,6} • G. F. Forrest^{6,7} • W. A. Bauman^{1,8}



Fratture da fragilità: sedi maggiormente colpite



Aree sottolesionali (prevalentemente arti inferiori)

Fratture:

- Aree metafisarie ed epifisarie di femore distale e tibia prossimale (30-60%)
- Tibia e perone distali (20-27%)
- Femore prossimale (15-26%)
- Arti superiori ...



Fratture da fragilità al ginocchio: esempi della casistica in Unità Spinale



- Donna: 62 anni. Paraplegia D8 ASIAA da 16 anni: frattura bilaterale distale di femore per caduta da carrozzina. RX di controllo ai 2 anni dalla frattura



- Uomo: 40 anni. Tetraplegia C2 ASIAA da 23 anni: frattura distale femore senza traumi diretti (mobilizzazione passiva)



Fratture nelle lesioni midollari: manifestazioni cliniche



Fratture sottolesionali:

- Alterazione o assenza di sensibilità dolorifica, alterazione risposta edemigena → segni e sintomi indiretti
- Aumento dell'ipertono
- Aumento di crisi disreflessiche neurovegetative con segni vasopressori
- Accesso in P.S. non costante
- Abbastanza frequente riscontro occasionale in seguito ad accertamenti eseguiti per segni e sintomi indiretti



Nelle persone con lesione midollare: alto rischio di complicanze severe locali



- Ritardato o assente callo osseo (pseudoartrosi)
- Lesioni da pressione (gessi, tutori, immobilizzazione prolungata)
- Rischio di amputazione (lesioni da pressione con esposizione ossea)



Nelle persone con lesione midollare: alto rischio di complicanze severe sistemiche



- Ospedalizzazione prolungata → Alto rischio infettivo
- Allettamento prolungato → Complicanze respiratorie anche severe nel paziente tetraplegico
- Infezioni delle vie urinarie in vescica neurologica con batteriemie
- Osteomielite e alto rischio di sepsi



La casistica in Unità Spinale: Analisi retrospettiva



Pazienti cronici con ricoveri in Unità Spinale negli ultimi 9 anni
Revisione dei dati di
137 pazienti: 33 F 104 M

Incidenza di frattura

Pazienti fratturati: 53 su 137 (38,7%)

Prevalenza di genere

- F 23 su 33 → il 69,7 % delle donne
- M 30 su 104 → il 28,9% degli uomini

Lesioni complete

Il 71,5% lesioni → ASIA A e B rischio maggiore

Il 64% di questi pazienti (34 su 57) erano polifratturati
Fratture riscontrate in totale 97



La casistica in Unità Spinale: Analisi retrospettiva



.L'86,8% fratture **sottolesionali**

Sedi

.60% Fratture maggiori
.Sedi: 36 femore, 19 colonna, 4 bacino

.40% Fratture minori:

.Sedi: 30 tibia/perone, 2 omero, 1 polso, 1 calcagno, 4 coste

Nel totale il 72% delle fratture a livello degli AAIL → il 50% di queste, ossia il 35% delle fratture, a livello del ginocchio



La casistica in Unità Spinale: Analisi retrospettiva



Tempo medio di insorgenza della 1° frattura:
14 anni dalla lesione midollare

→ Condizione di cronicità e complessità

Complicanze frequenti



Fratture da fragilità: COMPLICANZE nel paziente mieloleso cronico



- Donna 61 anni. Paraplegia T8 ASIA A da 44 anni
- Comorbidità (T.O. per K mammario)
- Fratture bilaterali gamba per caduta da carrozzina:
 - Frattura diafisaria tibia dx
 - Frattura epifisaria prossimale tibia sin
 - Frattura calcagno sin



Fratture da fragilità: COMPLICANZE nel paziente mieloleso cronico



- Frattura diafisaria tibia dx → osteosintesi chirurgica senza complicanze locali



Fratture da fragilità: COMPLICANZE nel paziente mieloleso cronico



- Frattura prossimale tibia sin e frattura calcagno → trattamento conservativo
- Complicanza a pochi giorni: grave lesione da pressione a livello del tallone (escara)





Fratture da fragilità: COMPLICANZE nel paziente mieloleso cronico



Lesione da pressione peggiorata fino a esposizione ossea. Subentrata complicanza settica sistemica e gravi conseguenze fino all'exitus in paziente. Paziente fragile con multiple comorbidità



Alla RM quadro di grave osteomielite (spesso batteri multiresistenti)



Take Home message



- Le fratture da fragilità nei pazienti con lesione midollare li espongono a un alto rischio di complicanze severe, al pari delle altre problematiche correlate alla mielolesione
- La Prevenzione delle fratture da fragilità nel mieloleso è un importante goal per la ricerca e per la clinica
- Progetto di presa in carico precoce della fragilità scheletrica nel paziente con lesione midollare



GRAZIE A TUTTI PER L'ATTENZIONE



CON UN GRAZIE PARTICOLARE AL
DOTT. STEFANO SAPELLI
MEDICO IN FORMAZIONE SPECIALISTICA

E A TUTTI I MEDICI IN FORMAZIONE SPECIALISTICA CHE
ARRICCHISCONO IL MIO LAVORO QUOTIDIANO IN UNITÀ SPINALE

IN QUESTO MOMENTO:
DOTT.SSA MICOL TERRASI
DOTT. FEDERICO COSTA
DOTT.SSA MARIA SGARBANTI



Osteoforum

la salvaguardia dell'osso
e del muscolo
nel paziente
con fragilità
muscolo-scheletrica

Torino
 24 settembre 2021
 Aula Magna Dental School
 Via Nizza 230



Fragilità muscolo-
scheletrica del
Paziente con
mielolesione:
parte 2

Dott.ssa Piera Lalli
plalli@cittadellasalute.to.it

SCU Medicina Fisica e Riabilitativa
 AOU Città della Salute e della Scienza
 Molinette




Osteoforum

Principali tecniche per la valutazione della
densità minerale ossea nel Paziente mieloleso

- Dual energy X-ray absorptiometry (DXA)
- Quantitative computerized tomography (QCT) e peripheral quantitative computerized tomography (pQCT); (HR-QCT)



Cimigliaro CM, Myslinski MJ, La Fountaine MF, Kirshblum SC, Forrest GF, Bauman WA.
 Bone loss at the distal femur and proximal tibia in persons with spinal cord injury: imaging approaches, risk of fracture, and potential treatment options. *Osteoporos Int.*

Osteoforum

2019 ISCD Adult Official position

DXA nei Pazienti con mielolesione 1/4

Tutti i Pazienti con mielolesione dovrebbero effettuare una DXA di femore prossimale, femore distale e tibia prossimale, non appena clinicamente stabili.



<https://iscd.org/learn/official-positions/adult-positions/>

Osteoforum

2019 ISCD Adult Official position

DXA nei Pazienti con mielolesione 2/4

La BMD di femore prossimale, femore distale e tibia prossimale può essere utilizzata per la diagnosi di osteoporosi, per predire il rischio di frattura e per monitorare la risposta alla terapia



<https://iscd.org/learn/official-positions/adult-positions/>

Osteoforum

2019 ISCD Adult Official position

DXA nei Pazienti con mielolesione 3/4

Indagini seriate per la valutazione dell'efficacia del trattamento nei Pazienti con mielolesione devono includere valutazioni DXA dopo almeno 12 mesi di terapia, e ad intervalli di 1-2 anni.



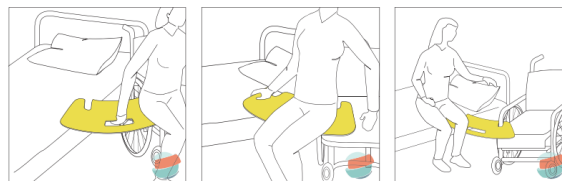
<https://iscd.org/learn/official-positions/adult-positions/>

Osteoforum

2019 ISCD Adult Official position

DXA nei Pazienti con mielolesione 4/4

Non è stato identificato un valore soglia al di sotto del quale siano assolutamente controindicate attività sotto carico



<https://iscd.org/learn/official-positions/adult-positions/>

Osteoforum

Principali limiti della metodica DXA nel Paziente mieloleso

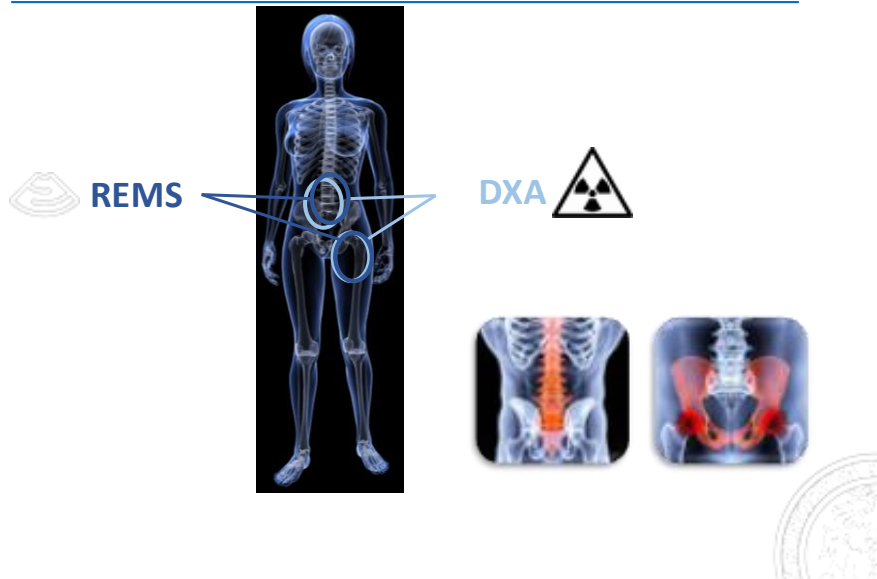
- Sensibile al corretto posizionamento del Paziente durante l'esecuzione
- Sensibile alla presenza di artefatti (es. calcificazioni eterotopiche, spasticità, deformità muscolo-scheletriche)
- Siti indagabili
- Mancanza di casistica della popolazione di riferimento

Troy KL, Morse LR. Measurement of Bone: Diagnosis of SCI-Induced Osteoporosis and Fracture Risk Prediction. Top Spinal Cord Inj Rehabil. 2015

Osteoforum



Osteoforum



Osteoforum

Multicenter clinical trial 1

Osteoporosis International
<https://doi.org/10.1007/s00198-018-4686-3>

ORIGINAL ARTICLE



Radiofrequency echographic multispectrometry compared with dual X-ray absorptiometry for osteoporosis diagnosis on lumbar spine and femoral neck

M. Di Paola^{1,2} • D. Gatti³ • O. Viapiana³ • L. Cianferotti⁴ • L. Cavalli⁴ • C. Caffarelli⁵ • F. Conversano¹ • E. Quarta⁶ • P. Pisani¹ • G. Girasole⁷ • A. Giusti⁷ • M. Manfredini⁸ • G. Arioli⁸ • M. Matucci-Cerinic⁹ • G. Bianchi⁷ • R. Nuti⁵ • S. Gonnelli⁵ • M. L. Brandi⁴ • M. Muratore⁶ • M. Rossini³

Received: 9 January 2018 / Accepted: 21 August 2018
 © International Osteoporosis Foundation and National Osteoporosis Foundation 2018

Abstract

Summary An innovative, non-ionizing technique to diagnose osteoporosis on lumbar spine and femoral neck was evaluated through a multicenter study involving 1914 women. The proposed method showed significant agreement with reference gold standard method and, therefore, a potential for early osteoporosis diagnoses and possibly improved patient management.

Osteoforum

ESCEO Position paper

Table 1 Main currently available tools for the in vivo assessment of bone strength

Category	Tool
Imaging devices	Dual X-ray absorptiometry (DXA)
	Quantitative CT (QCT)
	High resolution peripheral QCT (HR-pQCT)
	Magnetic resonance imaging (MRI)
	Quantitative ultrasound (QUS)
	Radiofrequency echographic multi spectrometry (REMS)
Risk fracture calculators	FRAX®
	Qfracture®
	Garvan®
	DVO risk calculator®
Bone biopsy techniques	Static histomorphometry
	Dynamic histomorphometry
Laboratory tests	Bone turnover markers (BTMs)
	Single nucleotide polymorphisms (SNPs)
	Micro-ribonucleic acid (miRNA)
Others	Microindentation



Osteoforum

REMS: vantaggi di impiego



- Tecnologia non invasiva senza impiego di radiazioni ionizzanti
- Strumento diagnostico portatile e di facile utilizzo
- Rapidità di acquisizione dati
- Diagnosi software-assisted
- Possibilità di impiego in donne in gravidanza

Osteoforum



[REMS Demo](#)

<http://www.surgicalexcclence.unito.it/>

Osteoforum



Riproducibilità ed accuratezza della densitometria ecografica per la stima della densità minerale ossea femorale e la predizione del rischio fratturativo nel paziente con esiti di mielolesione

Osteoforum

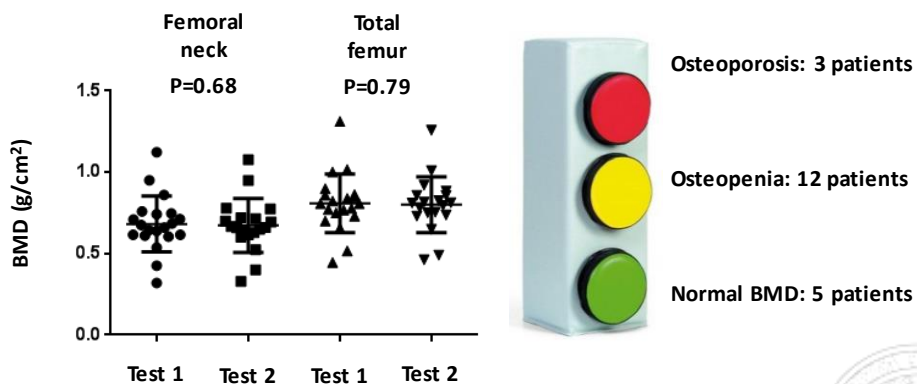
Dati preliminari

- N pazienti: 20, di cui 15 fratturati
- Sesso: 11 M, 9 F
- Età media 57.8 (range: 19 – 83) aa
- BMI medio: 25.8 (range: 15,7 - 55,5) kg/m²
- Disabilità motoria: 15 paraplegici, 5 tetraplegici



Osteoforum

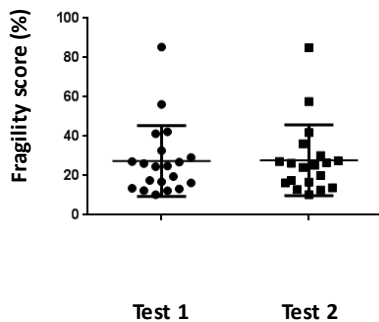
Riproducibilità



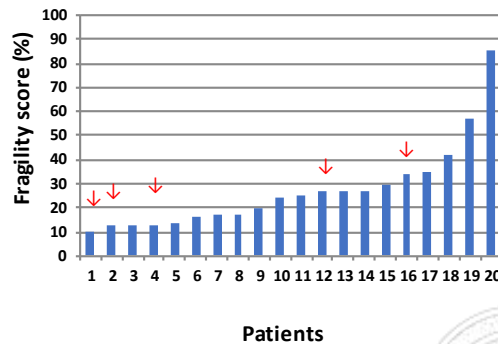
Osteoforum

Fragility score

P=0.23



Non fratturati vs fratturati FS 18,3 vs FS 29



Osteoforum

Conclusioni

La **REMS** nel Paziente con mielolesione:

- Potrebbe rappresentare un nuovo strumento di facile utilizzo per la stima della densità minerale ossea
- Potrebbe consentire una adeguata stima del rischio (ri-)fratturativo e permettere una più appropriata prevenzione delle fratture da fragilità



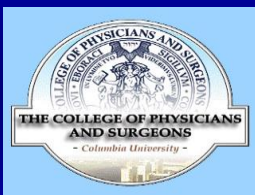
Osteoforum



Grazie a tutti per l'attenzione



plalli@cittadellasalute.to.it



Metodi e Strumenti per la Valutazione della Struttura e della Qualità della Composizione Corporea

Angelo Pietrobelli

UOS I Primi Mille Giorni del Bambino per la Prevenzione delle Patologie Non Trasmissibili dell'Adulto.

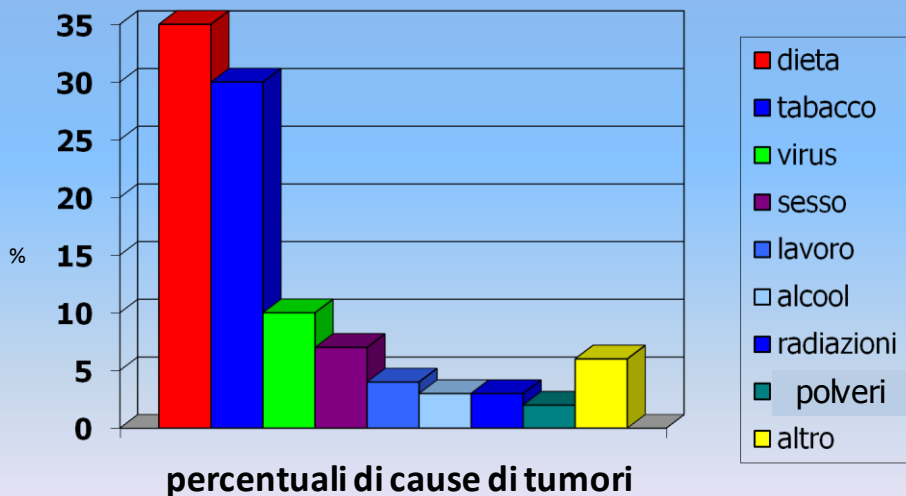
Clinica Pediatrica, Università degli Studi di Verona



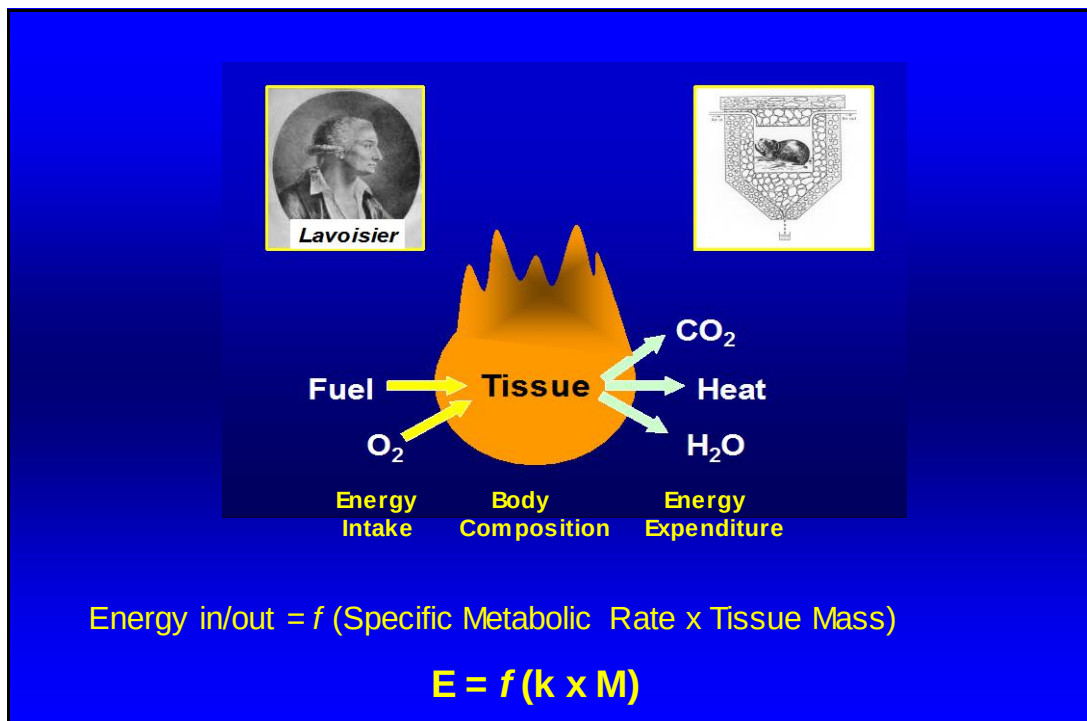
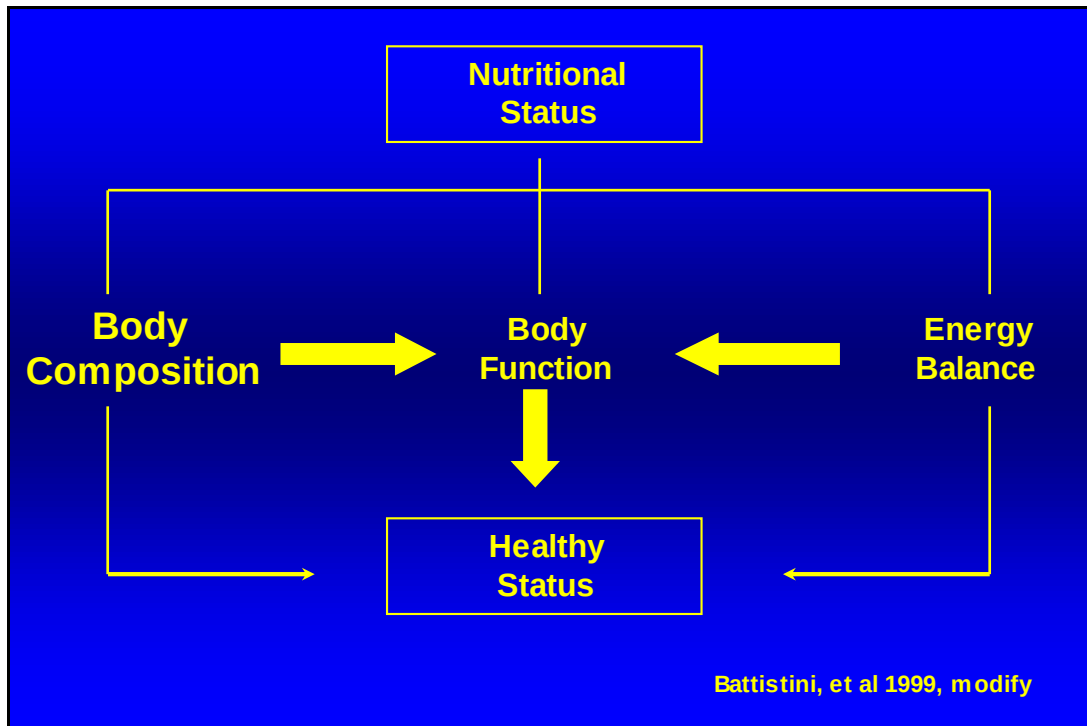
***“Science is fundamentally an exercise
in measurement.”***

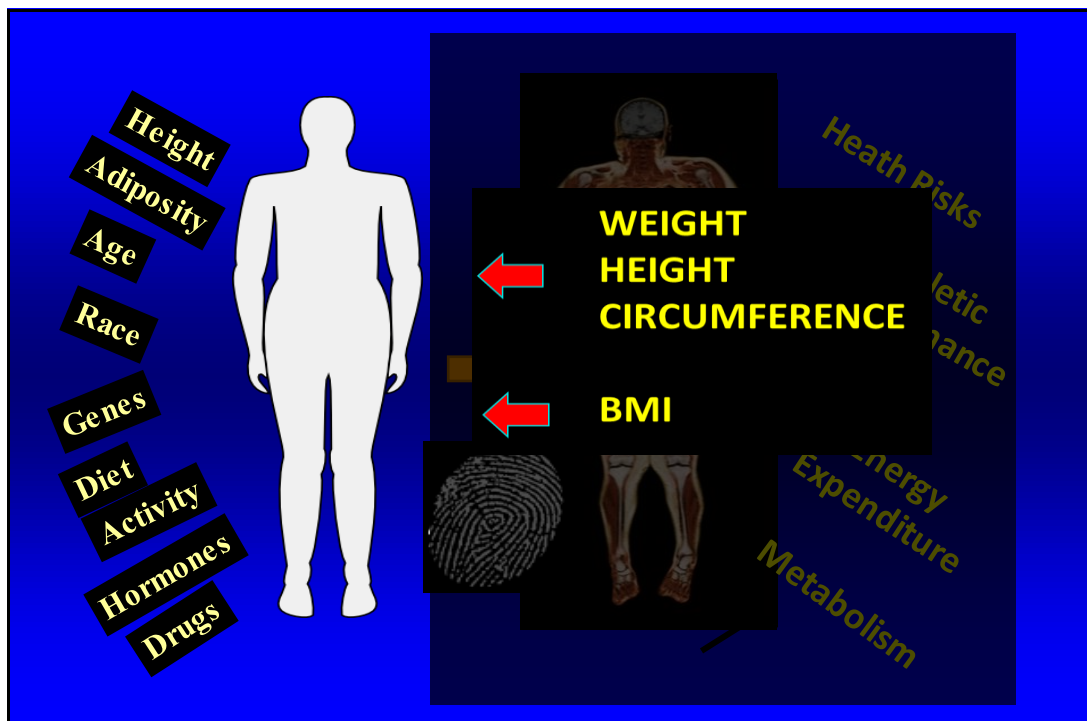
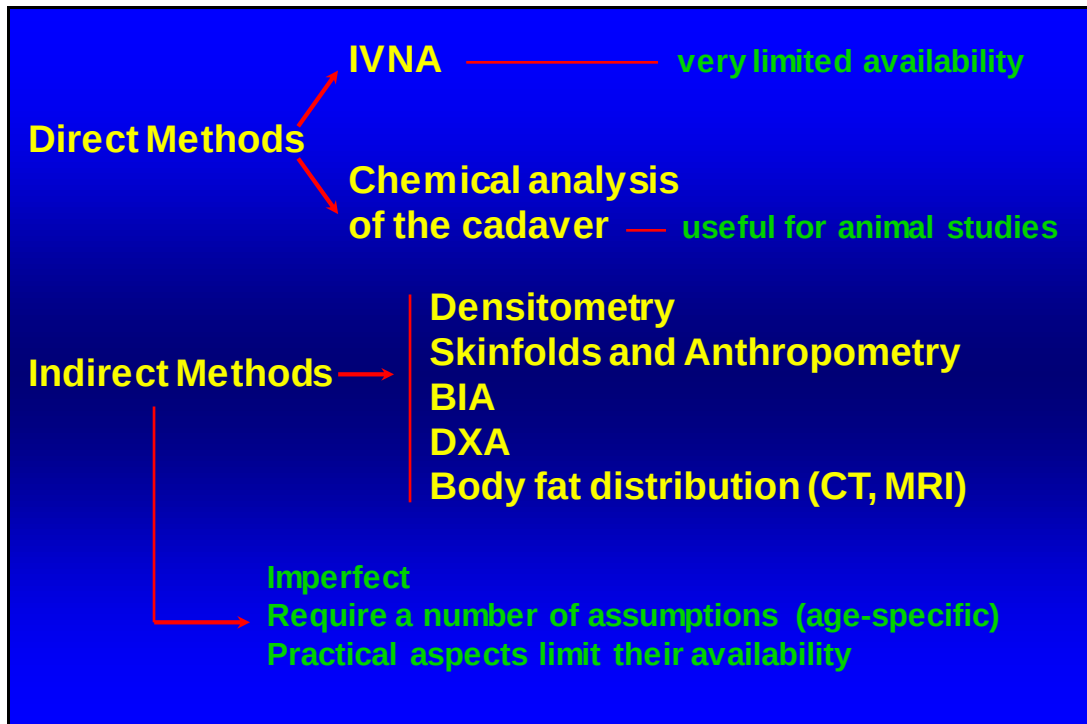
H. Varmus, 1999

Ambiente - patologia tumorale



Doll and Peto, 2011.
ISTAT 2016





Growth

: body increase in size

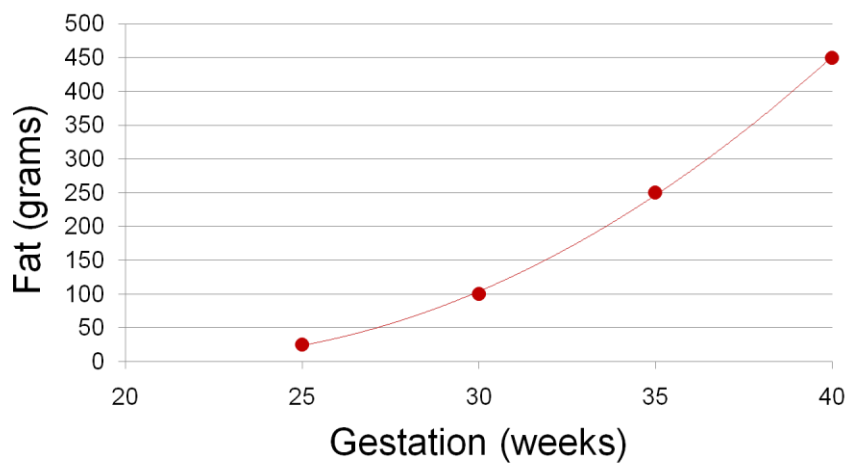
: change proportion of various components

Hormones
mediators

Genetics
Nutrition intake
Physical activity
Age
Gender
Endocrine balance

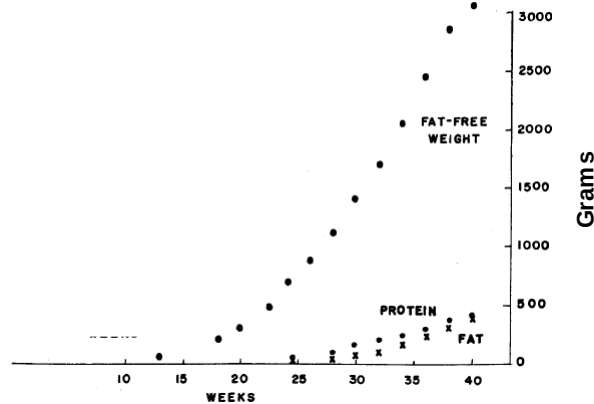
Influence body weight
body composition

Fetal Fat Accretion



Stephen Cunnne, Survival of the Fattest

Fetal Course for FFM, Protein, and Fat



Widdowson (1964) and Ziegler (1976)

At Birth

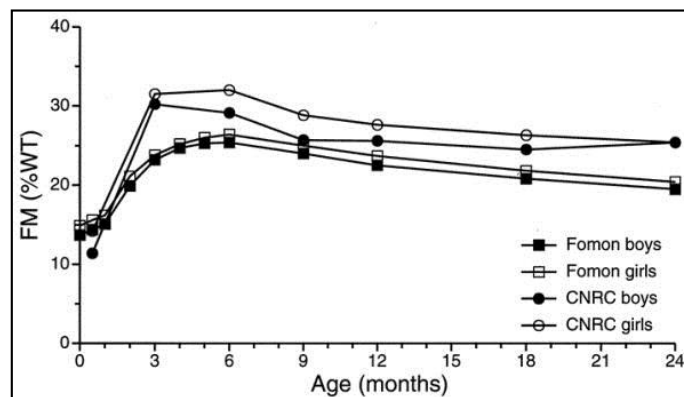
	Boys	Girls
Body Weight (g)	3,545	3,325
LBM (g)	3,059	2,830
Fat (g)	486	495
%fat	13.7%	14.9%
Components of LBM		
Water (%)	80.6%	80.6%
Protein (%)	15%	15%

Fomon et al. (1982)

Deposition of Fat

1. Increase in fat occurs later in gestation
2. Increased skinfold thickness as fetus grows
3. An appreciable amount of brown fat at birth
4. At birth girls have greater fat than boys
5. Constitutive differences compared to adults

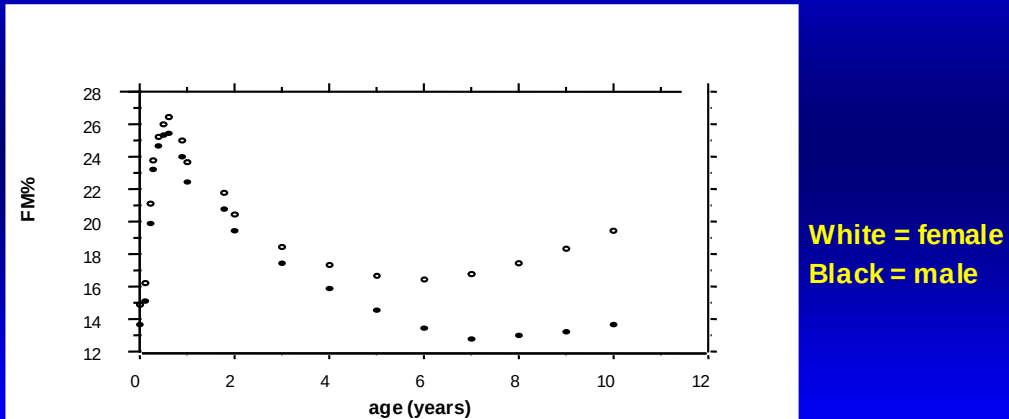
%Fat During the First 2 years of Life



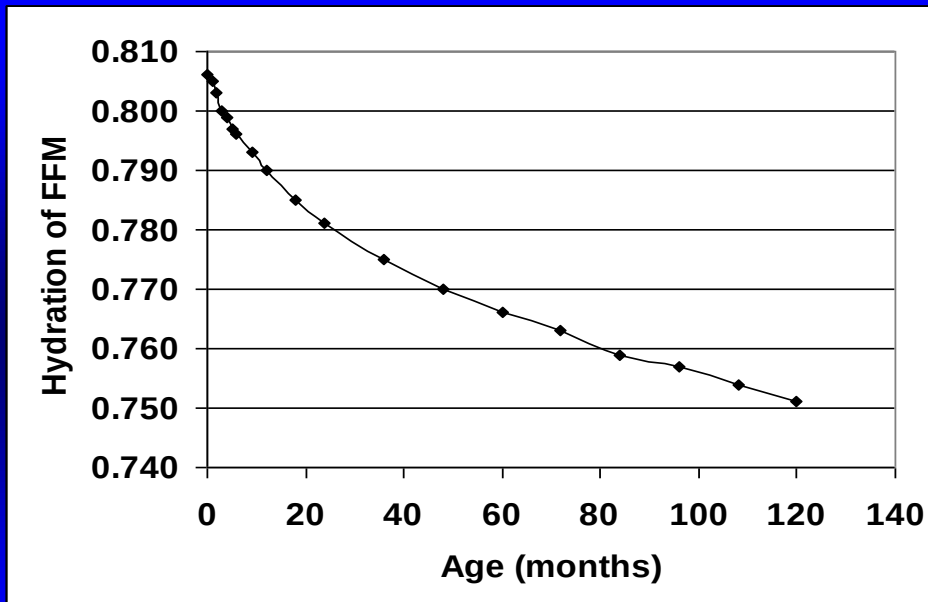
Pediatric Research (2000) 47:578-585

Body composition change during Growth

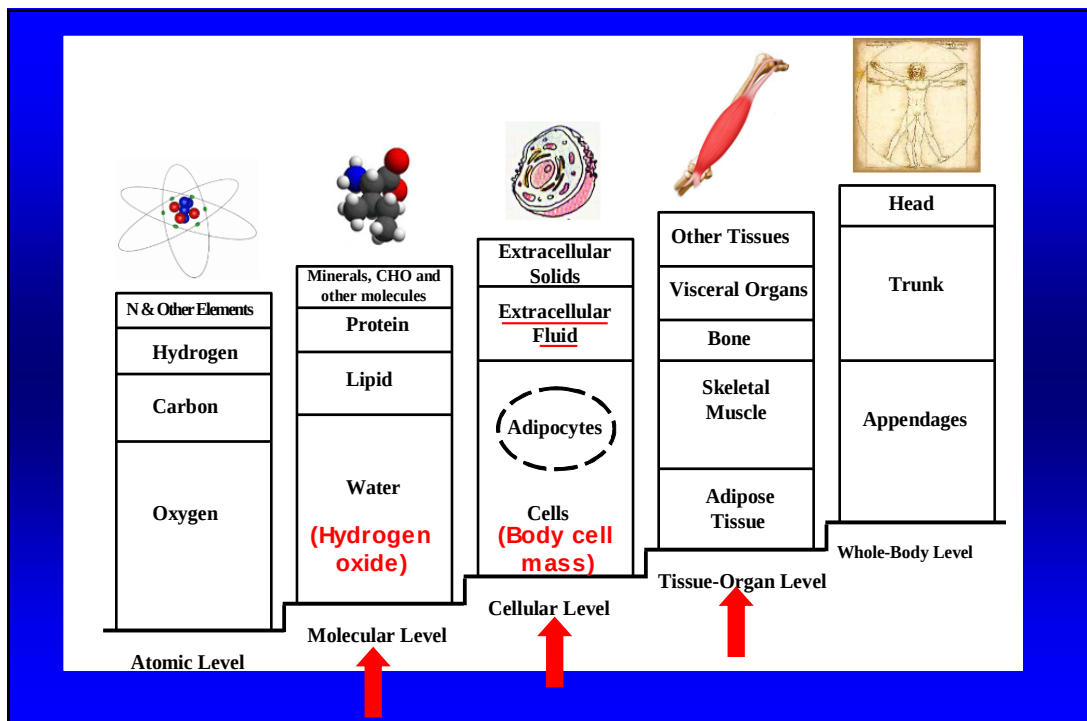
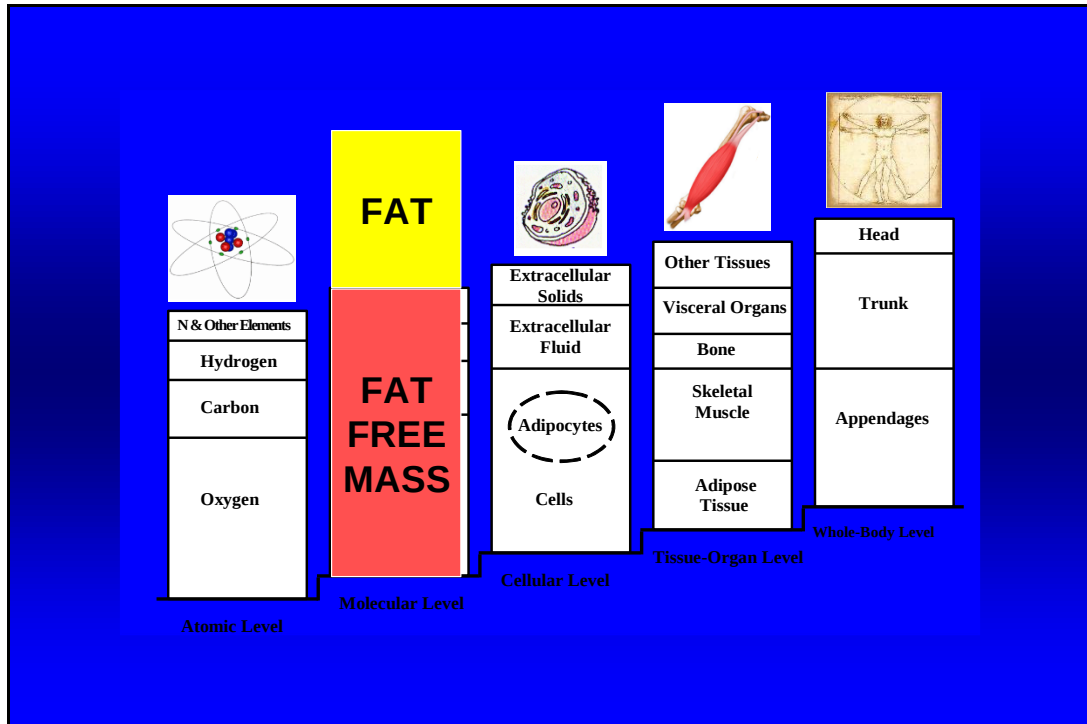
Change of FM% (FM:BW): newborn - 10 years of age

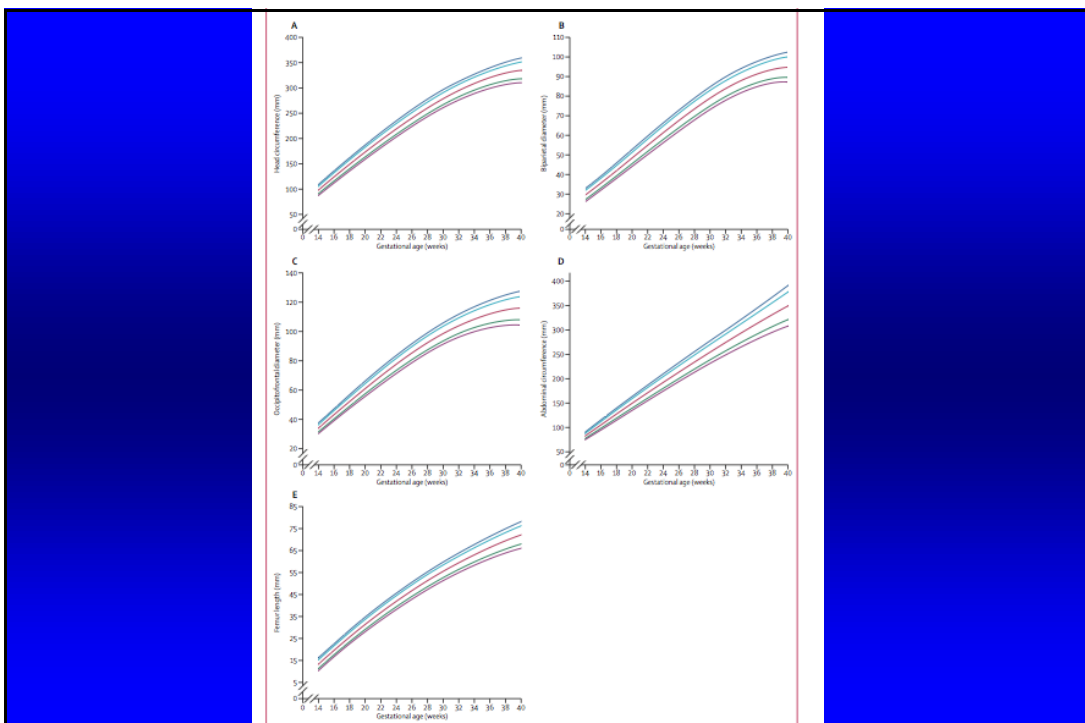


(Fomon et al., *Am J Clin Nutr*, 1982)



Sopher, Wei, Pietrobelli, 2005





What Does BOD POD Do?

BOD POD Indication For Use

The BOD POD® is indicated for measuring the body mass and estimating the body composition (i.e. percent and absolute amounts of fat and lean body mass) of generally healthy individuals. The BOD POD is also indicated for estimating Resting Metabolic Rate (RMR) and Total Energy Expenditure (TEE) in generally healthy individuals aged 18 years or older.



PEAPOD Test Sequence

Daily QC calibration: ~ 10 min



Mass (~ 6-10 sec)



Volume (2 min)





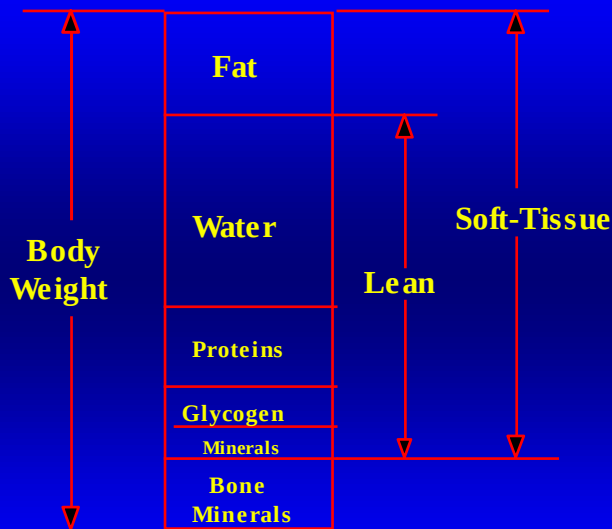
Dual-Energy X-Ray Absorptiometry (DXA)



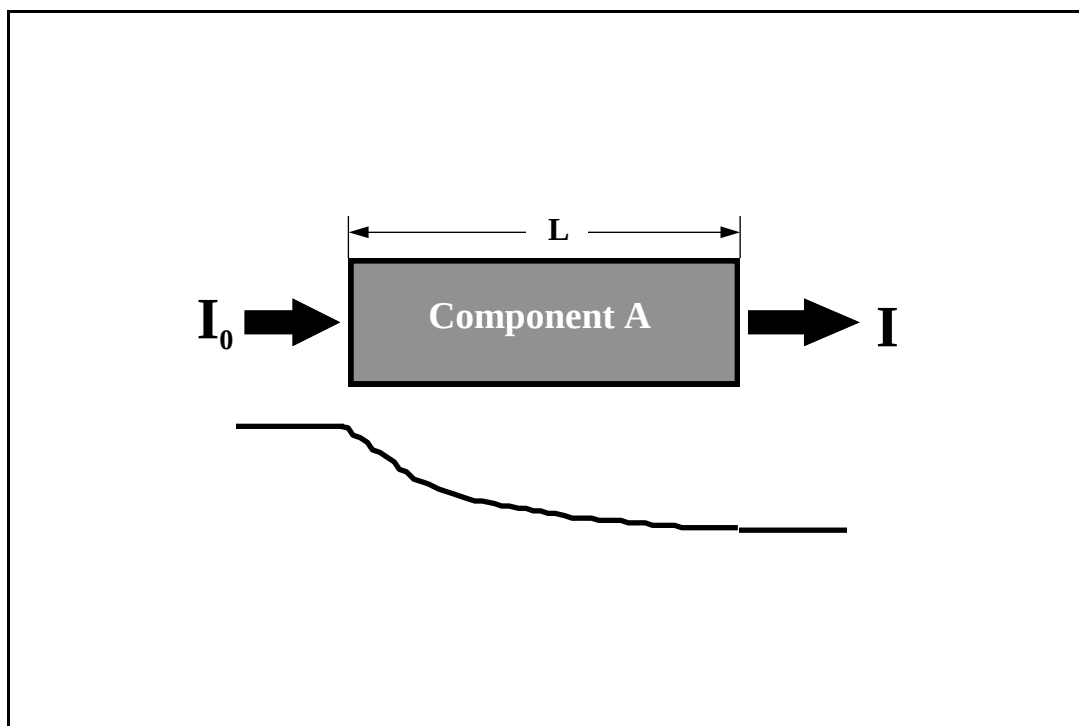
Principio DXA

- Attenuazione differenziale di un fascio di raggi X a due livelli energetici (40 keV e 70 keV) al passaggio attraverso i tessuti.
- La perdita esponenziale nel flusso viene registrata dai detettori del sistema
- Algoritmi specifici per ottenere:
 - Contenuto minerale osseo
 - Massa magra
 - Massa grassa

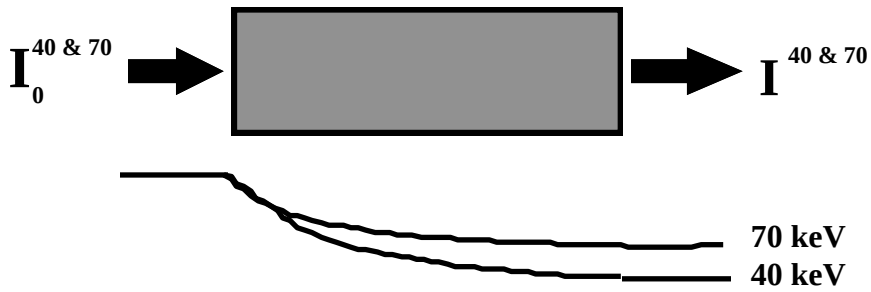
DXA Model



Pietrobelli et al, Am J Physiol, 1998



ELEMENT	ATOMIC NUMBER	ATOMIC WEIGHT	μ/ρ 40 keV	μ/ρ 70 keV	R
HYDROGEN	1	1.008	0.3458	0.3175	1.0891
CARBON	6	12	0.2047	0.1678	1.2199
NITROGEN	7	14	0.2246	0.1722	1.3043
OXYGEN	8	16	0.2533	0.1788	1.4167
SODIUM	11	23	0.3851	0.2022	1.9045
MAGNESIUM	12	24.3	0.4704	0.2244	2.0963
PHOSPHORUS	15	31	0.7784	0.2839	2.7418
SULFUR	16	32.1	0.9507	0.3258	2.9180
CHLORINE	17	35.5	1.100	0.3491	3.1510
POTASSIUM	19	39.1	1.484	0.4297	3.4536
CALCIUM	20	40.1	1.792	0.5059	3.5422



$$\ln (I^{40}/I_0^{40}) / (\ln I^{70}/I_0^{70}) =$$

$$[(\mu/\rho)^{40} \times l] / [(\mu/\rho)^{70} \times l] \quad (3)$$

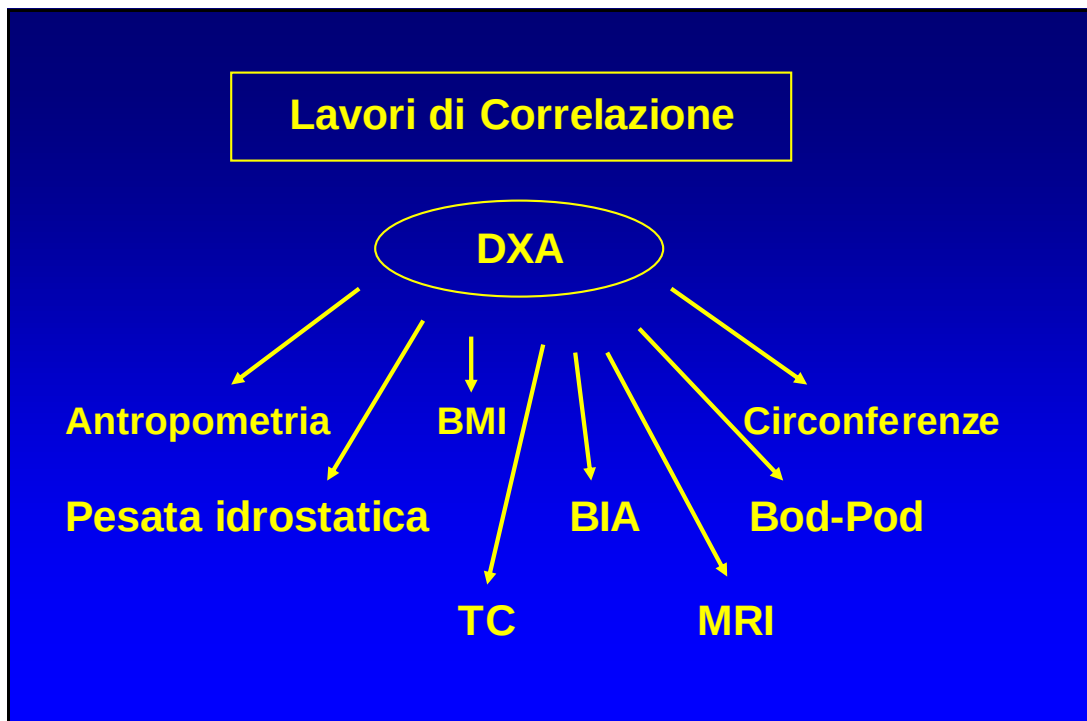
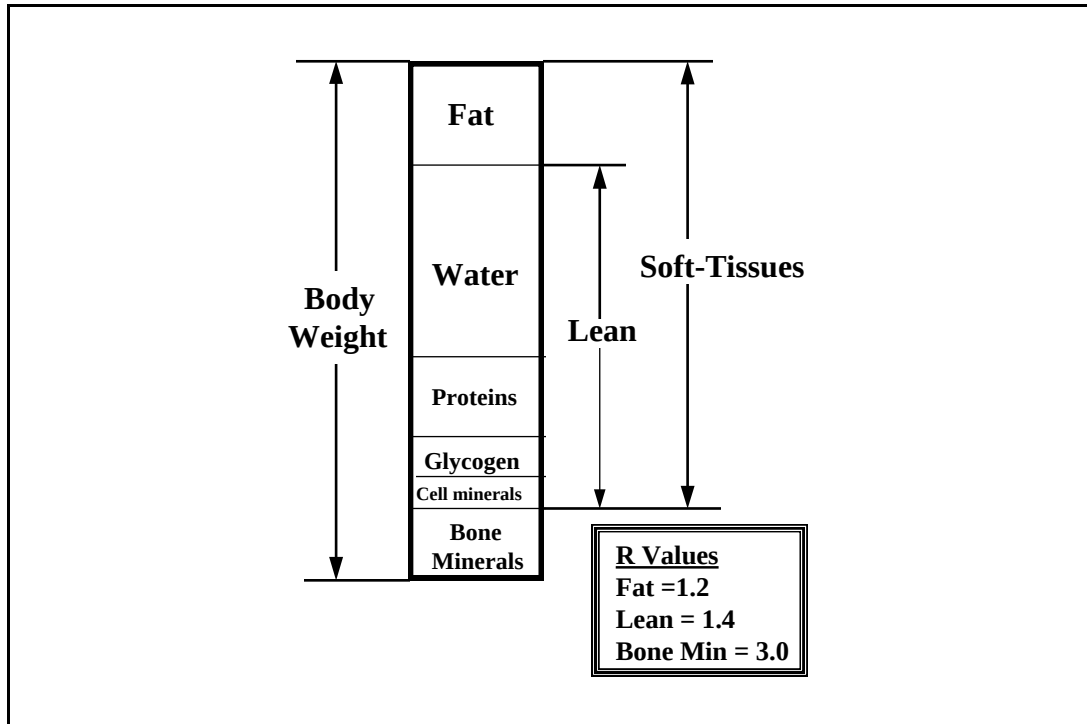
$$[(\mu/\rho)^{40}] / [(\mu/\rho)^{70}] \quad (4)$$

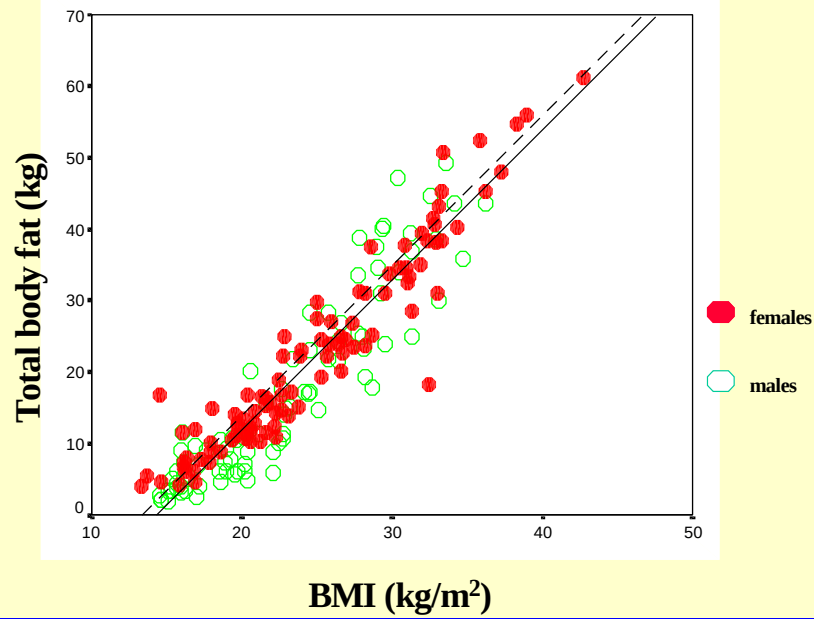


Tessuto magro + Osso

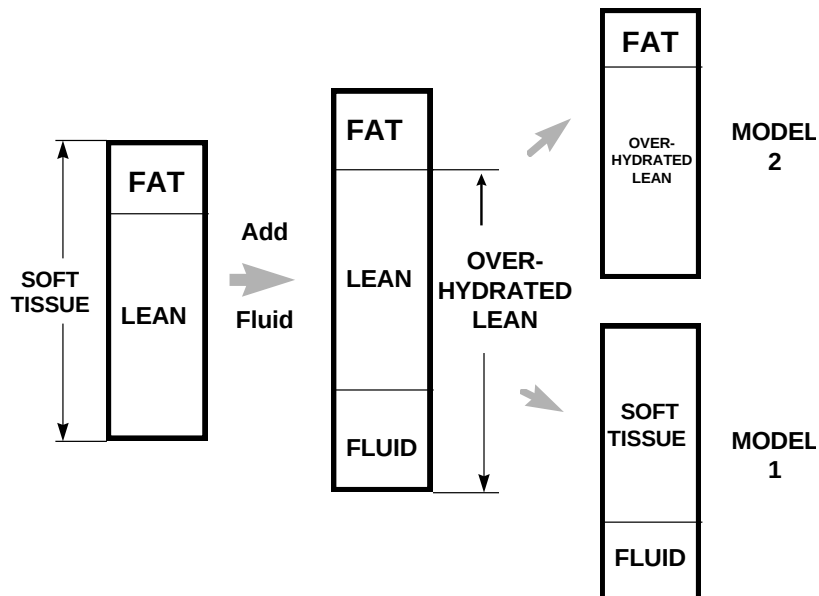


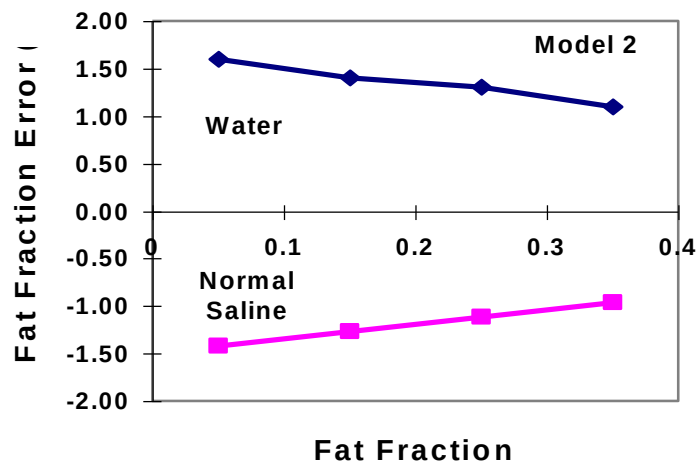
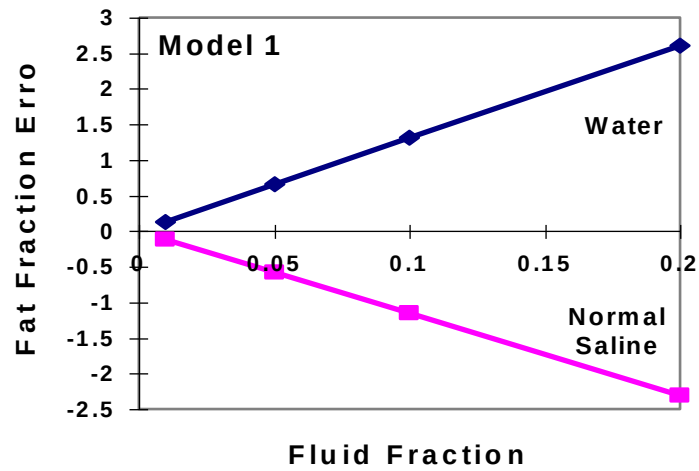
Grasso + Tessuto magro





Pietrobelli et al, J Pediatrics, 1998





Pratica Clinica

- capace di individuare i cambiamenti
- calcio e DXA
- follow up
- epidemiologia

Uso Clinico

- Osteoporosi
 - Clinica obesità
 - Dialisi
-
- ```
graph TD; A[Osteoporosi] --> D[GOLD STANDARD????]; B[Clinica obesità] --> D; C[Dialisi] --> D;
```
- GOLD STANDARD????**

**Hologic QDR Workstation**

A02070106    a Whole Body

**Regions** 

**Results**

**Results Toolbox**

BMD

BCA

 Close

Dual Energy

**Patient Data**

Scan Date: 02/07/2001 13:43

Name: 56-023-86300

Pat Id: FRAM      Sex: M

Birthdate: 10/12/1961      Age: 39

Height: 66.8 in      Weight: 162.0 lb

Ethnic: Hispanic

**Whole Body Analysis**

Image not for diagnostic use

TOTAL BMC and BMD CV is < 1.0%

| C.F.    | 1.040     | 1.023   | 1.000      |
|---------|-----------|---------|------------|
| Region  | Area(cm²) | BMC(g)  | BMD(g/cm³) |
| L Arm   | 205.86    | 158.67  | 0.771      |
| R Arm   | 201.13    | 157.56  | 0.783      |
| L Ribs  | 151.05    | 92.72   | 0.614      |
| R Ribs  | 154.20    | 97.86   | 0.635      |
| T Spine | 128.96    | 105.82  | 0.821      |
| L Spine | 57.18     | 48.02   | 0.840      |
| PeMIs   | 184.17    | 186.60  | 1.013      |
| L Leg   | 345.08    | 372.76  | 1.080      |
| R Leg   | 354.54    | 390.76  | 1.102      |
| Sub Tot | 1782.18   | 1610.78 | 0.904      |
| Head    | 240.96    | 427.25  | 1.773      |
| TOTAL   | 2023.14   | 2038.03 | 1.007      |

QDR 4500W      SN:49430

Version 10.0 :5      02/22/2001 14:45

For Help, press F1      **Help**      02/22/2001 14:48

**Whole Body Analysis**

Image not for diagnostic use

TBAR1796

F.S. 68.00% -10.00%

Head assumes 17.0% brain fat

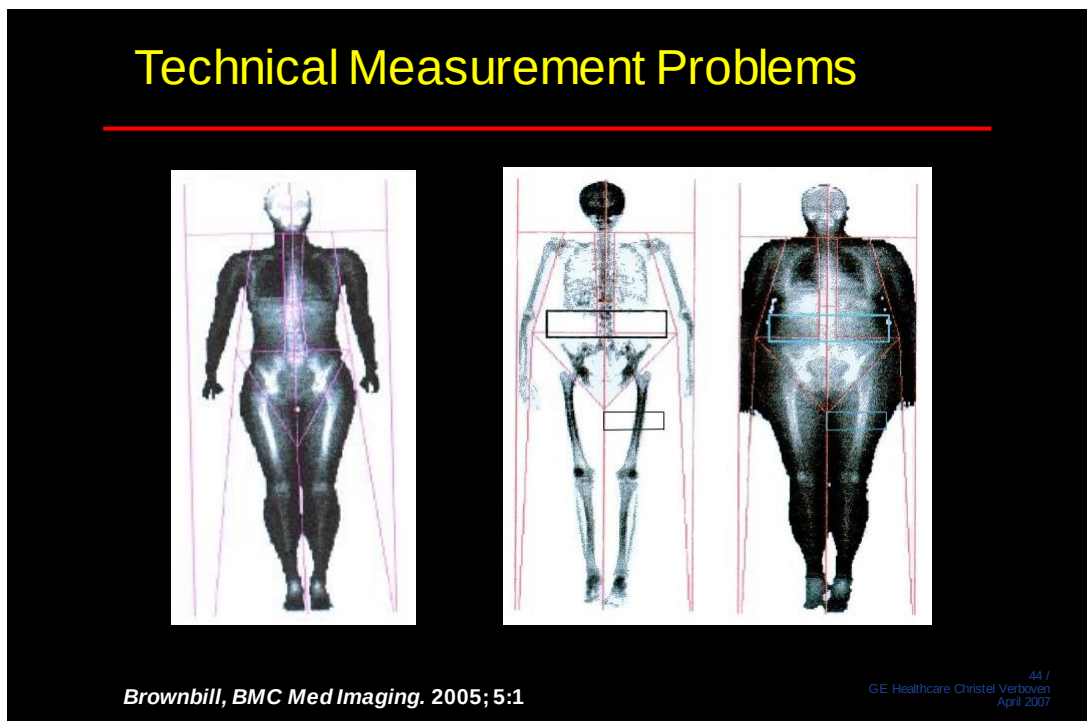
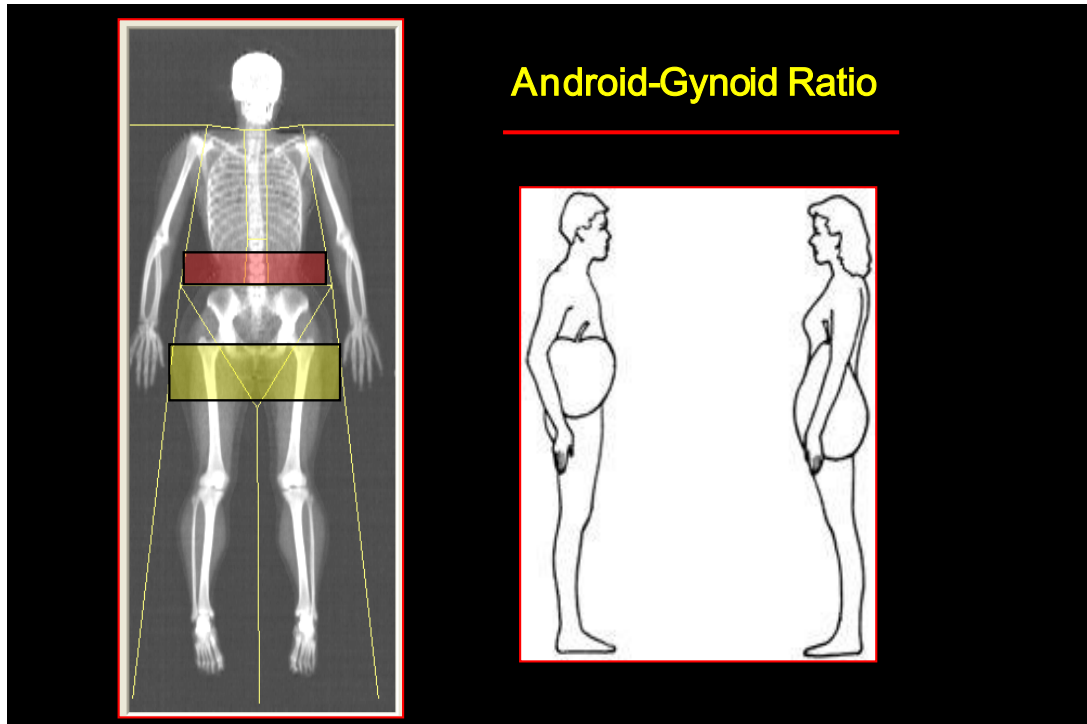
LBM 73.2% water

| Region  | Fat (g) | Lean+BMC (g) | Total (g) | %Fat (%) |
|---------|---------|--------------|-----------|----------|
| L Arm   | 1125.5  | 2891.2       | 4016.8    | 28.0     |
| R Arm   | 842.6   | 2599.3       | 3441.9    | 24.5     |
| Trunk   | 9299.5  | 27676.8      | 36976.4   | 25.1     |
| L Leg   | 2925.6  | 8239.0       | 11164.6   | 26.2     |
| R Leg   | 2796.6  | 8457.2       | 11253.8   | 24.9     |
| Sub Tot | 16989.9 | 49863.6      | 66853.4   | 25.4     |
| Head    | 1079.9  | 4629.6       | 5709.4    | 18.9     |
| TOTAL   | 18069.7 | 54493.1      | 72562.9   | 24.9     |

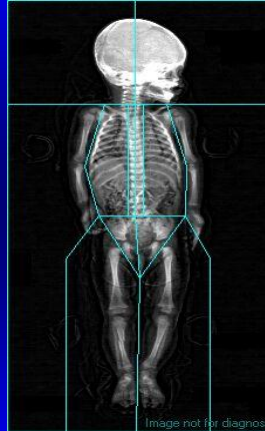
QDR 4500W      SN:49430

Version 10.0 :5      02/22/2001 14:50





## Dual Energy X-ray Absorptiometry



**Lunar iDXA (GE; v11-30.062) 2010 encore pediatric software**

(Fields, Pietrobelli, 2012)

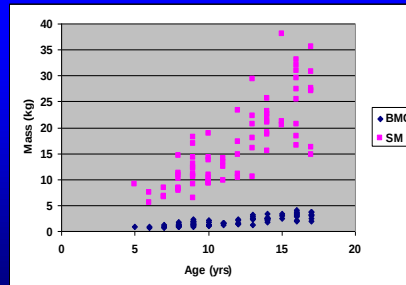
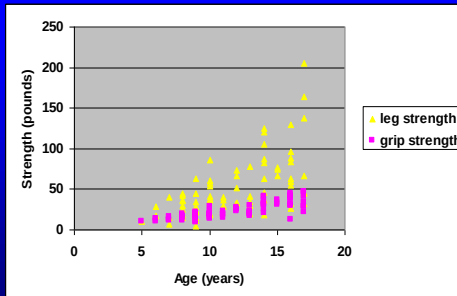
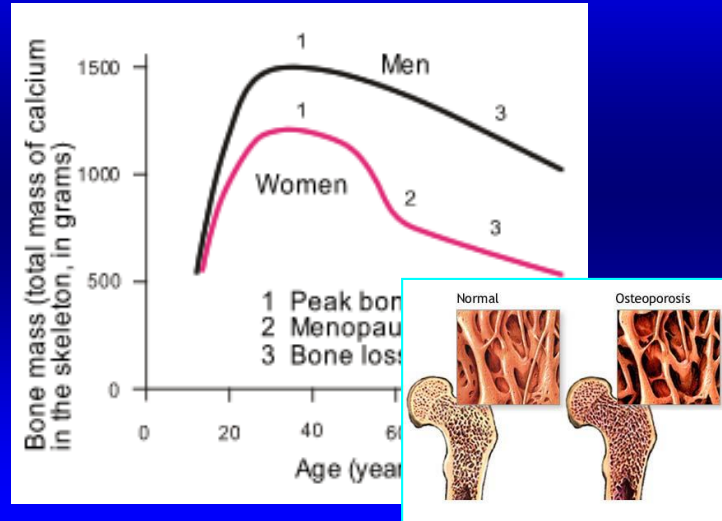
**Fields D, Demerath L, Pietrobelli A. Is there a gender difference in body composition in the first year of life? *Pediatr Obesity*, 2012.**

**110 subjects: DXA**

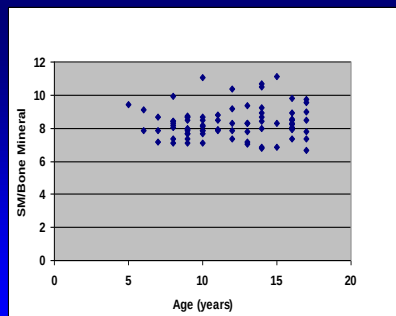
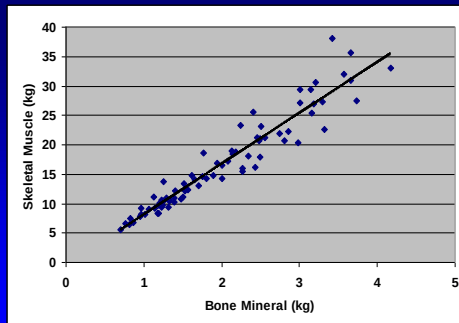
**Girls Vs Boys**

|                                                | Controlling for body weight            |
|------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 6 months: less Body weight<br>: less Lean Mass | Greater %Fat<br>Greater Trunk Fat Mass |
| 1 year: greater %Fat                           | Greater %Fat<br>Greater FM             |

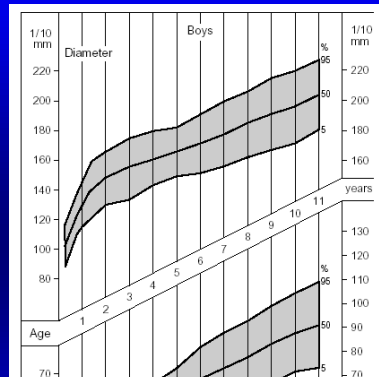
## Bone Mass and Age



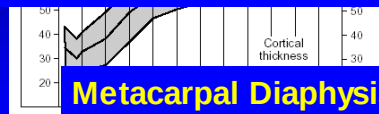
SM, skeletal muscle; BMC, bone mineral content



## Age-Related Changes in Bone Properties



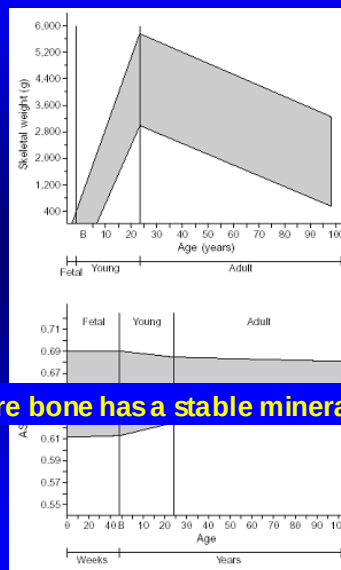
Increase in cortical thickness/diameter



Metacarpal Diaphysis

Schoenau, Ped Nephrol 1998

## Age-Related Changes in Bone Properties



Mature bone has a stable mineral + matrix content

Schoenau, Ped Nephrol 1998

# Associations of lean tissue mass and fat mass with bone mineral content in children and adolescents

Angelo Pietrobelli, Myles. S. Faith,  
Jack Wang, Paolo Brambilla, Giuseppe Chiumello,  
Steven B. Heymsfield

Obesity 2002; 10:56-60

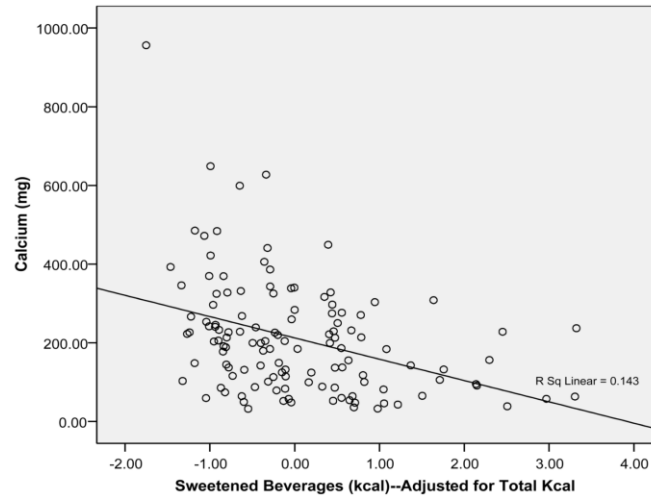
- The aim of this study was to test the hypothesis that there would be independent associations of lean tissue mass (LTM, kg) and fat mass (FM, kg) with total bone mineral content (TBMC, kg) and total bone mineral density (TBMD, g/cm<sup>2</sup>) in a sample of 133 (63 girls and 70 boys), 5 -17 year-old children and adolescents.
- Studies from the adult body composition literature have attempted to disentangle whether there are independent associations of LTM and FM with TBMC and TBMD.
- Minimal data have been published in pediatric samples.

- Across the different models tested, results consistently indicated independent associations of FM and LTM with TBMC and TBMD.
- In the “main model” (weight, age, and gender as covariates):
  - FM was significantly associated with TBMC,  $p=0.003$
  - LTM was significantly associated with TBMC,  $p<0.0001$
  - FM and LTM were significantly associated with TBMD,  $p=0.01$  and  $p=0.001$  respectively.
  - Interactions with gender were not significant

Two main findings emerged from the present study:

- Both FM and LTM were independently associated with TBMC and TBMD. These associations were similar for boys and girls, as indicated by the lack of interactions with gender in the regression model.
- Consistent with the adult literature, TBMC and TBMD were more strongly associated with LTM than FM.

We tested a model of body composition components related to TBMC and TBMD in a mixed-sex sample of children and adolescents. The development of such models might assist in better understanding how variation in nutritional status (e.g., childhood obesity) might impinge on bone development.



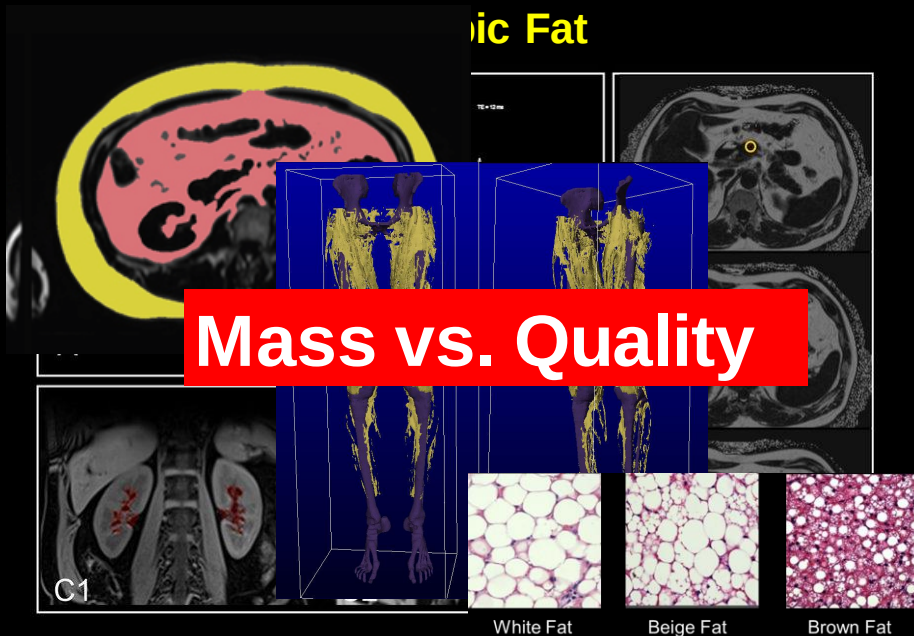
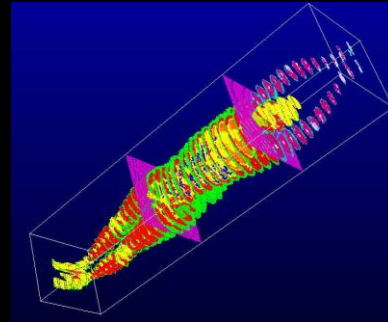
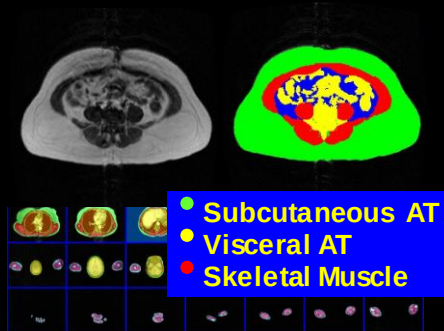
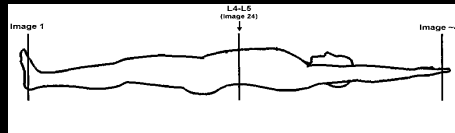
Intake of sweetened beverages (kcal), adjusted for total kcal consumed at the test meals, was negatively associated with total meal calcium (mg) ( $r = -0.38$ ;  $p \leq 0.001$ ).

Keller, Pietrobelli, Faith, JADA;2009.

## Radiation Exposure

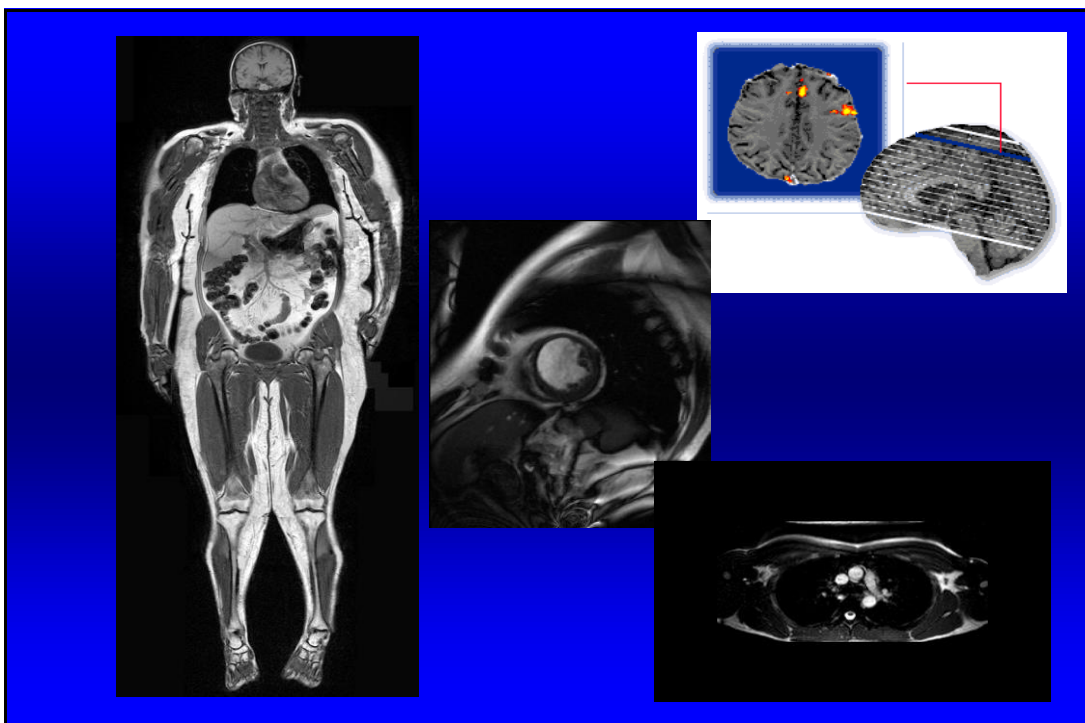
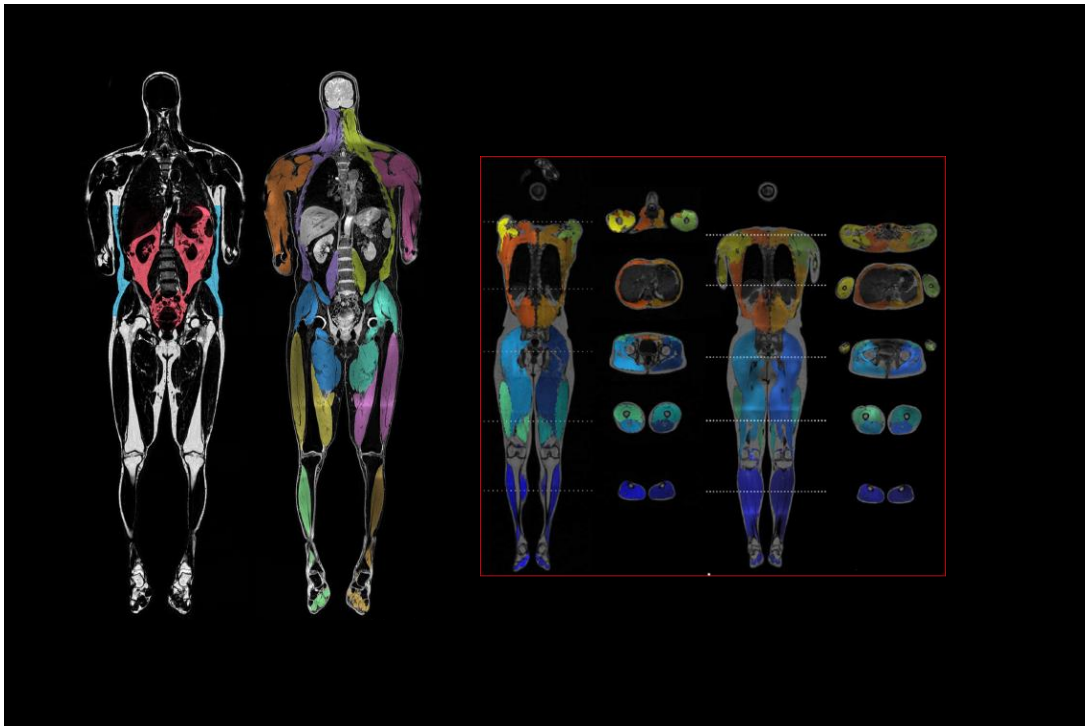
| Method                | Effective dose ( $\mu\text{Sv}$ ) |
|-----------------------|-----------------------------------|
| SPA                   | < 1                               |
| DXA                   | <10                               |
| pQCT                  | < 2                               |
| QCT                   | 70 - 400                          |
| Natural background/yr | 2400                              |
| Lumbar spine film     | 700                               |
| AP chest x-ray        | 50                                |

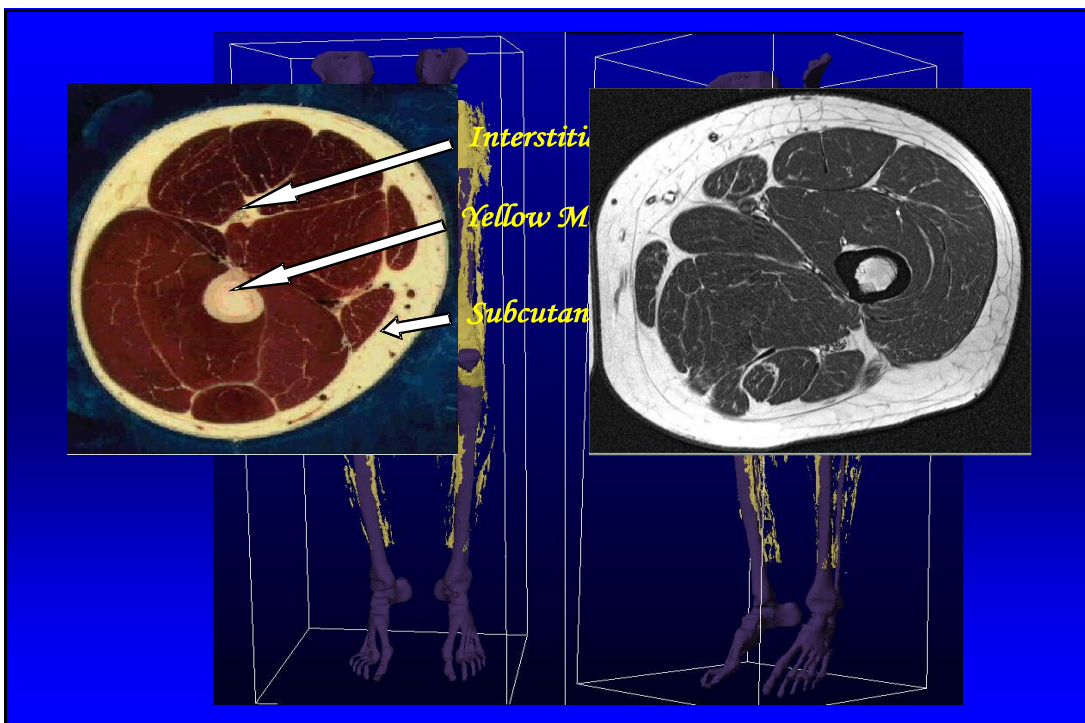
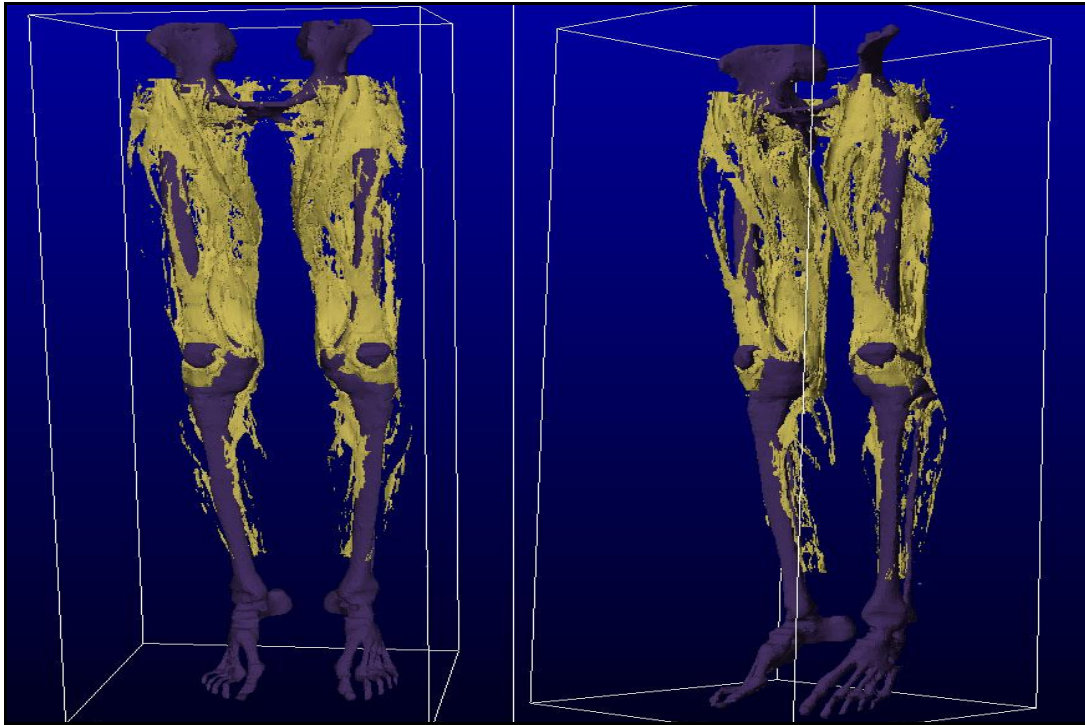
## Whole-Body MRI for Body Composition

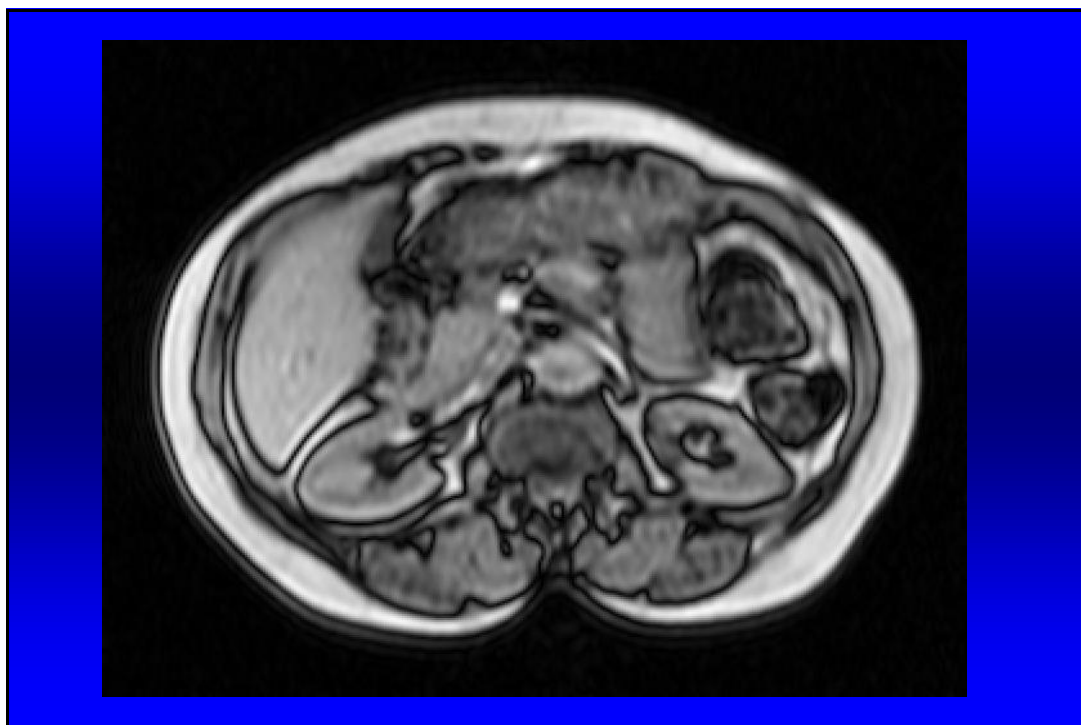


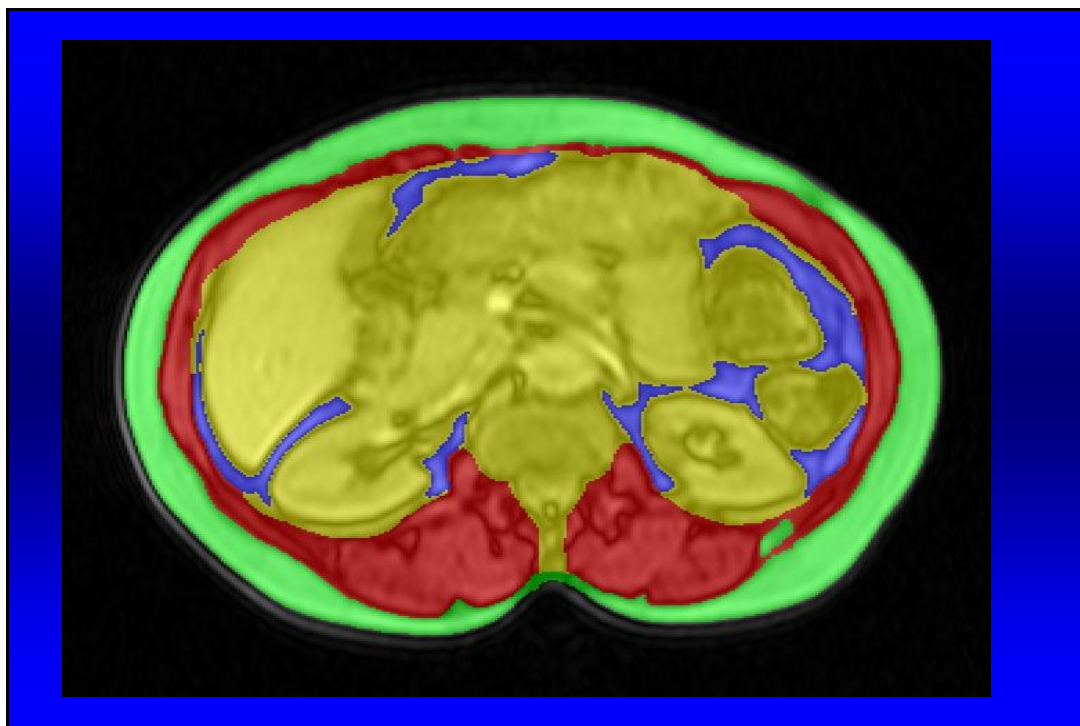
Rospleszcz et al. Sci Rep. 2019



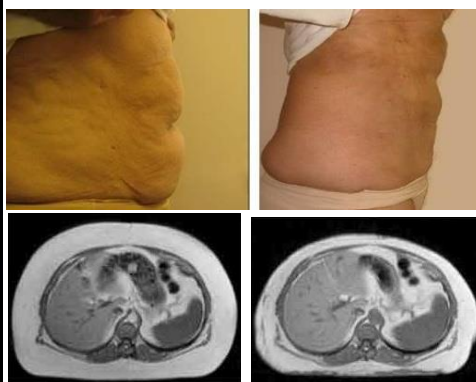
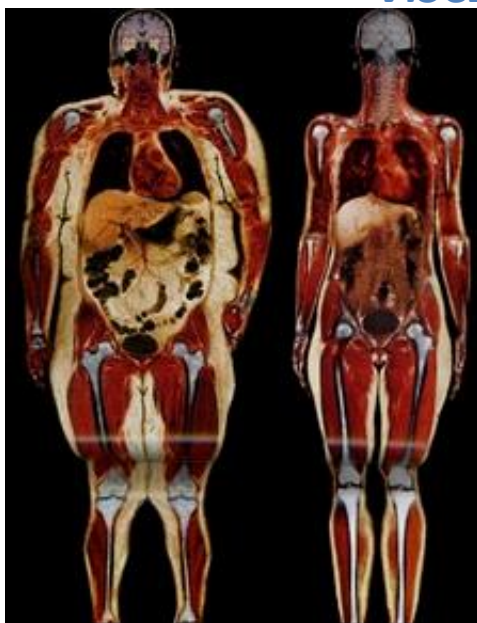








## GRASSO SOTTOCUTANEO E GRASSO VISCERALE



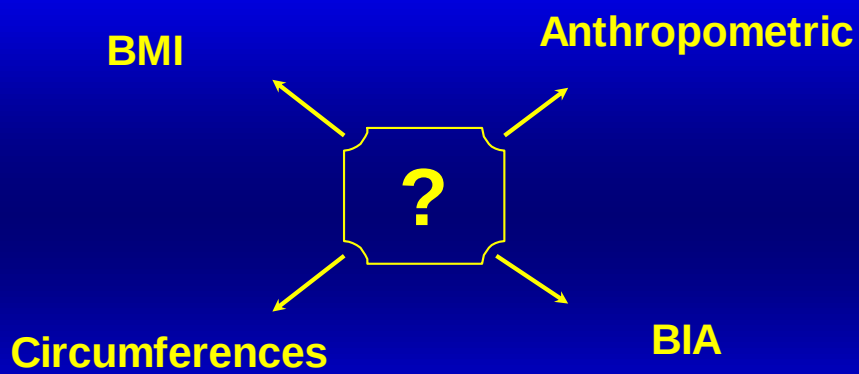
PRIMA

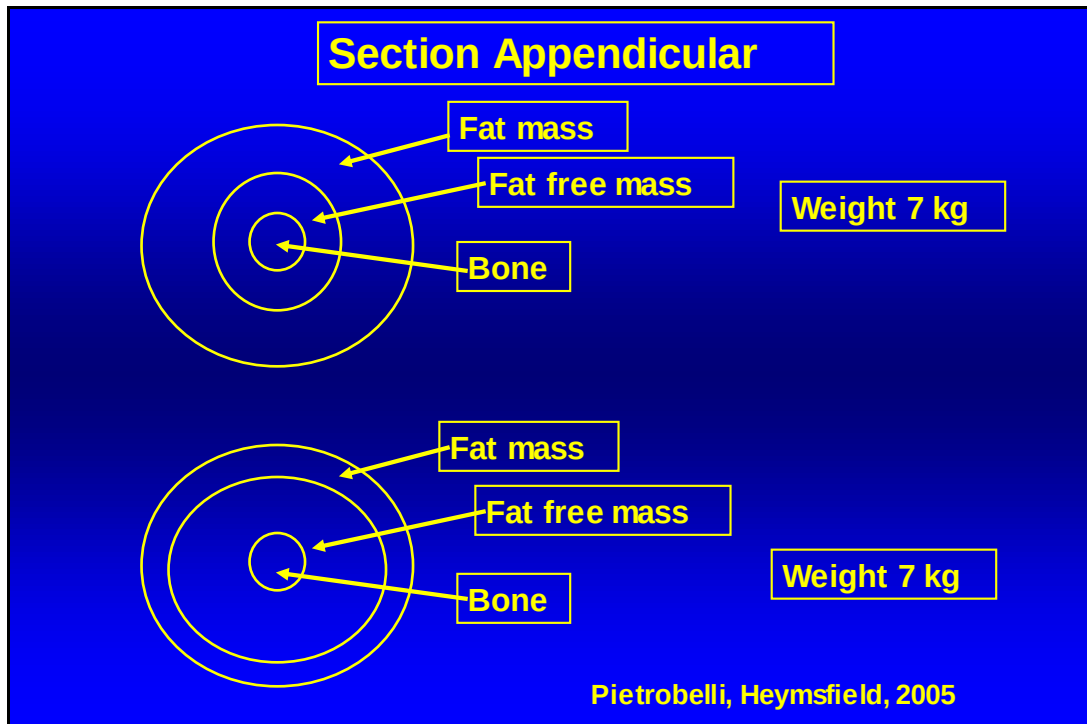
DOPO Liposuzione





Toro-Ramos T et al. Reliability of the EchoMRI Infants System for Water and Fat Measurements in Newborns. Obesity (Silver Spring). 2017 PMID: 28712143.





## What Is BMI?

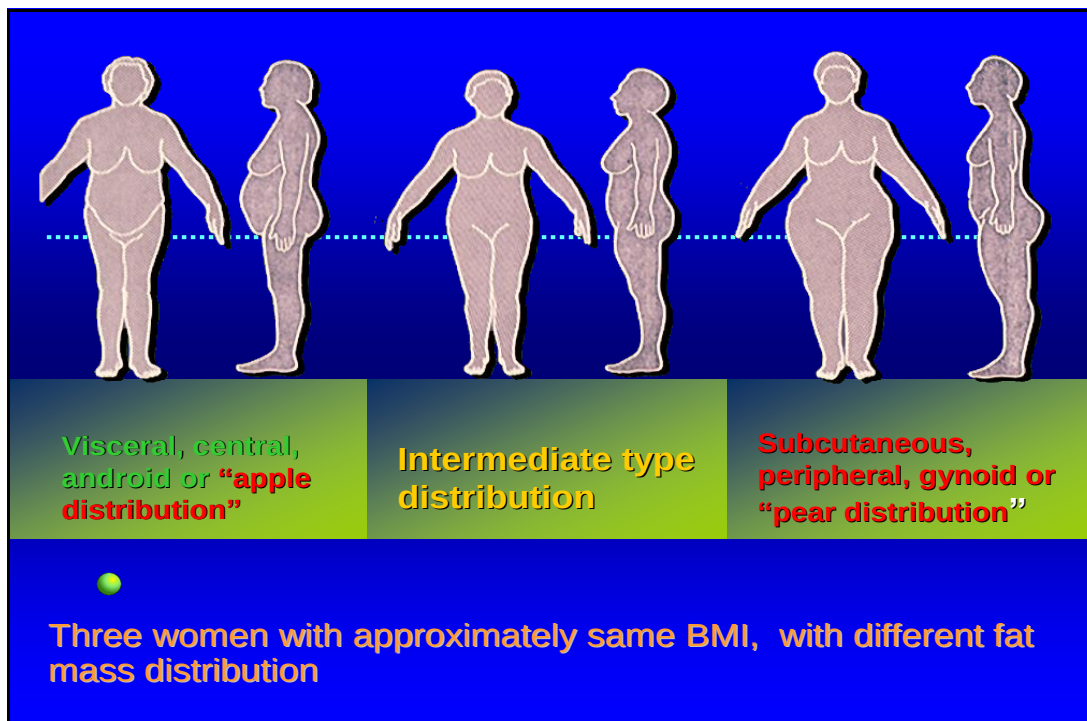
- Body mass index (BMI) =  $\text{weight (kg)} / \text{height (m)}^2$
- BMI is an effective **screening** tool; it is not a diagnostic tool
- For children, BMI is age and gender specific, so BMI-for-age is the measure used

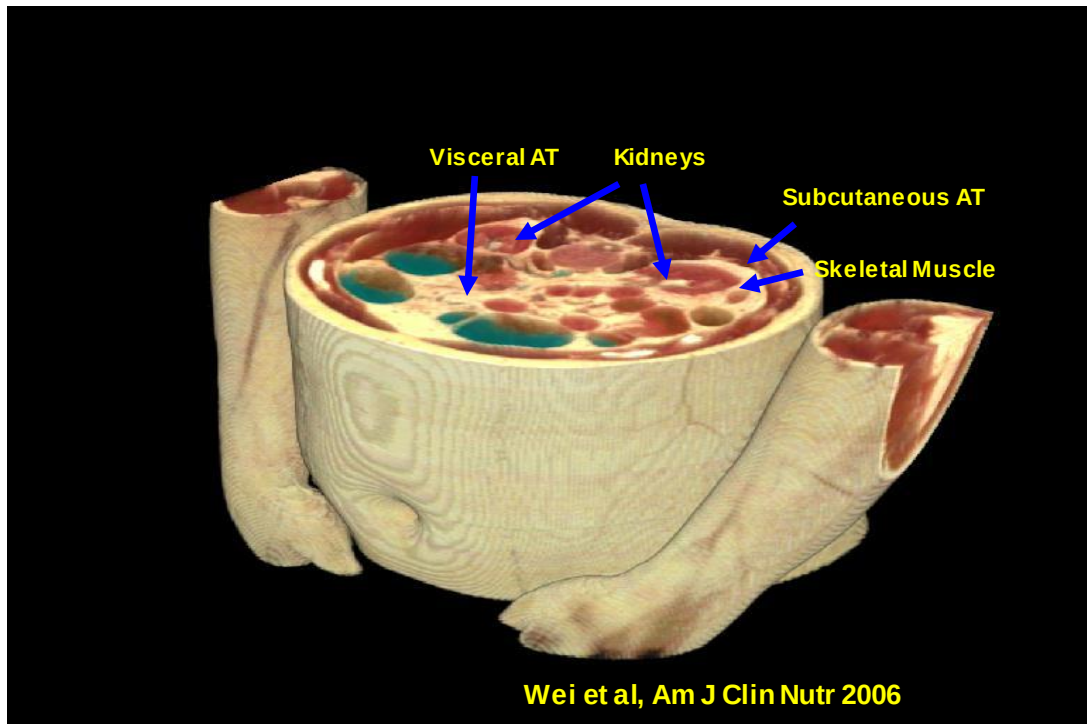


## BMI Limit

“Although it can be assumed that individuals with a BMI of 30 or above have an excess fat mass, BMI does not distinguish between weight associated with muscle and weight associated with fat”.

WHO. *Obesity: preventing and managing the global epidemic.*  
Geneva;1998, p. 10





## WAIST CIRCUMFERENCE PERCENTILES IN NATIONALLY REPRESENTATIVE SAMPLES OF AFRICAN-AMERICAN, EUROPEAN-AMERICAN, AND MEXICAN-AMERICAN CHILDREN AND ADOLESCENTS

José R. FERNÁNDEZ, PhD, DAVID T. REDDEN, PhD, ANGELO PIETROBELLI, MD, AND DAVID B. ALLISON, PhD

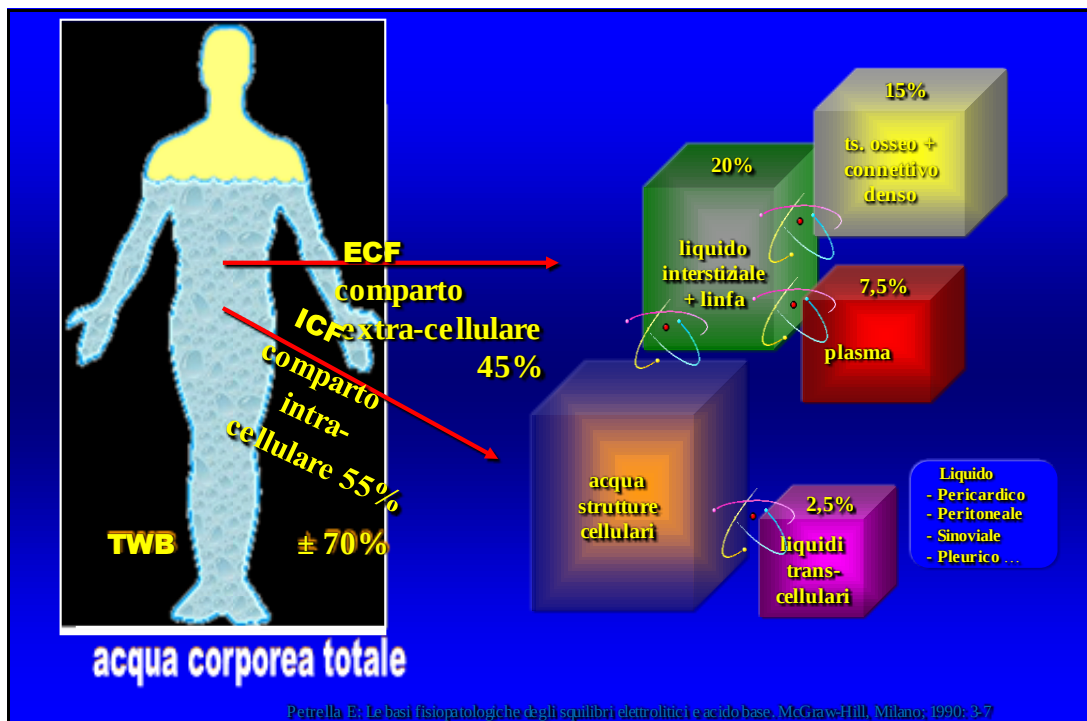
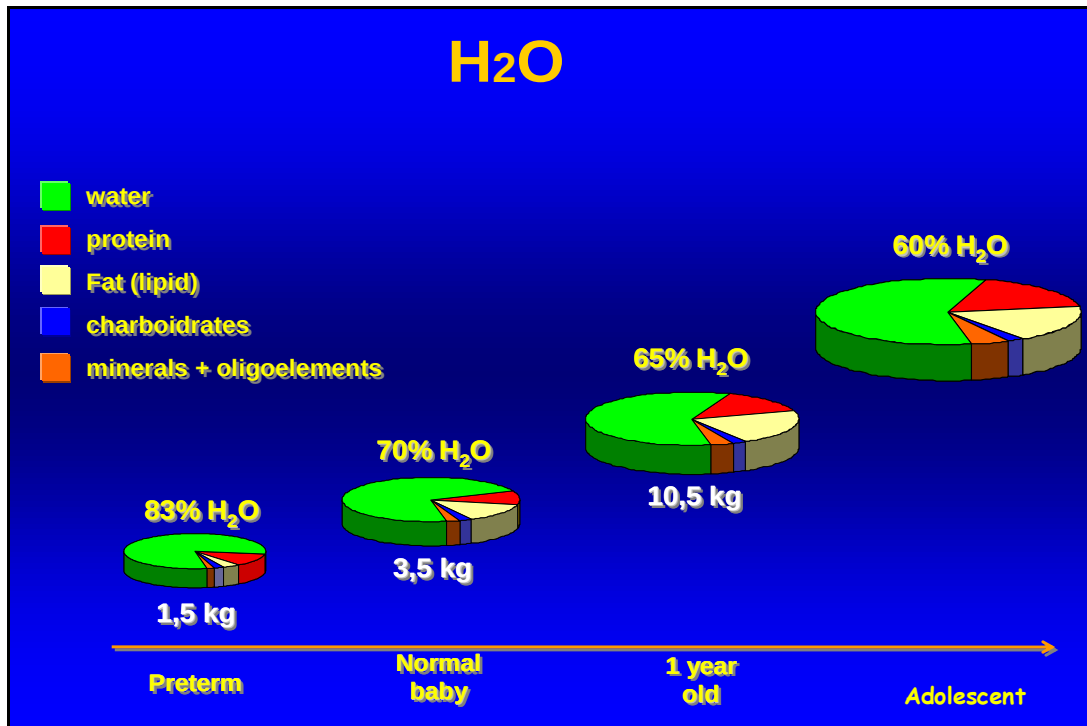
**Objective** To describe and provide estimates of the distribution of waist circumference (WC) according to percentiles in African-, European-, and Mexican-American children, and to test for group differences at different percentiles.

**Study design** Cross-sectional data from the Third National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III) were examined. The sample evaluated included 9713 nonpregnant persons 2 to 18 years of age with measured values of WCs. Age-, sex-, and ethnicity-specific percentiles were estimated via percentile regression.

**Results** WC measurements increased in a monotonic fashion across ages but at nonconstant rates and in a manner that varied across age and sex. At higher percentiles of the distribution, estimates of WC differ between Mexican-American (MA) and European-American (EA) and between African-American (AA) and European-American (EA), and, in some cases, exceeded the adult cutoff value for obesity-related disease risk at as early as 13 years of age.

**Conclusion** Age-, sex-, and ethnicity-specific WC percentiles are available for US children and adolescents and can be used as an assessment tool that could impact public health recommendations. Results suggest concern with respect to high WC values among certain ethnic groups. (*J Pediatr* 2004;145:439-44)



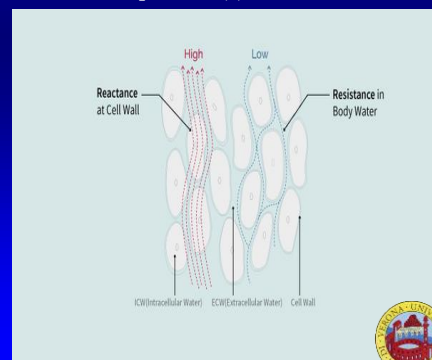


## What is BIA ?

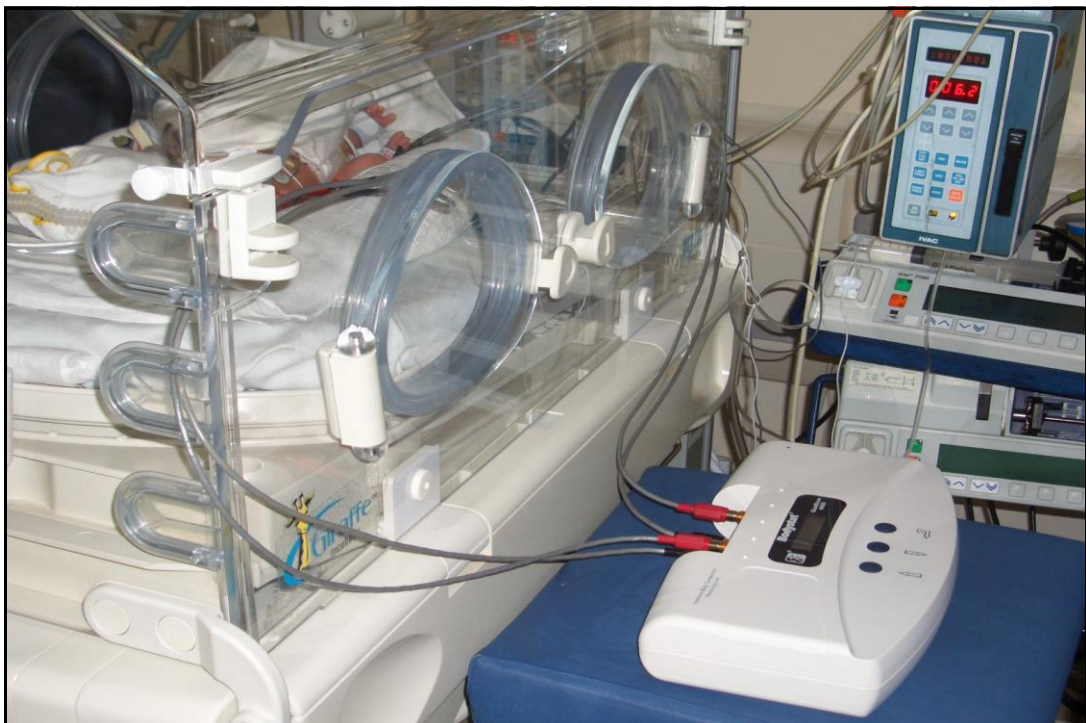
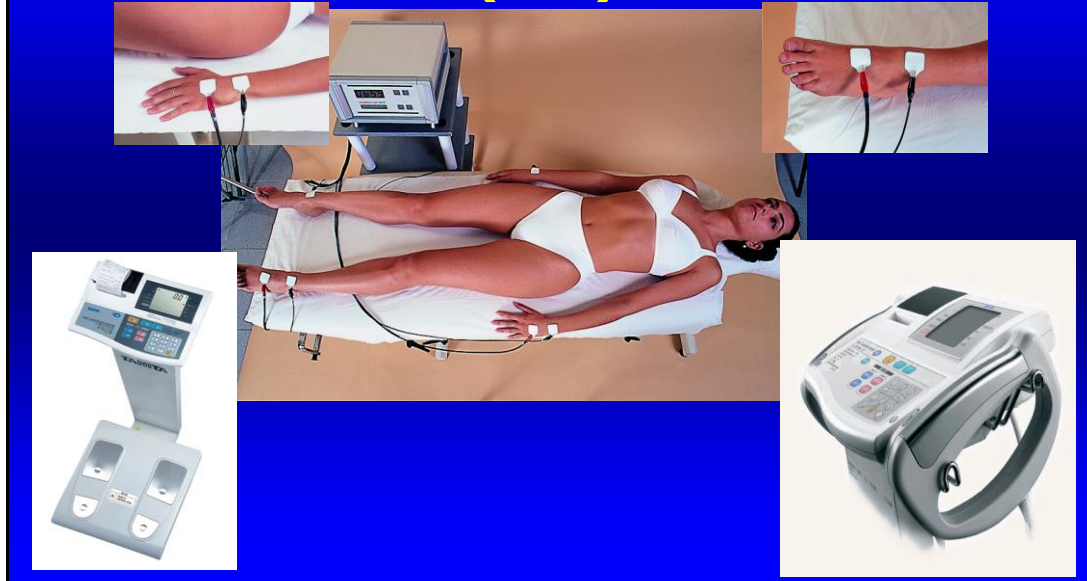
- BIA is a **simple**, **low-cost** and **portable** technique for the assessment of body composition.
- BIA allows to **estimate** body compartments from the **measurement** of bioelectrical impedance (Z).
- BIA is an **indirect** body composition technique, making use of **predictive equations**.

## How BIA Works

- BIA Analyzer sends harmless electrical signal, through the body via 4 or 8 electrodes.
- The signal travels through the body from electrode to electrode.
- The signal passes easily through muscle tissue and water but finds resistance or impedance when trying to pass through fat.
- BIA measures impedance by body tissues to the flow of a small ( $<1\text{mA}$ ) alternating electrical current (50kHz)
- Impedance is a function of:
  - electrical resistance of tissue
  - electrical capacitance (storage) of tissue (reactance)
- BIA technology utilises the REACTANCE measurements within the algorithm to provide the highest body composition measurements.
- The effect due to energy dissipation is called resistance (R). The effect due to energy storage is called reactance (X). Units of resistance and reactance are called ohms. Resistance and reactance taken together are called the impedance (Z).

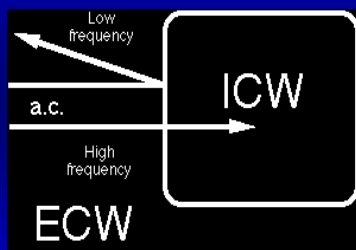


## Bioimpedance analysis (BIA)



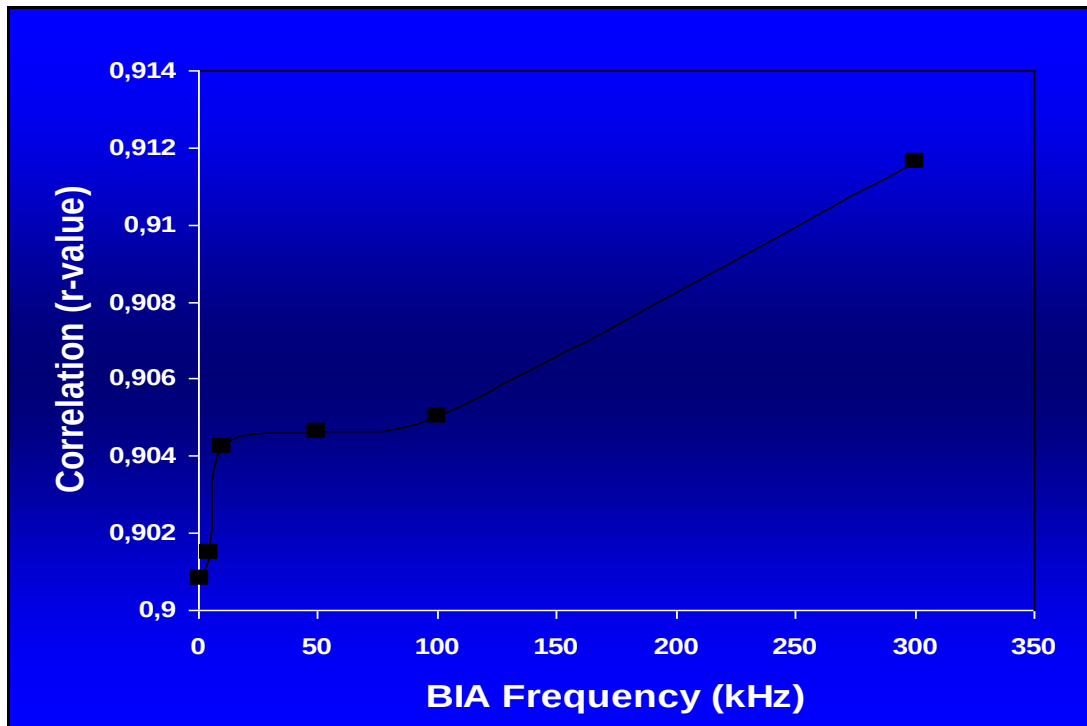


## Multifrequency

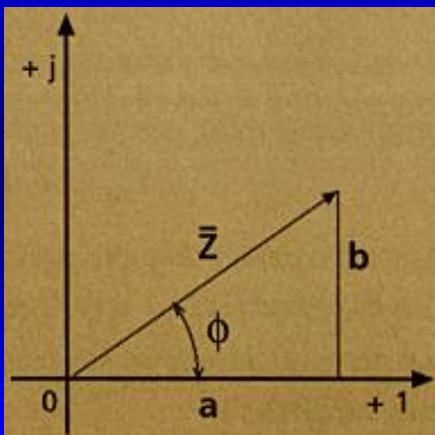


- $Z_{LF}^*$  ( $< 50$  kHz)  $\longrightarrow$  ECW
- $Z_{HF}^*$  ( $\geq 50$  kHz)  $\longrightarrow$  TBW (ECW+ ICW)
- $Z_{LF} : Z_{HF}^*$   $\longrightarrow$  ECW/TBW

\* R instead of Z (resistance instead of impedance)



### What is phase angle (F) ?



- $Z$  can be expressed as a complex number:  $Z = a + jb$  where  $j^2 = -1$ .
- It follows that:  $Z^2 = a^2 + b^2$ .
- In electrical systems, measurement of  $Z$  and  $F$  allows to infer the topology of the underlying conductor.

## What is Z ?

- Z is the ratio between the **voltage** and the **intensity** of an alternating electrical current (a.c.) applied to a (biological) material.
- Z varies with the **composition** of the underlying material.
- The higher is the **frequency** of the administered a.c., the higher is its penetration in the material.

## Which are the determinants of Z ?

- In electrical systems, Z results from the **simultaneous** action of resistance (R), capacitance (C) and inductance.
- Biological conductors show **resistive** and **capacitive** properties only.
- Resistors are identified with **intra- and extra-cellular fluids**.
- Condensers are identified with **cell membranes**.

Schanne OF and Ceretti ERP(1978). Impedance measurements in biological cells. NY, John Wiley & Sons.  
Lukaski HC *et al.* (1985). *Am J. Clin. Nutr.* 41: 810.

## **Bioimpedance Analysis (BIA)**

**Appropriate Equations**

**Controlled Measurement Conditions**

**Position**

**Time of Day**

**Hydration/activity**

**Room Temperature**

**Calibration**

**Pietrobelli, Heymsfield et al, 2002**

### *Standardizing BIA: the environment*

- Temperature: precision of measurements is good in the 24° - 34° C range.



## Standardizing BIA: other subject-related variables

- Skin temperature: **fever** is responsible for artifacts.
- Skin preparation: use **alcohol**.
- **Fasting**: from at least 8 h.
- Physical activity: to be **avoided** before measurements.
- Menstrual cycle: precision is higher in the **early follicular phase**.

European Journal of Clinical Nutrition (2004) 58, 1479–1484  
© 2004 Nature Publishing Group All rights reserved 0954-3007/04 \$30.00  
www.nature.com/ejcn



## ORIGINAL COMMUNICATION

### New bioimpedance analysis system: improved phenotyping with whole-body analysis

A Pietrobelli<sup>1,2\*</sup>, F Rubiano<sup>2</sup>, M-P St-Onge<sup>2</sup>, SB Heymsfield<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pediatric Unit, Verona University Medical School, Verona, Italy; and <sup>2</sup>Obesity Research Center, St Luke's/Roosevelt Hospital, College of Physicians and Surgeons, Columbia University, New York, NY, USA

**Objective:** Bioimpedance analysis (BIA) is a potential field and clinical method for evaluating skeletal muscle mass (SM) and %fat. A new BIA system has 8–(two on each hand and foot) rather than 4–contact electrodes allowing for rapid ‘whole-body’ and regional body composition evaluation.

**Design:** This study evaluated the 50 kHz BC-418 8-contact electrode and TBF-310 4-contact electrode foot–foot BIA systems (Tanita Corp., Tokyo, Japan).

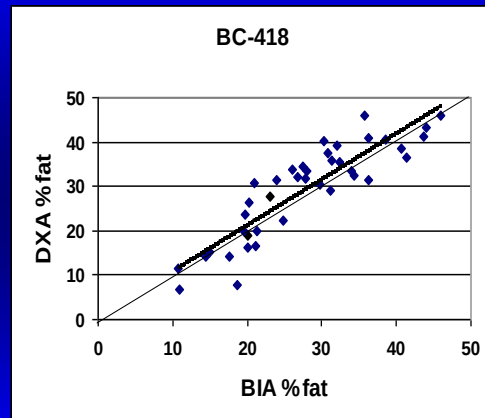
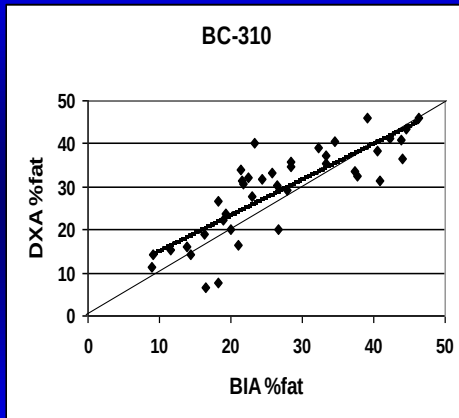
**Subjects:** There were 40 subject evaluations in males ( $n=20$ ) and females ( $n=20$ ) ranging in age from 6 to 64 y. BIA was evaluated in each subject and compared to reference lean soft-tissue (LST) and %fat estimates in the appendages and remainder (trunk + head) provided by dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). Appendicular LST (ALST) estimates from both BIA and DXA were used to derive total body SM mass.

**Results:** The highest correlation between total body LST by DXA and impedance index ( $Ht^2/Z$ ) by BC-418 was for the foot–hand segments ( $r=0.986$ ; left side only) compared to the arm ( $r=0.970$ – $0.979$ ) and leg segments ( $r=0.942$ – $0.957$ ) (all  $P<0.001$ ). The within- and between-day coefficient of variation for %fat and ALST evaluated in five subjects was  $<1\%$  and  $\sim 1$ – $3.7\%$ , respectively. The correlations between 8-electrode predicted and DXA appendicular (arms, legs, total) and trunk + head LST were strong and highly significant (all  $r\geq 0.95$ ,  $P<0.001$ ) and group means did not differ across methods. Skeletal muscle mass calculated (Kim equation) from total ALST by DXA ( $X\pm s.d.$ ) ( $23.7\pm 9.7$  kg) was not significantly different and highly correlated with BC-418 estimates ( $25.2\pm 9.6$  kg;  $r=0.96$ ,  $P<0.001$ ). There was a good correlation between total body %fat by 8-electrode BIA vs DXA ( $r=0.87$ ,  $P<0.001$ ) that exceeded the corresponding association with 4-electrode BIA ( $r=0.82$ ,  $P<0.001$ ). Group mean segmental %fat estimates from BC-418 did not differ significantly from corresponding DXA estimates. No between-method bias was detected in the whole body, ALST, and skeletal muscle analyses.

**Conclusions:** The new 8-electrode BIA system offers an important new opportunity of evaluating SM in research and clinical settings. The additional electrodes of the new BIA system also improve the association with DXA %fat estimates over those provided by the conventional foot–foot BIA.

European Journal of Clinical Nutrition (2004) 58, 1479–1484. doi:10.1038/sj.ejcn.1601993  
Published online 12 May 2004



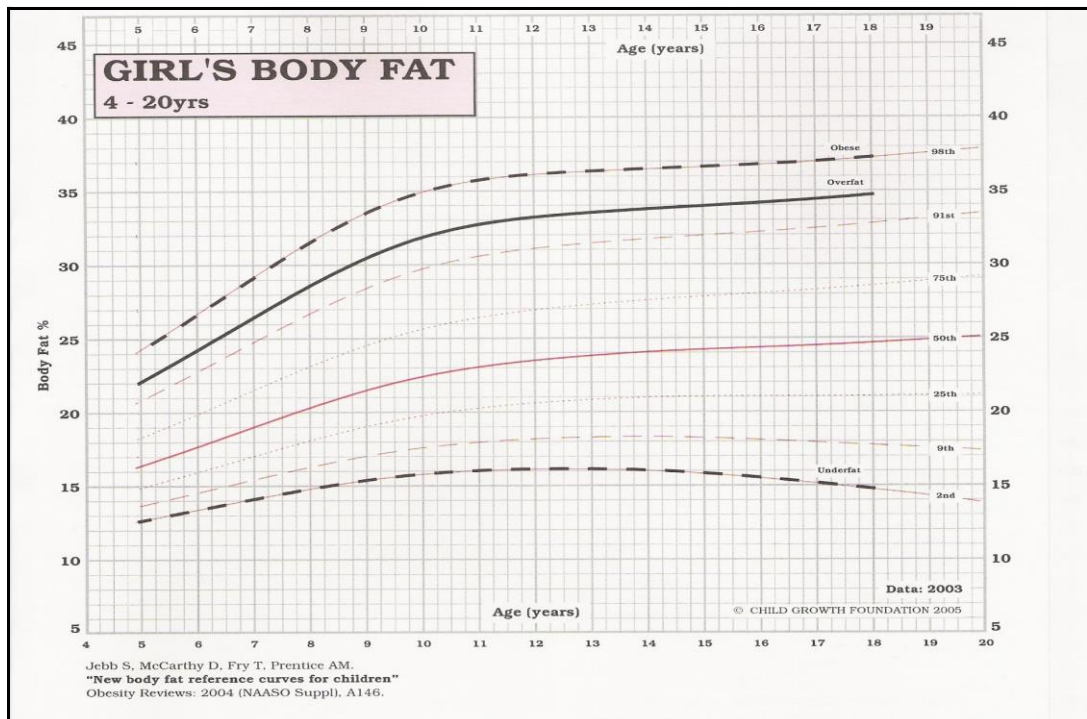
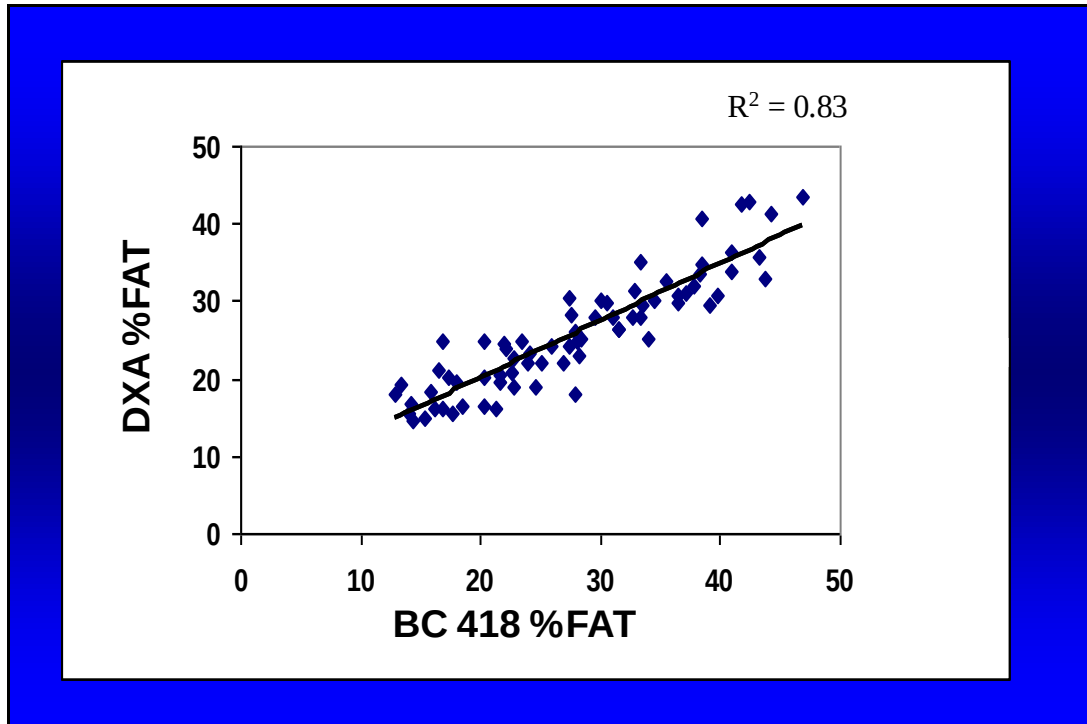


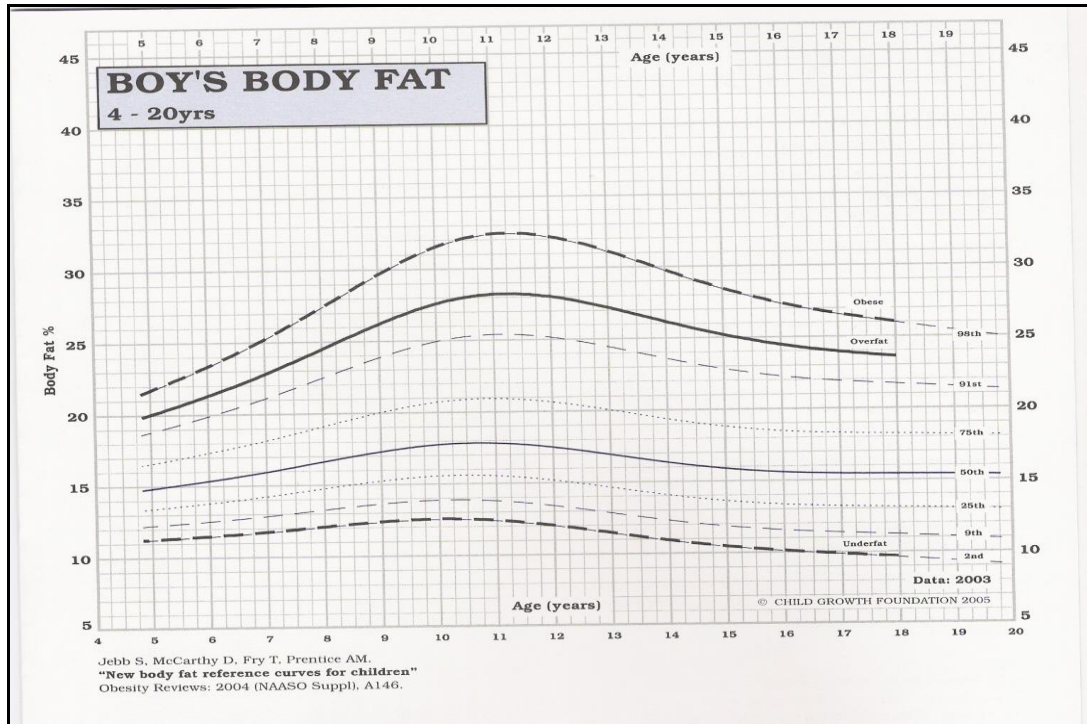
## **VALIDATION OF CONTACT ELECTRODE BIOIMPEDANCE ANALYSIS IN A PEDIATRIC POPULATION**

**Angelo Pietrobelli<sup>1,2</sup>, Frederick Rubiano<sup>2</sup>,  
Jack Wang<sup>2</sup>, ZiMian Wang<sup>2</sup>,  
Steven B. Heymsfield<sup>2</sup>,**

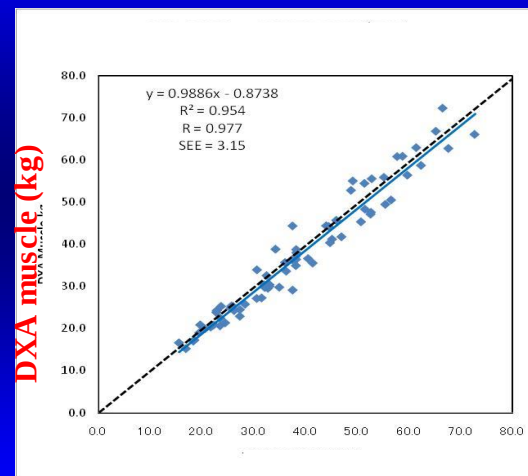
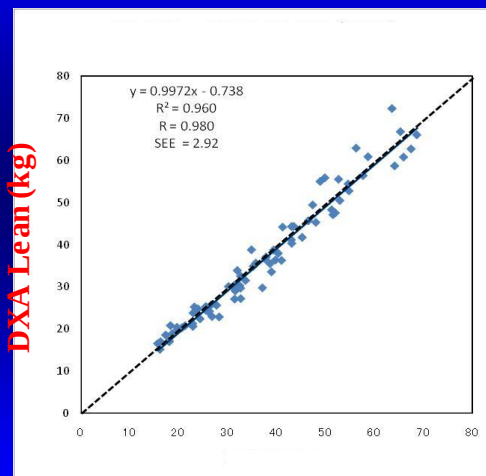
<sup>1</sup>Pediatric Unit, Verona University Medical School,  
Verona, (ITALY)

<sup>2</sup>Obesity Research Center, St. Luke's/Roosevelt Hospital,  
Columbia University, New York, NY, (USA)





## Relationship between BIA and DXA Lean soft tissue Children (age:5-18)



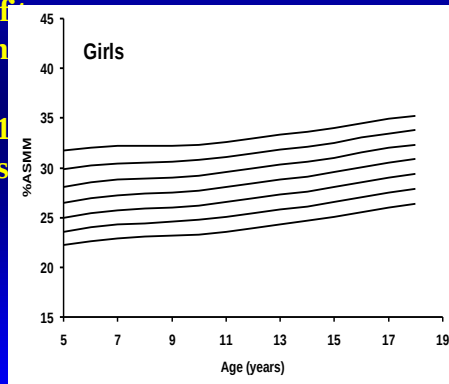
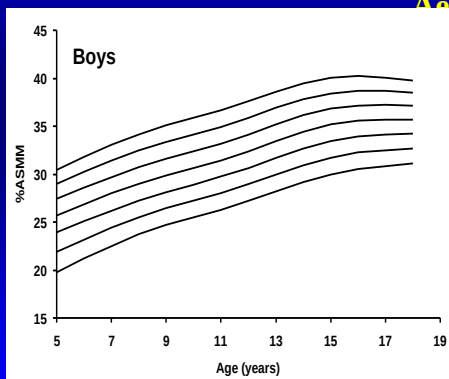
## SKELETAL MUSCLE MASS PERCENTILE CURVES (children aged 5-18 years)

- Skeletal muscle
  - Metabolic health
  - Strength
  - Aerobic fitness
  - Nutritional status
- 3080 Caucasian children aged 5 – 18 y.
- Percentile curves for boys and girls using the LSM Method
- Girls: Flat in the early age and then slightly increase at puberty
- Boys: Increase across the age range until flattening off post puberty
- BIA assessment of SM represents an advance in nutritional assessment

McCarthy et al, 2011

## SKELETAL MUSCLE MASS PERCENTILE CURVES (children aged 5-18 years)

- Skeletal muscle
  - Metabolic health
  - Strength
  - Aerobic fitness
  - Nutritional status
- 3080 Caucasian children aged 5 – 18 y.
- Percentile curves for boys and girls using the LSM Method



McCarthy et al, 2011

## CLASSIC APPLICATIONS

➤ **EPIDEMIOLOGY**

➤ **AGING**

➤ **SPORT**

➤ **OBESITY**

## EPIDEMIOLOGY

- ❑ The prediction of extra-cellular and total body water from BIA in a non-Caucasian population from Central Asia. *Ann. Hum. Biol.* (1995)
- ❑ Comparison of food composition tables and direct chemical analysis for the assessment of food intake in a military community" *Int. J. Food Sciences Nutr.* (1999)
- ❑ Accuracy of an eight-point tactile-electrode impedance method in the assessment of total body water" *Eur. J. Clin. Nutr.* (2002)

## AGING

- ❑ Influence of body composition on bone mineral content in elderly women" *Ann. of the NY Ac. of Sciences* (2000)
- ❑ Is body mass index a measure of adiposity in elderly women?" *Ob. Res.* (2001)
- ❑ Relationship between body composition and bone mineral content in young and elderly women" *Ann. Hum. Biology* (2002)

## SPORT

- ❑ Relative expansion of extra-cellular water in elite male athletes compared to recreational sportsmen". *Ann. Hum. Biol.* (1994)
- ❑ Some application of indirect calorimetry to Sports Medicine. *Acta Diabetologica* (2001)

## OBESITY

- ❑ The prediction of total body water from body impedance in young obese subjects. *Int. J. of Obesity* (1992)
- ❑ The prediction of total body water and extracellular water from BIA in obese children". *Eur. J. of Clin. Nutr.* (1997)
- ❑ Association of waist circumference and body mass index with fasting blood insulin in severely obese children". *Diab. Nutr. and Met.* (2002)

## OTHER APPLICATIONS

- **CIRRHOSIS**
- **DUCHENNE**
- **ARTHRITIS**
- **ANOREXIA**

## CIRRHOSIS

"Multi-frequency bioelectric impedance measurements for predicting body water compartments in patients with non ascitic liver cirrhosis" *BJ Nutr* (1996)

## DUCHENNE MUSCULAR DYSTROPHY

"Multi-frequency bioelectric impedance measurements for the prediction of body water compartments in Duchenne Muscular Dystrophy" *Neur Musc Disorders* (1996)

## RHEUMATOID ARTRITIS

"Altered body water distribution in subjects with juvenile rheumatoid arthritis and its effects on the measurement of water compartments from BIA" *Eur J Cl Nutr* (1996)

## ANOREXIA

"The prediction of total body water from BIA in patients with anorexia nervosa" *BJ Nutr* (1997)



## BIA in action:

: body fat monitoring/weight management

- Shaikh et al, Horm Res 2007: BIA is useful in body fat management and give important and useful clinical information on fat mass.
- Hunt et al, Arch Dis Child 2007: Segmental BIA compared with BMI in obese kids attending a hospital-based clinic on a regular 3 monthly basis.
- Pietrobelli A. Int J Obes 2004: BIA used in daily clinical practice.

## NEW INSIGHT BIA

- ❑ Validity of foot-to foot bioelectrical impedance analysis in overweight and obese children and parents. *J Sports Med Phys Fitness (2006)*

Children: BIA Vs DXA: Fat Mass: R:0.97  
: Fat Free Mass: R:0.94

Parents: BIA Vs DXA : Fat Mass: R:0.97  
: Fat Free Mass: R:0.91

- ❑ Development of bioelectrical impedance-derived indices of fat and fat-free mass for assessment of nutritional status in childhood. *Eur J Clin Nutr (2008)*

7576 subjects. BIA reveals variations in nutritional status not detected using anthropometry measurements.

## NEW INSIGHT BIA

- ❑ Measurement of body composition in 8-10-year-old African-American girls: a comparison of dual-energy X-ray Absorptiometry and foot-to-foot bioimpedance methods. *Int J Pediatric Obesity* (2009)

BIA Vs DXA: Fat Mass: R:0.98  
: Fat Free Mass: R:0.94

- ❑ Comparisons of obesity assessments in over-weight elementary students using anthropometry, BIA, CT and DEXA. *Nutr Res Pract* (2010)

BIA seems to be the most effective way to measure Fat Mass.

## NEW INSIGHT BIA

- ❑ Body composition analysis by leg-to-leg bioelectrical impedance and dual energy X-ray absorptiometry in non-obese and obese individuals. *Diabetes* (2008)

BIA Vs DXA: Fat Free Mass (O): R:0.82  
: Fat Free Mass (NO): R:0.95

- ❑ Accuracy of direct segmental multi-frequency bioimpedance analysis in the assessment of total body and segmental body composition in middle-aged adult population. *Clin Nutr* (2011)

500 Adults

BIA seems to be a valid tool for the assessment of Total and Segmental Lean Mass

.....

- Neovius et al. Bioelectrical impedance underestimates total and truncal fatness in abdominally obese women. Obesity 2006;14:1731-38.
- Oshima et al. Within day variability of whole body and segmental bioelectrical impedance in a standing position. Eur J Clin Nutr 2006;
- Rush et al. Validity of hand-to-foot measurement of bioimpedance: standing compared with lying position. Obesity 2006; 14:252-7.
- Sun et al. Comparison of multifrequency bioelectrical impedance analysis with dual energy X-ray absorptiometry for assessment of percentage body fat in a large, healthy population. Am J Clin Nutr 2005.
- Donadio et al. Estimated of body water compartments and body composition in maintenance hemodialysis patients: comparison of single and multifrequency bioimpedance analysis. J Ren Nutr 2005.

.....

- Neovius et al. Bioelectrical impedance underestimates total and truncal fatness in abdominally obese women. Obesity 2006;14:1731-38.
- Oshima et al. Within day variability of whole body and segmental bioelectrical impedance in a standing position. Eur J Clin Nutr 2006;
- Rush et al. Validity of hand-to-foot measurement of bioimpedance: standing compared with lying position. Obesity 2006; 14:252-7.
- Sun et al. Comparison of multifrequency bioelectrical impedance analysis with dual energy X-ray absorptiometry for assessment of percentage body fat in a large, healthy population. Am J Clin Nutr 2005.
- Donadio et al. Estimated of body water compartments and body composition in maintenance hemodialysis patients: comparison of single and multifrequency bioimpedance analysis. J Ren Nutr 2005.

## How much accurate is BIA ?

- The accuracy of BIA depends mainly from the accuracy of the underlying **predictive equation**.
- Predictive equations tend to be **population-specific** (race, age, sex, adiposity, hydration, disease)

## BACKGROUND



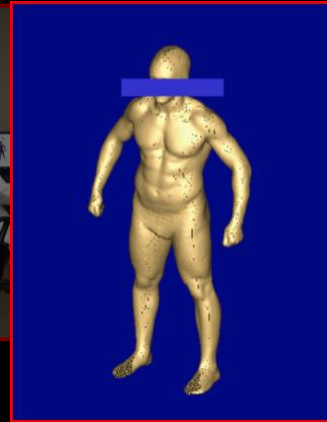
## Anthropometric Body Shape Assessment: Advanced 3D Imaging Systems



of Electrical  
Engineering &  
Computer Science

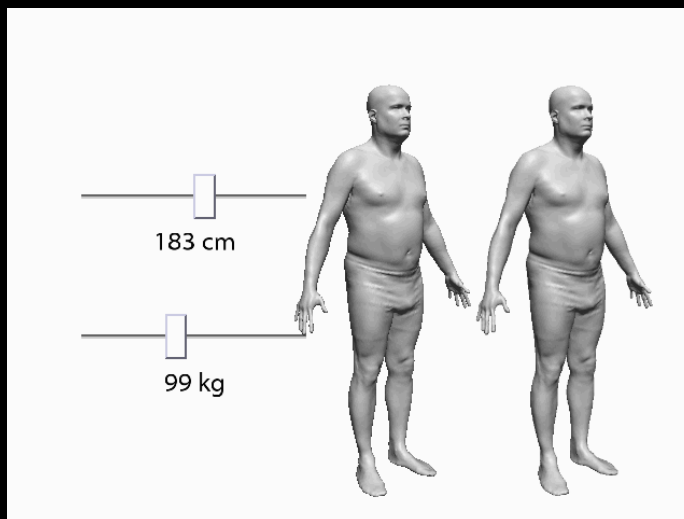


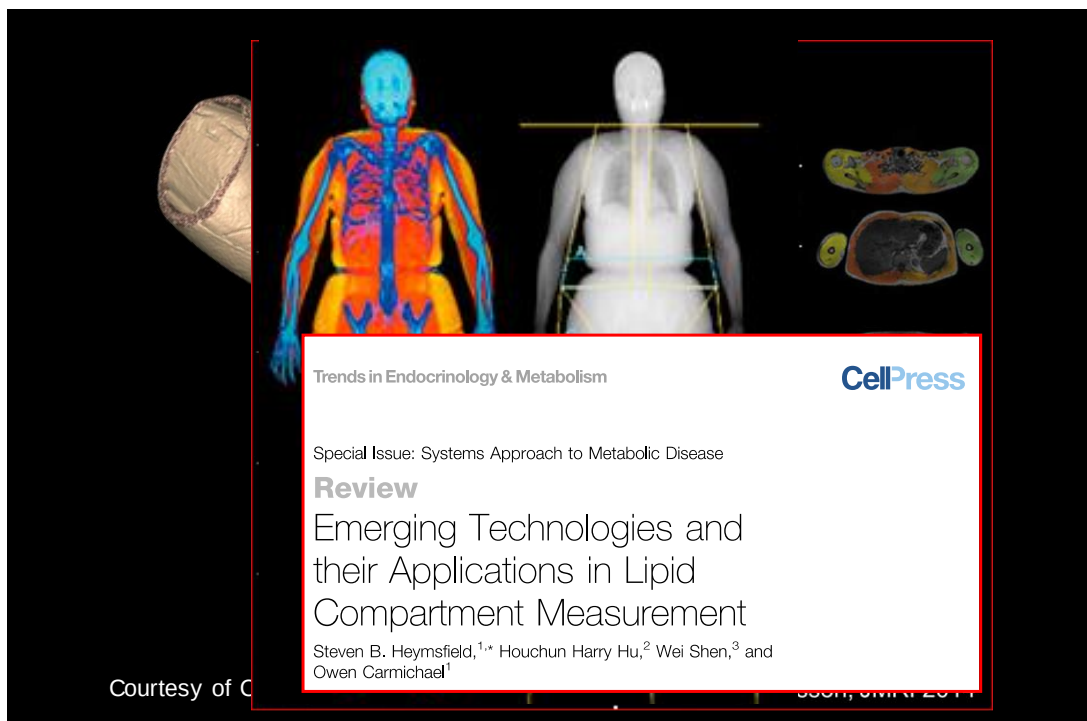
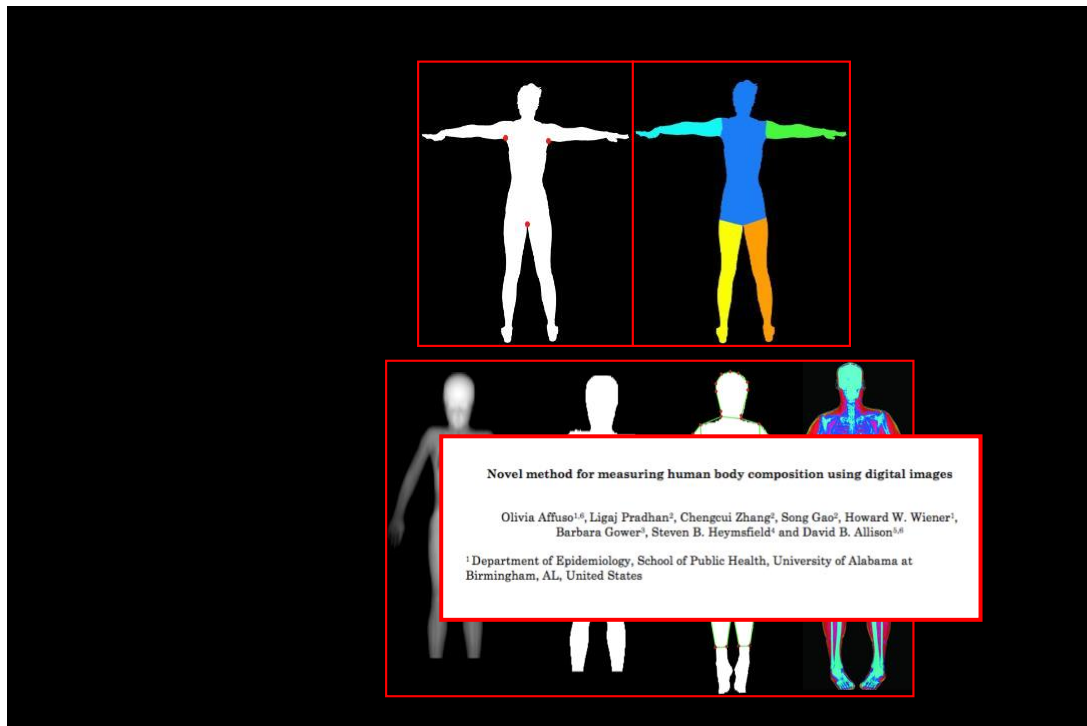
camera sensor) scanners

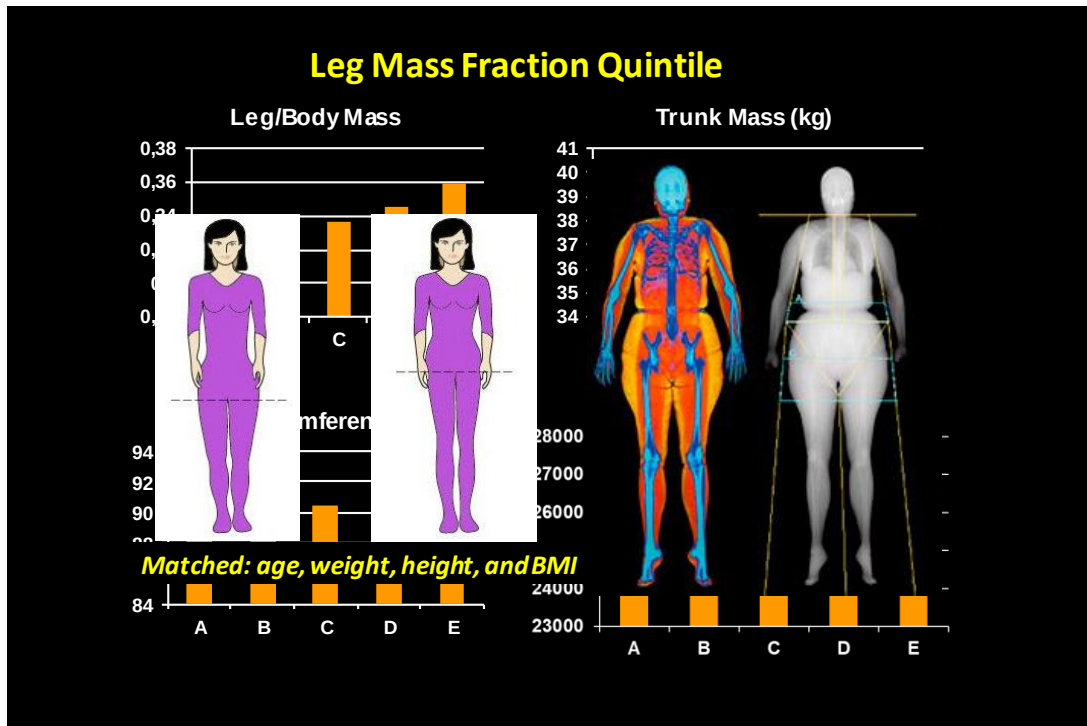


KX16

## Fitting to attributes







### Minimum Detectable Change of FAT MASS (kg)

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| - 4C-Model                           | 3   |
| - Deuterium dilution                 | 2   |
| - Densitometry                       | 2   |
| - DXA                                | 1   |
| - MRI<br>(whole body adipose tissue) | 1   |
| - BIA                                | 1   |
| - QMR                                | 0.2 |

Muller et al, April 2012, Obesity





## **CONCLUSION**

**Forbes (1915 – 2003):**

... it is important for clinicians to know nutritional factors, energy intake, and composition of the diet, nutrition and hormonal status, food preference and behavior, and the influence of non-nutritional factors. When these are taken all together with an accurate and precise body composition assessment, it may be possible to have the possibility to control growth process and to predict adult status in order to reduce the risk of various diseases .....

## **Collaboration**

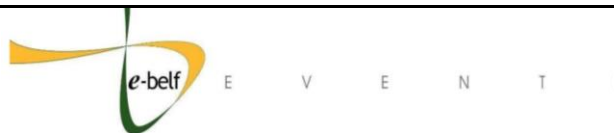
- Pennington Biomedical Research Center:  
**Steven B. Heymsfield**
- Buffalo University:  
**Myles S. Faith**
- University of Birmingham (AL):  
**David B. Allison**
- Einstein University (NYC):  
**Moonseong Heo**
- Malmö University (Sweden):  
**Carl-Erik Flodmark**
- Vienna Medical School (Austria):  
**Kurt Widhalm**
- Roma (Bambino Gesù):  
**Valerio Nobili, Stefano Cianfarani**

# Farmaci per il controllo del peso e del dolore in riabilitazione metabolica

*Paolo Capodaglio*



**ISTITUTO AUXOLOGICO ITALIANO**  
Istituto di ricovero e cura a carattere scientifico



**OSTEOFORUM**  
LA SALVAGUARDIA DELL'OSSO E DEL MUSCOLO  
NEL PAZIENTE CON FRAGILITÀ MUSCOLO-SCHELETRICA

24 settembre 2021

AULA MAGNA DENTAL SCHOOL - Via Nizza 230, 10126 Torino



**ISTITUTO AUXOLOGICO ITALIANO**  
Istituto di Ricovero e Cura a Carattere Scientifico

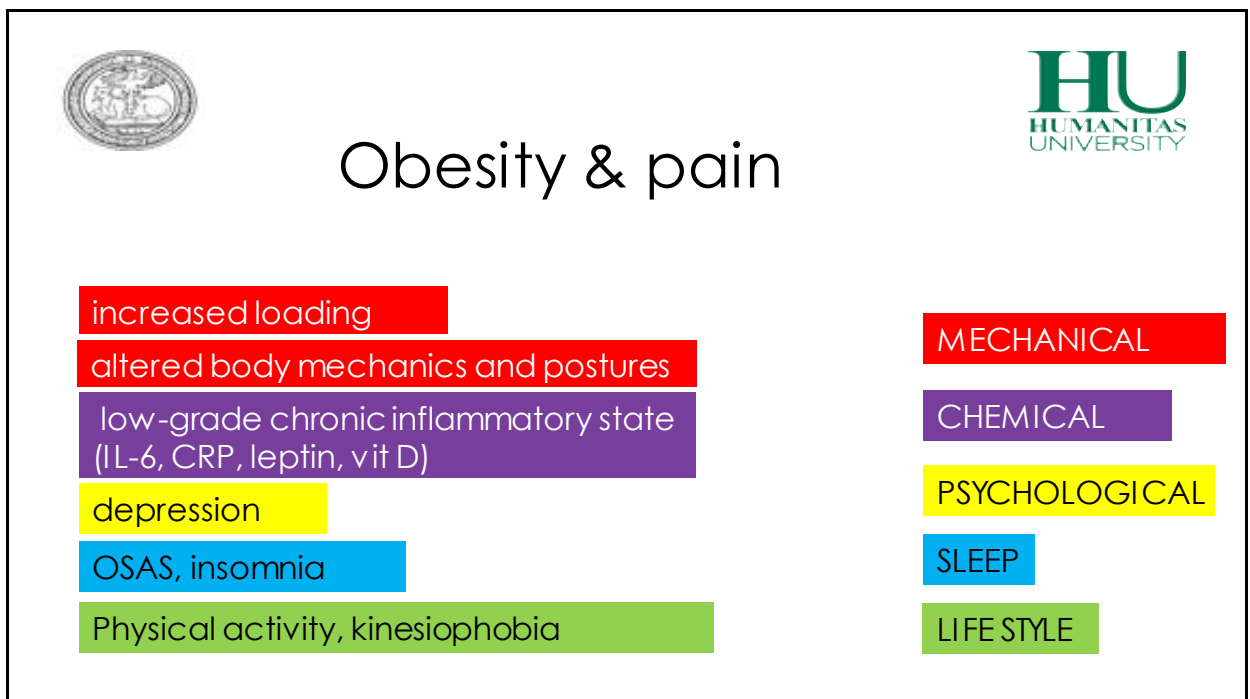
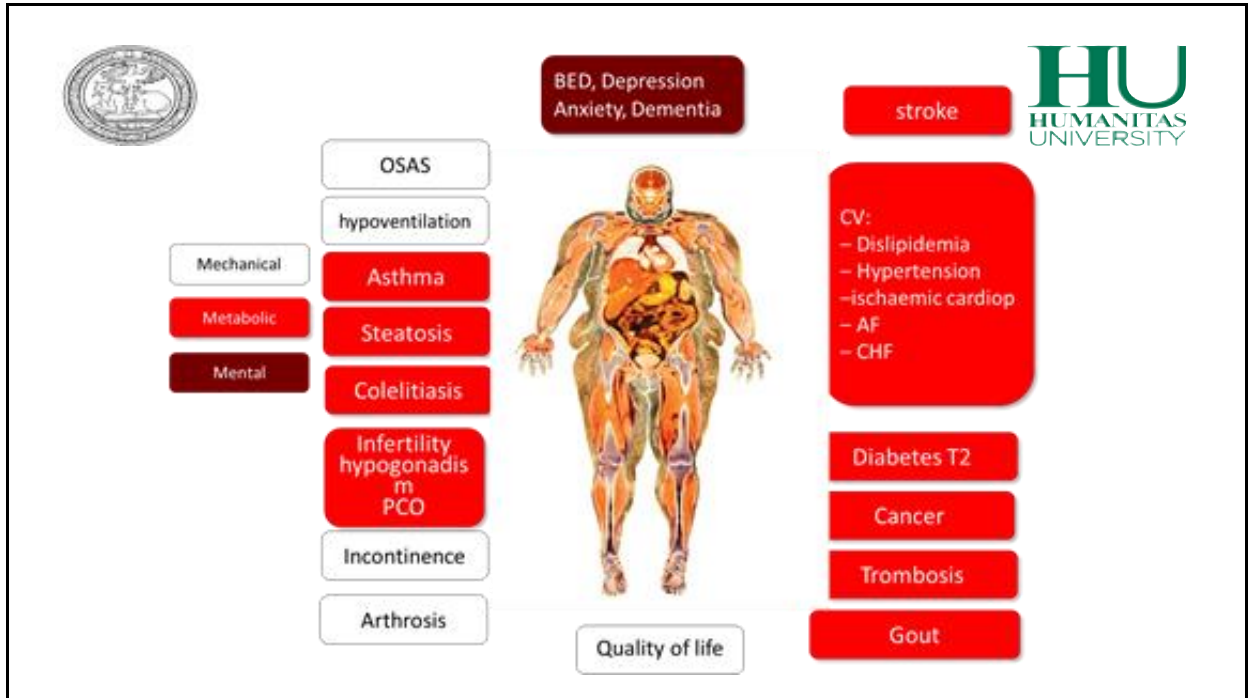


## *Paolo Capodaglio*

*Professore Associato in Medicina Fisica e Riabilitativa, Università di Torino*

*Direttore UO Riabilitazione, Servizio di Fisioterapia, Laboratorio di Ricerca in Biomeccanica e Riabilitazione, Ospedale S Giuseppe, Piancavallo, Istituto Auxologico Italiano IRCCS*



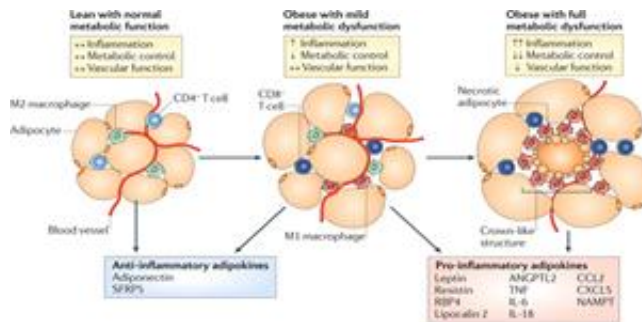




OPEN ACCESS Freely available online

PLOS ONE

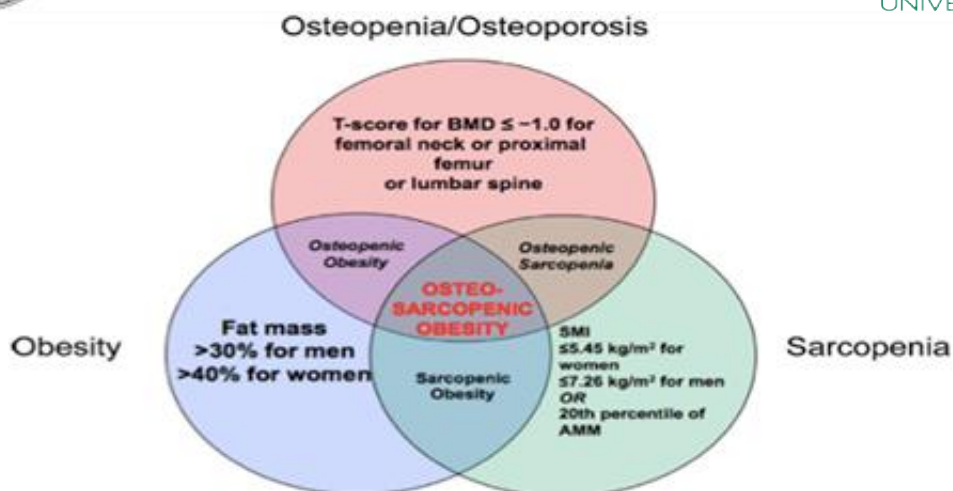
## Impact of Fibromyalgia on Functioning in Obese Patients Undergoing Comprehensive Rehabilitation

 Marco Arreghini<sup>1</sup>, Gian Mauro Manzoni<sup>2,3</sup>, Gianluca Castelnovo<sup>2,3</sup>, Cristina Santovito<sup>1</sup>, Paolo Capodaglio<sup>1\*</sup>


Nature Reviews | Immunology

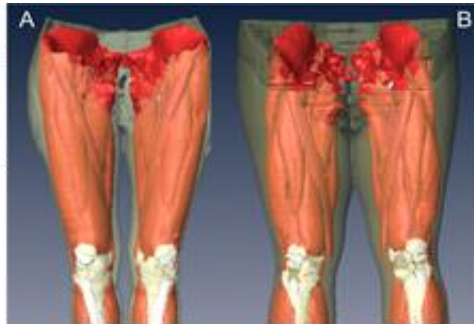


## Osteo-sarcopenic obesity





- higher absolute strength
- lower strength / BW
- frailty/sarcopenia



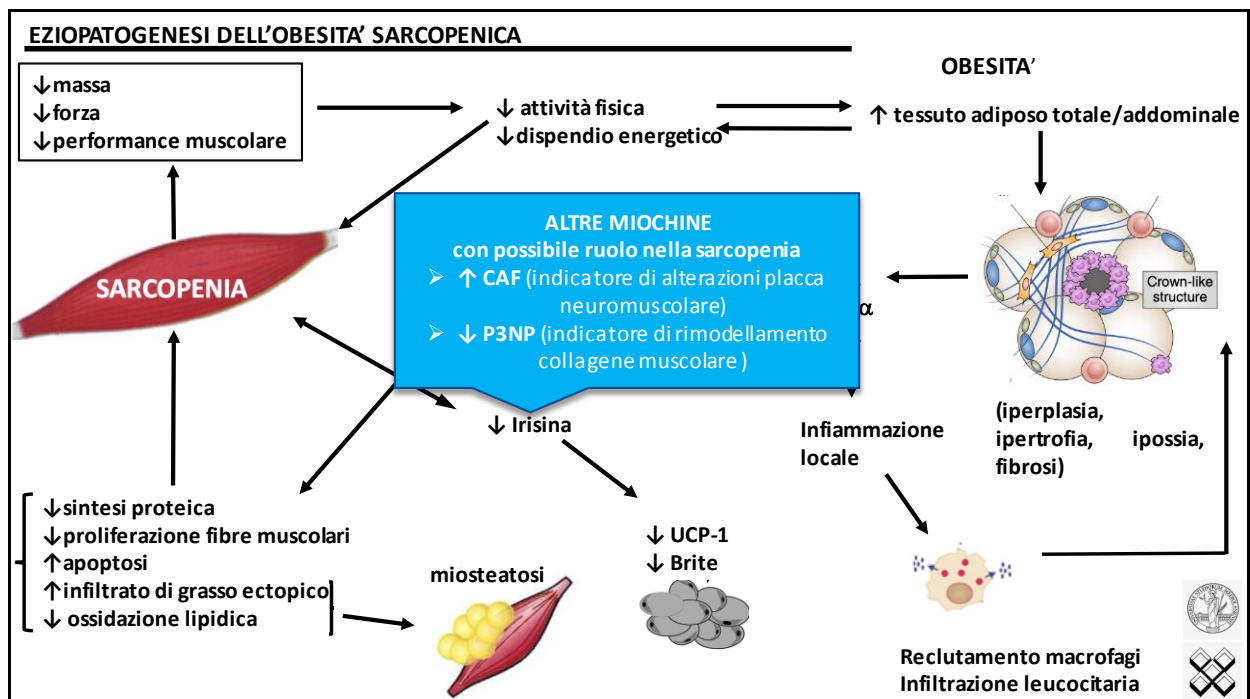
## BMC Musculoskeletal Disorders

BioMed Central

Research article

Open Access

### Strength characterization of knee flexor and extensor muscles in Prader-Willi and obese patients

 Paolo Capodaglio<sup>\*1</sup>, Luca Vismara<sup>1</sup>, Francesco Menegoni<sup>1,2</sup>,  
 Gabriele Baccalaro<sup>1</sup>, Manuela Galli<sup>2</sup> and Graziano Grugni<sup>3</sup>


## metabolic problems & tendinopathies

metabolic syndrome, molecularly described as a dysregulation of cytokines, adipokines, and hormones, affects a range of tissues and may both directly and indirectly influence even tendon structure

***Metabolic diseases and tendinopathies: the missing link.*** *Muscles, Ligaments and Tendons Journal* 2014; 4 (3): 273-274

hormonal imbalances ↓ structural homogeneity of the tendons and ability to withstand mechanical stress

Achilles tendon strongly disarranged during hyperglycemia

Testosterone active on tenocytes affecting strength and stiffness of tendons

*British Medical Bulletin*, 2016, 117:39–58

Contents lists available at ScienceDirect

Manual Therapy

journal homepage: [www.elsevier.com/math](http://www.elsevier.com/math)

Cortical changes in chronic low back pain: Current state of the art and implications for clinical practice

Benedict Martin Wand<sup>a</sup>, Luke Parkitny<sup>b</sup>, Neil Edward O'Connell<sup>c</sup>, Hannu Luomajoki<sup>d</sup>, James Henry McAuley<sup>b</sup>, Michael Thacker<sup>e</sup>, G. Lorimer Moseley<sup>b,\*</sup>

**CHANGES**

**Neurochemical**  
(dorsolateral prefrontal and orbitofrontal cortex, thalamus\*)

**Structural**  
(reduced gray matter in \*+somatosensory and posterior parietal cortex)

**Functional**  
(cortical reorganization, enhanced responsiveness to noxious stimuli)

➔

**CLINICAL IMPLICATIONS**

Sensitise the neural networks that subserve nociception

Beyond the processing of noxious stimuli: psychological and cognitive effects

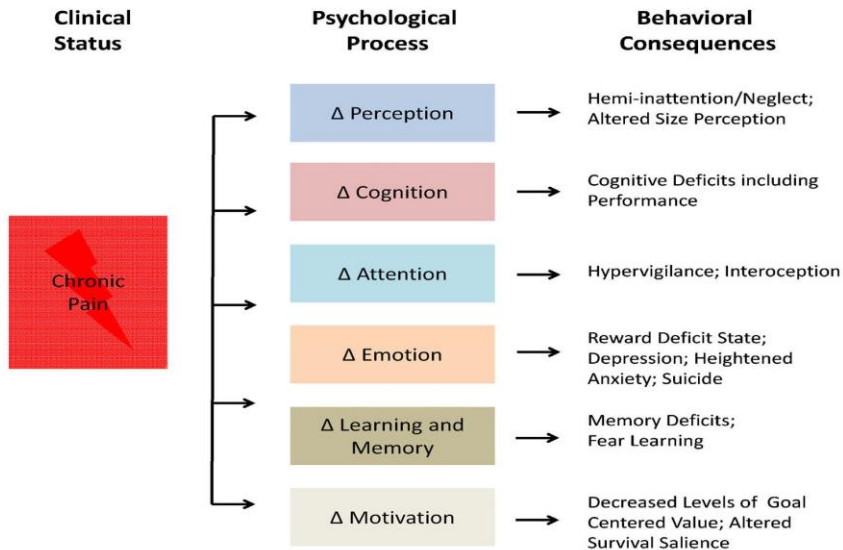
Altered body perception, deficit in proprioception,

**ISTITUTO  
AUXOLOGICO  
ITALIANO**

1958 2018

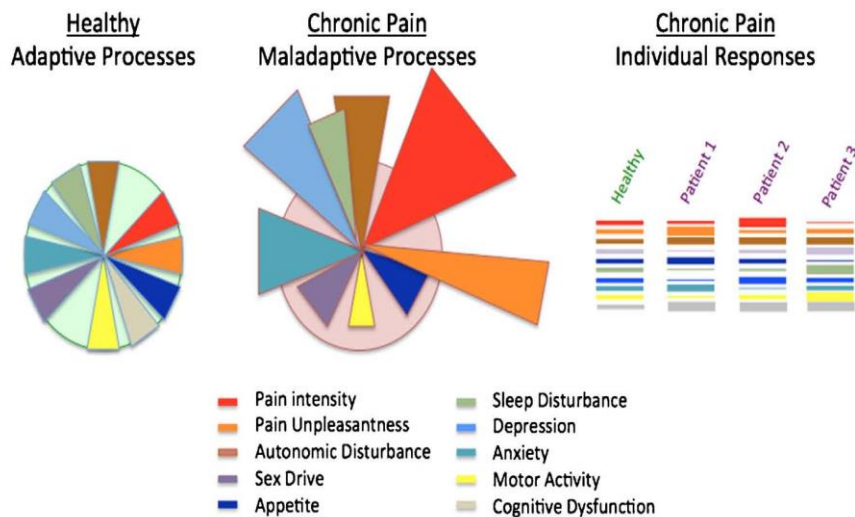
# Neuroscienze, psicologia e dolore

L.E. Simons et al. / Neuroscience and Biobehavioral Reviews 39 (2014) 61–78



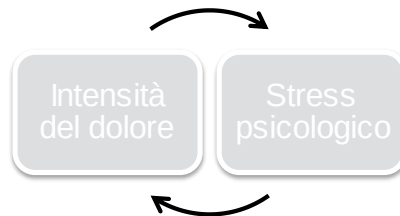
# Neuroscienze, psicologia e dolore

L.E. Simons et al. / Neuroscience and Biobehavioral Reviews 39 (2014) 61–78





## Fattori psicologici e intensità dolore



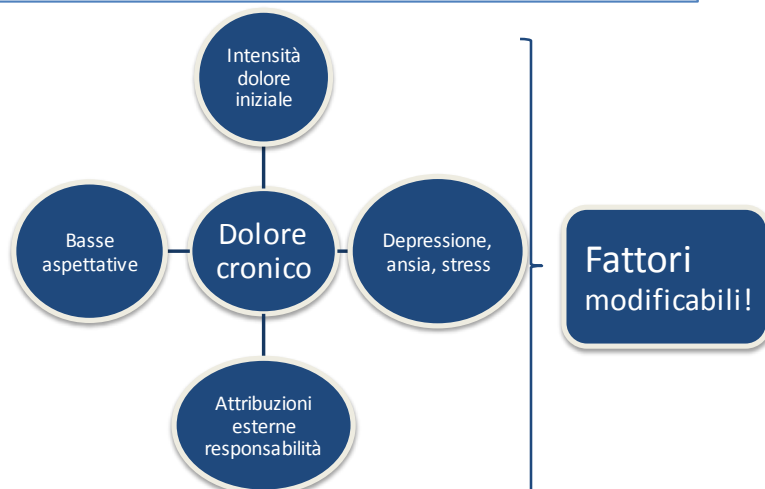
- Relazione bidirezionale
- Stress psicologico = ansia e depressione



Wood et al., (2011). *Psychological factors contributing to perceptions pain intensity after acute orthopaedic injury*. Injury, 42; 1214–1218



## Fattori predittivi della cronicizzazione del dolore



Clay et al., 2010. *Bio-Psychosocial Determinants of Persistent Pain 6 Months After Non-Life-Threatening Acute Orthopaedic Trauma*. The Journal of Pain, 11 (5); 420-430



## Dolore post-operatorio in Chirurgia Ortopedica

### Riconoscere e valutare

La valutazione precoce dei fattori correlati al dolore e delle variabili che possono portare al rischio di sviluppare dolore cronico permette una migliore presa in carico della persona

#### Strumenti di screening:

- Depressione: *Beck Depression Inventory*
- Ansia: *State Trait Anxiety Inventory*
- Catastrofismo: *Pain Catastrophizing Scale*
- Paura/evitamento: *Fear Avoidance Belief Questionnaire*
- Paura del movimento: *Tampa Scale for Kinesiophobia*

#### Strumenti di ampia valutazione del dolore:

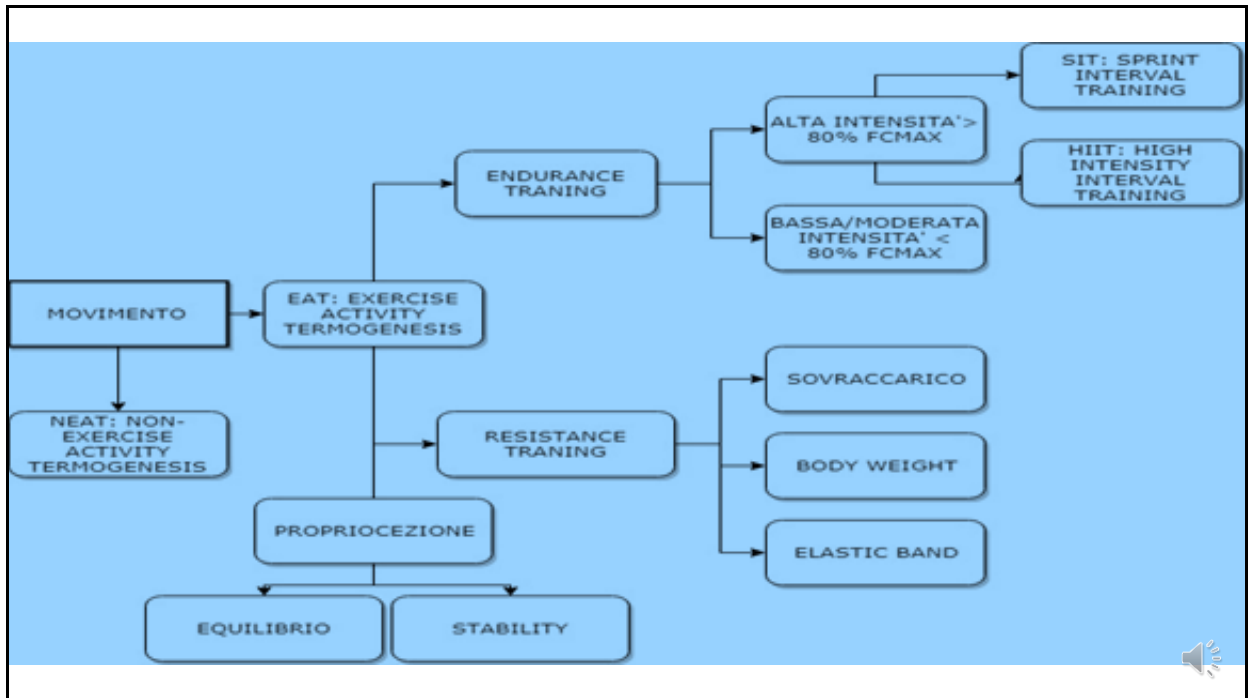
- *McGill Pain Questionare (MPQ)*
- *Questionario Italiano del Dolore (QUID)*



**ISTITUTO AUXOLOGICO ITALIANO**  
Istituto di Ricovero e Cura a Carattere Scientifico



## CONTROLLO DEL PESO E DOLORE ATTIVITA' FISICA



**VIRTUAL  
ISPRM 2021  
Congress**

Furthering  
Rehabilitation  
in a New World 12/15 June 2021



recent findings support the pivotal role of the **accumulation and repetition of minimum 10-min MVPA bouts** during the day

obese subjects spend less time standing/ambulating (–152 min) and more time sitting (+164 min) than their lean counterparts with a lower daily total energy expenditure (–350 kcal/day)



**Table 1.1** Weight loss and clinically significant weight loss for the different training modalities (modified from Swift et al. [7])

| Training modality                                    | Weight loss (kg) | Clinically significant weight loss                     |
|------------------------------------------------------|------------------|--------------------------------------------------------|
| Pedometer-based step goal                            | 0–1              | Unlikely                                               |
| Endurance training                                   | 0–2              | Possible, but only with extremely high exercise volume |
| Caloric restriction combined with endurance training | Range –9 to –13  | Possible                                               |

**Table 1.2** Recommendations for weekly physical activity duration according to the American College of Sports Medicine (ACSM [5]; Swift et al. [7])

|                                               |             |
|-----------------------------------------------|-------------|
| • Maintaining and improving health            | 150 min     |
| • Prevention of weight gain                   | 150–250 min |
| • Promote clinically significant weight loss  | 225–420 min |
| • Prevention of weight gain after weight loss | 200–300 min |

Swift DL et al. The role of exercise and physical activity in weight loss and maintenance. *Prog Cardiovasc Dis.* 2014;56(4):441–7

**Table 1.3** Description of different exercise training modalities for practical implications

| Exercise modality           | Intensity                                                                                                                                 | Duration (min) | Frequency (per week) | Exercise session example                                                                  | Main adaptations                                                                                                   |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CMT                         | HR <sub>max</sub> : 64–76%<br>HRR: 40–59%<br>VO <sub>2max</sub> : 46–63%<br>VO <sub>2R</sub> : 40–59%<br>RPE: 12–13                       | 30–60          | 3–5x                 | 30–60 min at ~70–75% HR <sub>max</sub>                                                    | ↓ Body weight and ↑ body composition +<br>↑ Aerobic fitness ++<br>↑ Fat oxidation ++<br>↑ Insulin sensitivity +++  |
| Fat <sub>max</sub> training | HR <sub>max</sub> : 60–65%<br>HRR: 35–55%<br>VO <sub>2max</sub> : 45–50%<br>VO <sub>2R</sub> : 35–55%<br>RPE: 11–13                       | 30–60          | 3–5x                 | 30–60 min at ~60–65% HR <sub>max</sub>                                                    | ↓ Body weight and ↑ body composition +<br>↑ Aerobic fitness ++<br>↑ Fat oxidation ++<br>↑ Insulin sensitivity +++  |
| HIIT                        | Short aerobic HIIT<br>HR <sub>max</sub> : 80–95%<br>HRR: 60–85%<br>VO <sub>2max</sub> : 65–90%<br>VO <sub>2R</sub> : 60–85%<br>RPE: 14–17 | 10             | 2–3x                 | 8–12 × 60 s at ~90% HR <sub>max</sub> interspersed with 60 s of recovery or low intensity | ↓ Body weight and ↑ body composition +<br>↑ Aerobic fitness +++<br>↑ Fat oxidation ++<br>↑ Insulin sensitivity ++  |
|                             |                                                                                                                                           | 16             | 2–3x                 | 4 × 4 min at ~90% HR <sub>max</sub> interspersed with 3 min of recovery or low intensity  | ↓ Body weight and ↑ body composition +<br>↑ Aerobic fitness ++++<br>↑ Fat oxidation ++<br>↑ Insulin sensitivity ++ |
|                             | Sprint interval training (SIT)<br>Maximal intensity “all out”                                                                             | 2–3            | 2–3x                 | 4–6 × 30 s “all out” interspersed with 4–5 min of rest                                    | ↓ Body weight and ↑ body composition +<br>↑ Aerobic fitness ++<br>↑ Fat oxidation +<br>↑ Insulin sensitivity +     |

CMT continuous moderate exercise training, Fat<sub>max</sub> training exercise training intensity elicits maximal fat oxidation, HIIT high-intensity interval training, SIT sprint interval training, HR<sub>max</sub> maximal heart rate, HRR HR reserve, VO<sub>2max</sub> maximal oxygen uptake, VO<sub>2R</sub> oxygen uptake reserve, RPE ratings of perceived exertion (6–20 RPE scale), ↓ decrease, ↑ increase or improvement  
The level of adaptations is expressed as a function of the number of “+” symbols  
Exercise intensities are adapted from Garber et al. [16]



# Noninvasive Ventilation (NIV) and Proportional Assist Ventilation (PAV) During Physical Training

## normobaric hypoxic training

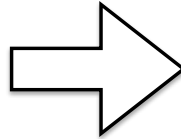


- Daily PA and endurance training are crucially important for improving aerobic and metabolic fitness and health levels
- Their role in weight loss is marginal and this may become clinically significant only with higher exercise duration (300–400 min/session) and/or combined with caloric restriction.
- CMT and HIIT should be considered two complementary training tools
- **encourage the accumulation of moderate-to-vigorous PA by increasing steps of ambulatory movement rather than focusing solely on structured forms of exercise**



## SLOW RESISTANCE TRAINING

- Ridotto sovraccarico OA
- Miglior controllo motorio
- Ipossia locale
- Ridotta ipossia corticale
- Elevato T.U.T
- Ridotti DOMS



### STIMOLO IPERTROFICO



HUMANITAS  
UNIVERSITY

#### VIBRAZIONI

#### UTILITÀ' ED EFFICACIA EFFETTI SULL SISTEMA NEUROMUSCOLARE

Recenti studi testimoniano che le vibrazioni inducono delle risposte adattative da parte dell'apparato muscoloscheletrico a livello: metabolico e meccanico ed altri effetti positivi sul uomo.



##### METABOLICO

A livello metabolico si sono evidenziate delle variazioni sia in termini di aumento della concentrazione basale di testosterone (T) che dell'ormone somatotropo (GH) che ad aumentare i livelli circolanti di IGF-1 una molecola che favorisce il BRICCIAMENTO del tessuto adiposo.



##### MECCANICO

A livello meccanico vi è un aumento delle capacità rigenerative del complesso muscolo tendineo (JUNT).



##### ALTRO

Stimolazione della lipolisi e aumento del dispendio energetico, attraverso il significativo aumento del GH, TESTOSTERONE e IGF-1.

#### Key Points

- Whole-body vibration training recently emerged as an alternative exercise modality for the treatment of obesity.
- Interventions longer than 6 weeks can improve cardiac autonomic function and reduce arterial stiffness.
- Interventions of at least 10 weeks lead to reduction in fat mass, improvements in leg strength, and enhanced glucose regulation when added to hypocaloric diet.
- Further research is advised to standardize the application of whole-body vibration training in terms of posology, vibration settings, and exercise modality.

## Efficacia di WBV





ISTITUTO  
AUXOLOGICO  
ITALIANO

### Key Points

- Aquatic exercise yields protective effects against joint loading.
- The Osteoarthritis Research Society International, the American College of Rheumatology and the European League Against Rheumatism include aquatic exercise as an important treatment for pain.
- The immersed subject can exercise vigorously and is capable of increasing  $\text{VO}_2\text{max}$  over relatively short periods.
- Land-based high-intensity interval training is difficult to perform in obese subjects, but aquatic short-term low-volume HIIT is a feasible, time-efficient strategy to improve body composition, muscle oxidative capacity, fasting glucose, triglycerides level, blood pressure and fitness in obese subjects

## TRATTAMENTI RIABILITATIVI PER OBESITA', SARCOPENIA ED OBESITA' SARCOPENICA

### OBESITA'

**Dieta:** ipocalorica  
SIO-ADI: 500-1000  
kcal deficit FE

**Esercizio fisico:**  
Endurance training  
≥250 min/week  
attività moderata  
(ACSM 2009)

### OBESITA' SARCOPENICA

Mancanza di linee guida accettate dalla comunità scientifica → COMBINAZIONE DI TRATTAMENTI PER OBESITA' E SARCOPENIA

- **Dieta:** ipocalorica (Proteine → Circa 1-1.5 g/kg peso ideale) + supplementazione (proteine / amminoacidi) redistribuzione fonti di proteine alimentari (spread diet)
- **Esercizio fisico combinato**

### SARCOPENIA

**Dieta:** ipercalorica,  
Intake proteico:  
1-1.5 g/kg peso  
ideale +  
supplementazione  
(proteine /  
amminoacidi)

**Esercizio fisico:**  
Resistance training



### **Obiettivi:**

- calo ponderale con riduzione della massa grassa
- mantenimento/recupero di massa, forza e performance muscolare





Disability and Rehabilitation

ISSN 1363-6888 (Print) 1464-5145 (Online) Journal homepage: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13636888.2019.1644444>

### Motor control exercises of the lumbar-pelvic region improve respiratory function in obese men. A pilot study

Emanuela Bezzoli, Dianne Andreotti, Lucia Pianta, Martina Mascheroni, Lorena Piccinno, Luca Puricelli, Veronica Cimolin, Alberto Salvadori, Franco Codercasa & Paolo Capodaglio

HU  
HUMANITAS  
UNIVERSITY



## CRIOTERAPIA WHOLE BODY

### Whole-Body Cryotherapy: Possible Application in Obesity and Diabetes

11

Giovanni Lombardi, Ewa Ziemann, and Giuseppe Banfi

#### Key Points

- Cryotherapies are based on the exposure to extremely cold air in special devices.
- Cold effectively counteracts pain and inflammation through the activation of the sympathetic nervous system.
- Whole-body cryotherapy has a proven efficacy in several inflammatory conditions.
- Low-grade inflammation can be counteracted by cryotherapy and even better if associated with physical activity.



ISTITUTO AUXOLOGICO ITALIANO  
Istituto di Ricovero e Cura a Carattere Scientifico

HU  
HUMANITAS  
UNIVERSITY





**ISTITUTO AUXOLOGICO ITALIANO**  
Istituto di Ricovero e Cura a Carattere Scientifico



## CONTROLLO PESO E DOLORE

# FARMACI

## FARMACI

---

### ☐ ANALGESICI

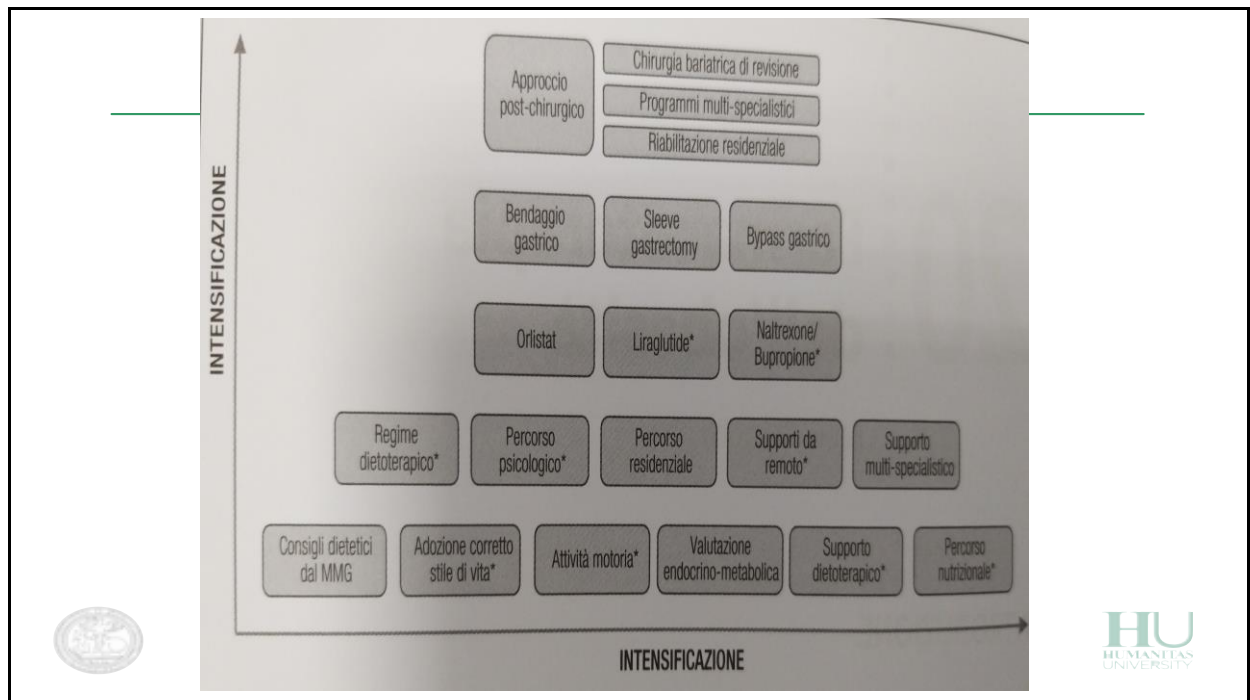
- Paracetamolo
- FANS
- Oppioidi

### ☐ ALTRI

- Anti-depressivi
- Anti-convulsivi
- Ansiolitici
- Miorilassanti
- Integratori







## Standard Italiani per la Cura dell'Obesità

### Adulti

Il trattamento farmacologico deve essere preso in considerazione solo dopo che è stata valutata l'efficacia della dieta, dell'esercizio fisico e, dove indicato, della terapia cognitivo-comportamentale e tali approcci terapeutici si siano dimostrati inefficaci o nell'indurre perdita di peso o nel mantenimento del peso perso.

*(Livello di Prova II, Forza delle Raccomandazioni B).*

La decisione di iniziare il trattamento e la scelta del farmaco (quando fosse possibile) dovrebbero avvenire dopo discussione con il paziente sia dei potenziali benefici che dei limiti del farmaco, inclusi il suo meccanismo d'azione, gli effetti collaterali e il potenziale impatto sulla motivazione del paziente stesso. **Quando si prescrive il trattamento farmacologico, il medico specialista dovrebbe fornire informazioni, supporto e counselling sulla dieta, l'attività fisica e le strategie comportamentali da adottare.** *(Livello di Prova I, Forza delle Raccomandazioni A)*



## Standard Italiani per la Cura dell'Obesità

### Bambini

Il trattamento farmacologico **non è raccomandato** per bambini con meno di 12 anni di età.

Negli USA, diversamente dall'Italia, è autorizzato l'uso di orlistat nei soggetti con età superiore ai 12 anni.



33

## Standard Italiani per la Cura dell'Obesità

### Prosecuzione della terapia e sospensione del farmaco

Il trattamento farmacologico può essere indicato anche al fine di mantenere la perdita di peso o anche per indurre un'ulteriore perdita del peso (dopo, ad esempio, avere perso peso inizialmente con solo intervento nutrizionale e modifica degli stili di vita).

**In questo contesto si inserisce il concetto di terapia ciclica o intermittente. L'uso del farmaco può essere utile anche in alcuni pazienti che presentano ripresa del peso dopo chirurgia bariatrica.**

*(Livello di Prova II, Forza delle Raccomandazioni C)*

Si raccomanda un regolare controllo del trattamento per monitorare l'effetto del farmaco e per rinforzare i consigli nutrizionali e l'aderenza ai corretti stili di vita.

*(Livello di Prova I, Forza delle Raccomandazioni A).*



34

## Standard Italiani per la Cura dell'Obesità

### Prosecuzione della terapia e sospensione del farmaco

La sospensione del trattamento farmacologico dovrebbe essere presa in considerazione in pazienti che non perdono peso. L'FDA ha consigliato di valutare l'efficacia della terapia farmacologica **dopo 12 settimane di trattamento, e se dopo tale periodo il paziente non ha perso almeno il 5% del proprio peso rispetto al peso iniziale, il trattamento dovrebbe essere sospeso, in modo tale da poterlo proseguire solo nei soggetti responsivi e al fine di massimizzare il rapporto rischio-beneficio.**

*(Livello di Prova II, Forza delle Raccomandazioni C).*

I pazienti a cui il trattamento farmacologico viene sospeso dovrebbero essere supportati in modo adeguato al mantenimento del peso perso.

*(Livello di Prova I, Forza delle Raccomandazioni A).*



35

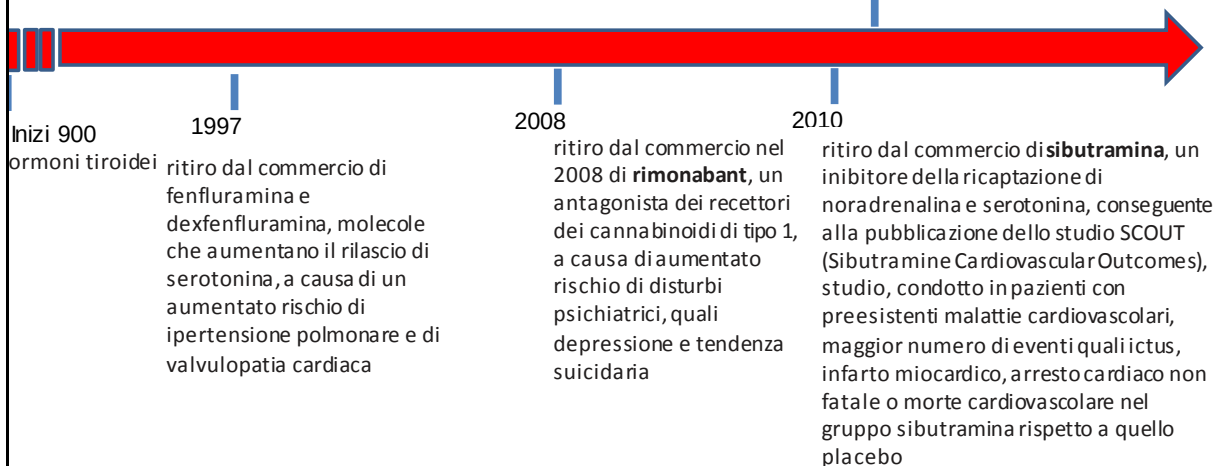
## Standard Italiani per la Cura dell'Obesità

TERAPIA  
FARMACOLOGICA

European Medicines Agency  
(EMA)

Food and Drug Administration  
(FDA)

Nuovi farmaci



## Standard Italiani per la Cura dell'Obesità

Farmaci approvati dall'EMA e dalla FDA disponibili in commercio in Italia al 30 agosto 2016:

- 1) **Orlistat** (disponibile dal 1999)
- 2) **Liraglutide 3,0mg** (disponibile dal 2015)
- 3) **Naltrexone bupropione** (disponibile dal 2019)



37

## Orlistat

L'orlistat (Xenical) dovrebbe essere somministrato solo come uno dei diversi approcci in un piano terapeutico globale finalizzato al trattamento dell'obesità, in pazienti adulti che soddisfano i seguenti criteri:

- un BMI > 28 con fattori di rischio associati
- un BMI > 30

E' un inibitore specifico ad azione prolungata delle lipasi gastrointestinali. E' in commercio sia come farmaco con obbligo di ricetta (capsule da **120 mg** fino ad un massimo di tre capsule die) e nella formulazione alla dose ridotta di **60 mg** per capsula, come farmaco senza obbligo di ricetta (OTC).



38

## Orlistat

L'azione farmacologica di orlistat si manifesta nel tratto gastrointestinale dove il farmaco inibisce selettivamente le lipasi, riducendo **del 30% l'assorbimento dei trigliceridi introdotti con la dieta**

il blocco delle lipasi determina una minore degradazione dei trigliceridi alimentari con conseguente riduzione del loro assorbimento (circa il 30% in meno)

Questa ridotta formazione di acidi grassi determina anche una minore solubilizzazione del colesterolo alimentare con conseguente riduzione del suo assorbimento. I trigliceridi non assorbiti passano attraverso il tratto intestinale e sono eliminati con le feci.

**L'orlistat non ha effetti sulle altre funzioni pancreatiche, né sull'assorbimento dei carboidrati e delle proteine**



39

## Orlistat

L'orlistat ha un assorbimento sistemico del tutto trascurabile (inferiore all'1% della dose somministrata) e non determina nessuna inibizione delle lipasi sistemiche.

Numerosi trial clinici dimostrano che il farmaco è in grado di indurre perdita di peso e un minore riguadagno del peso perso rispetto al placebo. **La differenza media di perdita di peso tra orlistat e placebo dopo 12 mesi di trattamento è di 2,89 kg.** La terapia con orlistat è inoltre associata ad un significativo miglioramento di alcuni fattori di rischio per la patologia cardiovascolare, quali riduzione del colesterolo totale, del colesterolo LDL, dei trigliceridi ed infine riduzione della pressione arteriosa (27).

Orlistat riduce anche, per una certa quota, l'assorbimento delle vitamine liposolubili. Pertanto, cautelativamente, si preferisce supplementare il paziente in trattamento con le vitamine A, D e E



40

## Orlistat

Dato il suo profilo di sicurezza, l'uso di orlistat è soprattutto indicato nei pazienti obesi affetti da patologie cardiovascolari, da diabete e dislipidemia.

Bray GA et al. Pharmacological treatment of the overweight patient. Pharmacol Rev. 2007 Jun;59(2):151- 84

Hollander PA, Elbein SC, Hirsch IB, et al. The role of orlistat in the treatment of obese patients with type 2 diabetes mellitus: a one year randomised, double-blind study. Diabetes Care 1998; 21:1288-94.

Torgerson JS, Hauptman J, Boldrin MN, Sjostrom L. XENical in the prevention of diabetes in obese subjects (XENDOS) study: a randomized study of orlistat as an adjunct to lifestyle changes for the prevention of type 2 diabetes in obese patients. Diabetes Care 2004; 27: 155-61.

Sharma AM, Golay A. Effect of orlistat-induced weight loss on blood pressure and heart rate in obese patients with hypertension. J Hypertension 2002; 20:1873-78.

Davidson MH et al. Weight control and risk factor reduction in obese subjects treated for 2 years with orlistat: a randomized controlled trial. JAMA. 1999;281(3):235-242

Zhi J, Moore R, Kamitra L, et al. The effect of orlistat, an inhibitor of dietary fat absorption on the pharmacokinetics of Betacarotene in healthy volunteers. J Clin Pharmacol 1996; 36:152-9.



41

## Liraglutide 3,0 mg

Liraglutide (Saxenda) è un analogo del Glucagon-Like peptide 1 (GLP-1) umano con un grado di omologia di sequenza aminoacidica pari al 97% rispetto a quello endogeno idoneo ad una singola somministrazione giornaliera (emivita di circa 13 ore)

Le sostanziali modifiche introdotte rispetto al GLP-1 nativo (sostituzione dell'aminoacido lisina con l'aminoacido arginina in posizione 34, e il legame di un acido grasso a 16 carboni come l'acido palmitico in posizione 26 con una molecola di acido glutammico) permettono al farmaco di avere un'azione prolungata sia per una autoaggregazione spontanea nel sito di iniezione sia per un legame con l'albumina circolante

L'infusione di GLP-1 provoca nel paziente diabetico un aumento della secrezione di insulina, la riduzione dei livelli di glucagone e la riduzione dei livelli di glicemia senza peraltro indurre ipoglicemia. **Il GLP-1, inoltre, riduce lo svuotamento gastrico e promuove a livello centrale sazietà e riduzione dell'appetito.**



42

## Liraglutide 3,0 mg

il GLP-1 è secreto anche da una piccola popolazione di neuroni nella parte caudale del nucleo del tratto solitario a livello del sistema nervoso centrale

L'azione della liraglutide a livello ipotalamico aumenta i segnali di sazietà (POMC e CART) e riduce i segnali che stimolano l'assunzione di cibo probabilmente attraverso un'azione mediata dai neuroni gabaergici che inibiscono la liberazione di NPY da parte dei neuroni del nucleo arcuato

Malgrado il ritardato svuotamento gastrico possa influenzare la perdita di peso nelle fasi iniziali della terapia, questo però tende a ridursi sensibilmente nelle prime settimane di trattamento per un fenomeno di tachifilassi. **Dunque, la liraglutide induce calo ponderale mediante un'azione specifica prevalentemente a livello ipotalamico**



43

## Liraglutide 3,0 mg

Il farmaco è stato sviluppato e poi approvato per l'uso nei pazienti con diabete mellito tipo 2, alla dose di 1,2 e 1,8 mg/die in Europa

L'efficacia del farmaco è stata dimostrata da una serie di studi di fase III denominata "Liraglutide Effect and Action in Diabetes (LEAD)".

Nel trial LEAD-3 è stato osservato un considerevole calo ponderale nei pazienti trattati con liraglutide

il farmaco è stato in genere ben tollerato e gli eventi avversi più frequenti sono stati nausea, vomito, diarrea e stipsi. Inoltre, si è osservato un aumento della frequenza cardiaca di 2-3 battiti al minuto, reversibile con la sospensione del trattamento. Il lieve aumento della frequenza cardiaca è verosimilmente da attribuire alla presenza di recettori per il GLP-1 a livello del nodo seno-atriale. Il tasso di eventi cardiovascolari maggiori (come infarto miocardico, ictus e morte cardiovascolare) è stato molto basso con una riduzione del rischio di tali eventi nel gruppo trattato con liraglutide rispetto a quello trattato con placebo. **Liraglutide 1,2 mg si è dimostrata superiore a orlistat nell'indurre calo ponderale dopo un anno di trattamento**

# Naltrexone Bupropione

**Nome commerciale:** Mysimba

**Meccanismo d'azione:** antagonista dei recettori  $\mu$  degli oppioidi + inibitore della captazione di noradrenalina e dopamina

**Indicazioni:** in aggiunta ad una dieta ipocalorica ed una aumentata attività fisica, per la gestione del peso in pazienti adulti ( $\geq 18$  anni) con un Indice di massa corporea (BMI) iniziale  $\geq 30 \text{ kg/m}^2$  o  $\geq 27 \text{ kg/m}^2 < 30 \text{ kg/m}^2$  in presenza di una o più comorbidità correlate al peso (ad es. diabete di tipo 2, dislipidemia o ipertensione controllata)  
Il trattamento deve essere interrotto dopo 16 settimane se i pazienti non hanno perso almeno il 5% del loro peso iniziale

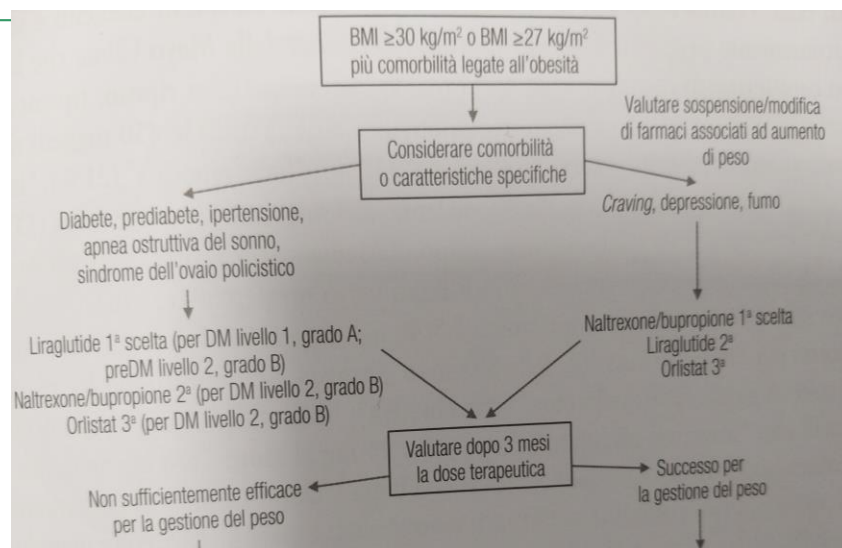
**Effetti collaterali:** nausea, stipsi, cefalea, vertigini, insonnia, secchezza fauci, epatotossicità

**Controindicazioni:** convulsioni, disordine bipolare, ipertensione non controllata, uso oppiacei, assunzione inibitori MAO, gravidanza, glaucoma

**Calo ponderale:** 6.5% nel 55% dei soggetti



45





| Tabella 1. Trattamenti farmacologici a lungo termine per la cura dell'obesità (Da: Sbraccia P, Obesità: la terapia attuale e le nuove prospettive, Eat Weight Disord, 2015) |                            |                                                                                                                                                         |                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                |                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Principio attivo                                                                                                                                                            | Data di autorizzazione EMA | Meccanismo d'azione                                                                                                                                     | Effetto                                                                                                                         | Indicazione                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Dosaggio                                                                       | Status                                                           |
| Orlistat                                                                                                                                                                    | 29/07/1998<br>23/07/2007   | Inibitore selettivo della lipasi pancreatica                                                                                                            | Riduce l'assorbimento dei grassi alimentari da parte del tratto digerente, con conseguente aumento della loro escrezione fecale | Indicato in associazione a una dieta moderatamente ipocalorica per il trattamento di pazienti obesi con BMI $\geq 30$ kg/m <sup>2</sup> , o di pazienti in sovrappeso (BMI $\geq 28$ kg/m <sup>2</sup> ) con fattori di rischio associati.<br>Farmaco OTC: indicato per la perdita di peso in adulti sovrappeso (BMI $\geq 28$ kg/m <sup>2</sup> )                                                      | 120 mg 3 volte al giorno<br>OTC: 60 mg 3 volte al giorno                       | Approvato da EMA e FDA (anche come OTC)<br>Disponibile in Italia |
| Liraglutide                                                                                                                                                                 | 23/03/2015                 | Agonista del recettore del GLP-1                                                                                                                        | Diminuisce contemporaneamente le sensazioni di fame e di desiderio di consumo di cibo                                           | Indicato in aggiunta a una dieta ipocalorica e a un aumento dell'attività fisica per la gestione del peso corporeo in pazienti adulti con BMI iniziale $\geq 30$ kg/m <sup>2</sup> , o $\geq 27$ a $<30$ kg/m <sup>2</sup> in presenza di almeno una comorbidità correlata al peso quali dislipidemia (prediabete o diabete mellito di tipo 2), ipertensione, dislipidemia o apnea ostruttiva nel sonno | 3 mg/die                                                                       | Approvato da EMA e FDA<br>Disponibile in Italia                  |
| Naltrexone/<br>Bupropione                                                                                                                                                   | 26/03/2015                 | Naltrexone: antagonista dei recettori $\mu$ -opiacei;<br>Bupropione: debole inibitore della dopamina neuronale e della ricaptazione della norepinefrina | Riduce l'appetito e aumenta il dispendio energetico                                                                             | Indicato, in aggiunta a una dieta ipocalorica e a una aumentata attività fisica, per la gestione del peso in pazienti adulti con BMI iniziale $\geq 30$ kg/m <sup>2</sup> , o $\geq 27$ a $30$ kg/m <sup>2</sup> in presenza di una o più comorbidità correlate al peso (ad es. diabete di tipo 2, dislipidemia o ipertensione controllata)                                                             | 32/360 mg/die (dose massima)                                                   | Approvato da EMA e FDA                                           |
| Lorcaserina                                                                                                                                                                 |                            | Agonista selettivo del recettore 5-HT <sub>2C</sub>                                                                                                     | Aumenta il senso di sazietà                                                                                                     | Indicato nel trattamento dell'obesità degli adulti con BMI $\geq 30$ kg/m <sup>2</sup> o negli adulti con BMI $\geq 27$ kg/m <sup>2</sup> che hanno almeno un fattore di rischio (ipertensione, diabete di tipo 2, ipercolesterolemia)                                                                                                                                                                  | 10 mg 2 volte al giorno                                                        | Approvato da FDA (autorizzazione rifiutata da EMA 03/05/2013)    |
| Fentermina/<br>Topiramato                                                                                                                                                   | -                          | Fentermina: simpaticomimetico<br>Topiramato: debole inibitore dell'anidrasa carbonica e attivatore dei recettori del GABA                               | Sopprime l'appetito e aumenta il consumo energetico                                                                             | Indicato negli adulti obesi con BMI $\geq 30$ kg/m <sup>2</sup> o in sovrappeso con BMI $\geq 27$ kg/m <sup>2</sup> che presentano almeno una patologia correlata all'eccesso di peso, come ipertensione, diabete di tipo 2 o ipercolesterolemia (dislipidemia)                                                                                                                                         | 3,75/23 mg/die per 2 settimane, da aumentare fino a un massimo di 15/92 mg/die | Approvato da FDA (autorizzazione rifiutata da EMA)               |

**Nuovi  
farmaci**

## Nutraceutica nella Terapia dell'Obesità

I Nutraceutici (fusione dei termini anglosassoni Nutrition e Pharmaceuticals) sono **alimenti o loro parti con effetti benefici sulla salute, associando la componente nutrizionale alle proprietà "curative"**.

Vi sono vari prodotti nutraceutici pubblicizzati come efficaci nella perdita e controllo del peso corporeo, costituendo il 4% di un mercato da 2.5 miliardi di euro/anno.

L'impiego di nutraceutici ed integratori alimentari può coadiuvare la modificazione terapeutica dietetico-comportamentale prescritta ai pazienti sovrappeso-obesi al fine di migliorare/ottimizzare il loro peso corporeo e le manifestazioni metaboliche correlate.

I meccanismi con cui i nutraceutici possono coadiuvare il calo di peso corporeo sono:

- la stimolazione del metabolismo basale
- l'inibizione del senso della fame,
- l'inibizione/rallentamento di digestione e assorbimento di glucidi e lipidi.



## Nutraceutica nella Terapia dell'Obesità

|                                                                                       |                                              |                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| NUTRACEUTICI STIMOLANTI IL METABOLISMO BASALE                                         | The Verde, Epigallocatechingallato, Caffeina | (Livello di prova I, Forza della raccomandazione B) |
|                                                                                       | Citrus Aurantium, D-Sinefrina                | (Livello di prova I, Forza della raccomandazione B) |
|                                                                                       | Capsaicina                                   | (Livello di prova I, Forza della raccomandazione B) |
|                                                                                       |                                              |                                                     |
| NUTRACEUTICI INSULINO SENSIBILIZZANTI                                                 | Curcumin                                     | (Livello di prova I, Forza della raccomandazione A) |
| INIBITORI NUTRACEUTICI DEL SENSO DELLA FAME                                           | FIBRE                                        | (Livello di prova I, Forza della raccomandazione B) |
|                                                                                       | Peptidi derivati dal latte                   | (Livello di prova I, Forza della raccomandazione B) |
|                                                                                       | Phaseolus vulgaris                           | (Livello di prova I, Forza della raccomandazione B) |
| NUTRACEUTICI INIBITORI DELLA DIGESTIONE E/O DELL'ASSORBIMENTO DI CARBOIDRATI E LIPIDI | Glucomannano                                 | (Livello di prova I, Forza della raccomandazione A) |
|                                                                                       | Chitosano                                    | (Livello di prova I, Forza della raccomandazione C) |
|                                                                                       | Phaseolus vulgaris                           | (Livello di prova I, Forza della raccomandazione C) |
|                                                                                       | Probiotici                                   | (Livello di prova I, Forza della raccomandazione C) |



49

## Nutraceutica nella Terapia dell'Obesità

### NUTRACEUTICI E FITOTERAPICI SCONSIGLIATI:

L'impegno di sostanze vegetali ad **azione diuretica** (es.: ortosiphon, ortica, mais, etc.) o **lassativa** (es.: senna, cascara, boldo ed altre piante ricche in antrachinoni), nonché sostanze **ricche in iodio** (es.: alghe marine, Fucus vesiculosus), comunemente incluse in integratori multicomponenti finalizzati al controllo ponderale non sono supportati da alcuna evidenza scientifica di efficacia, avendo al contrario potenziali effetti negativi per somministrazioni reiterate sul medio-lungo termine.

*(Livello di prova VI, Forza della raccomandazione E).*



50

## Nutraceutica nella Terapia dell'Obesità

### CRITICITÀ NELL'IMPIEGO DI NUTRACEUTICI NELLA GESTIONE DEL PAZIENTE SOVRAPPESO/OBESO

La popolarità dei nutraceutici per la gestione del sovrappeso è in crescita, e una vasta gamma di questi prodotti sono disponibili al banco delle farmacie (ma anche on-line!).

**Tuttavia, le prove scientifiche esistenti sono per molti di essi ancora insufficienti sia per l'efficacia e le chiare indicazioni cliniche che per raccomandarne il sicuro utilizzo.**



51

## Nutraceutica nella Terapia dell'Obesità

### CRITICITÀ NELL'IMPIEGO DI NUTRACEUTICI NELLA GESTIONE DEL PAZIENTE SOVRAPPESO/OBESO

In particolare è importante definire:

- 1) l'efficacia terapeutica e la sicurezza di impiego con studi clinici randomizzati in doppi cieco di media-lunga durata;
- 2) le dosi minime e, per gli estratti erballi, la titolazione in principi attivi;
- 3) gli standard minimi di qualità, in termini di sicurezza, cioè assenza di componenti a cui sia associato un rischio per la salute;



52

## Nutraceutica nella Terapia dell'Obesità

### CRITICITÀ NELL'IMPIEGO DI NUTRACEUTICI NELLA GESTIONE DEL PAZIENTE SOVRAPPESO/OBESO

Valutare l'efficacia clinica di integratori alimentari è **estremamente difficile poiché la regolamentazione di questi prodotti non richiede dimostrazione di efficacia.**

Questa situazione li ha resi ampiamente disponibili come prodotti da banco (over-the-counter, OTC), quindi facilmente accessibili alla popolazione generale; senza prova di utilità dimostrata.

Andrebbe inoltre promosso l'aggiornamento di un prontuario ufficiale degli integratori e dei nutraceutici e l'identificazione di strutture in grado di effettuare studi di validazione degli stessi, almeno in relazione alla gestione del sovrappeso e delle sue comorbidità.



53



[p.capodaglio@auxologico.it](mailto:p.capodaglio@auxologico.it)

**ISTITUTO  
AUXOLOGICO  
ITALIANO**

Istituto di ricovero e cura a carattere scientifico

visualizzare l'immagine

# Osteoforum

la salvaguardia dell'osso  
e del muscolo  
nel paziente  
con fragilità  
muscolo-scheletrica

**Torino**  
 24 settembre 2021  
 Aula Magna Dental School  
 Via Nizza 230

## Nuove tecnologie per la riabilitazione metabolica: l'antropometria digitale

Dr.ssa Chiara Busso  
chiara.busso@unito.it

Divisione Universitaria di Medicina  
Fisica e Riabilitativa

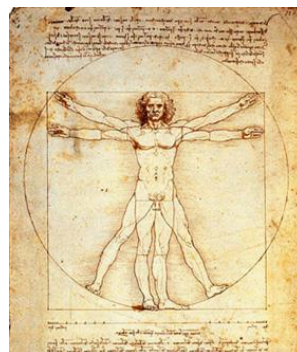



# Osteoforum

**ANTROPOMETRIA:** disciplina che si occupa della misurazione delle dimensioni corporee

Applicazioni cliniche:

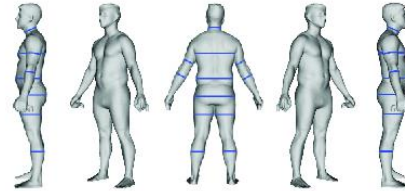
- Accrescimento corporeo
- Composizione corporea
- Risposta ai trattamenti
- Predizione del rischio cardiovascolare



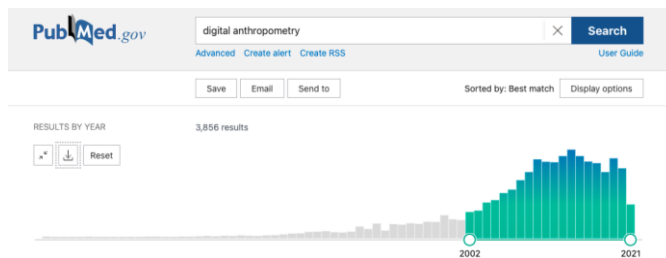
# Osteoforum



MANUALE



DIGITALE



# Osteoforum







# Osteoforum

## An Example of Why ALM/ht<sup>2</sup> Should Not Be The Sole Diagnostic Criterion for Sarcopenia

Appendicular Lean Mass/Height<sup>2</sup> cutpoint < 5.45 kg/m<sup>2</sup>

|                                                                                                                                         | ALM/ht <sup>2</sup><br>4.8 kg/m <sup>2</sup>                                                         | ALM/ht <sup>2</sup><br>4.9 kg/m <sup>2</sup>                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ALMI</b><br><span style="color: red;">&gt;7.00 kg/m<sup>2</sup></span><br><span style="color: red;">&gt;5.50 kg/m<sup>2</sup></span> | <p style="color: orange; font-weight: bold;">51 year-old<br/>healthy<br/>competitive<br/>cyclist</p> | <p style="color: orange; font-weight: bold;">86 year-old<br/>frail nursing<br/>home<br/>resident</p> |

**ISCD**  
The International Society  
For Clinical Densitometry

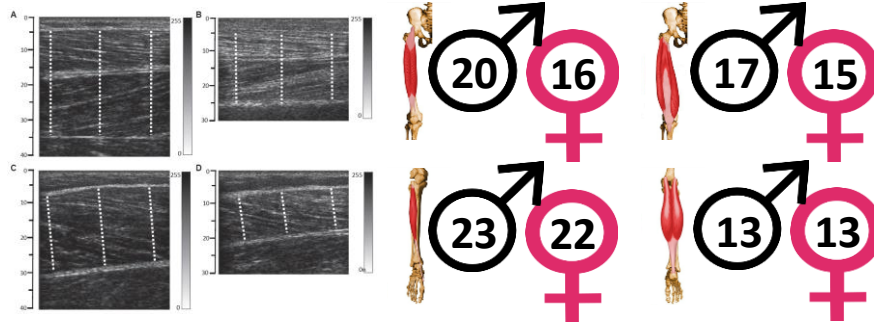
ISCD Body Composition Course

# Osteoforum

PM R 8 (2016) 453-462

## Ultrasound-Based Detection of Low Muscle Mass for Diagnosis of Sarcopenia in Older Adults

Marco A. Minetto, MD, PhD, Cristina Caresio, MS, Tommaso Menapace, MD, Arnel Hajdarevic, MD, Andrea Marchini, MD, Filippo Molinari, PhD, Nicola A. Maffiuletti, PhD



# Osteoforum

## Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care

2017 Wolters Kluwer Health, Inc.

### A requiem for BMI in the clinical setting

Maria Cristina Gonzalez<sup>a,b</sup>, Maria Isabel T.D. Correia<sup>c</sup>, and Steven B. Heymsfield<sup>b</sup>

- BMI less than 30 kg/m<sup>2</sup> does not exclude the presence of metabolic risks associated with the excess of adiposity.
- BMI at least 30 kg/m<sup>2</sup> does not exclude the presence of low muscle mass (sarcopenic obesity), mainly in some clinical situations as in elderly, cancer, chronic diseases and critically ill patients.

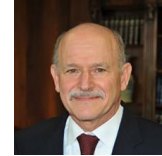


# Osteoforum



November 5, 2018

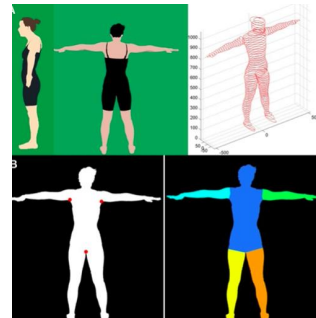
## A method for measuring human body composition using digital images



Olivia Affuso<sup>1,2\*</sup>, Ligaj Pradhan<sup>3</sup>, Chengcui Zhang<sup>3</sup>, Song Gao<sup>3</sup>, Howard W. Wiener<sup>1</sup>, Barbara Gower<sup>2,4</sup>, Steven B. Heymsfield<sup>5</sup>, David B. Allison<sup>6\*</sup>

*Trained observers with repeated exposure to different body types can estimate bodyfat (BF) of individuals compared to criterion methods with reasonable accuracy.*

*The purpose of this study was to develop and validate a computer algorithm to provide a valid estimate %BF using digital photographs.*



# Osteoforum

## A method for measuring human body composition using digital images

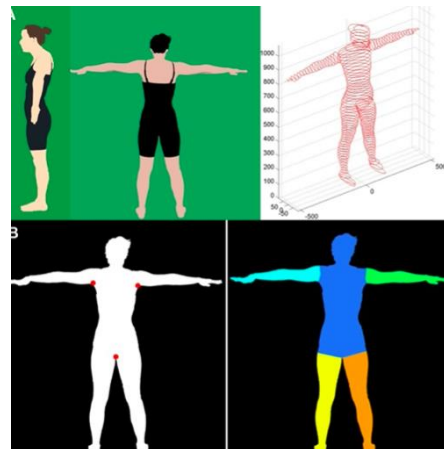


Olivia Affuso<sup>1,2\*</sup>, Ligaj Pradhan<sup>3</sup>, Chengcui Zhang<sup>3</sup>, Song Gao<sup>3</sup>, Howard W. Wiener<sup>1</sup>, Barbara Gower<sup>2,4</sup>, Steven B. Heymsfield<sup>5</sup>, David B. Allison<sup>6\*</sup>

- Dati antropometrici
- DXA (BF%)
- 3 fotografie (front, back, side)

Stima di **Body Volume** e **Body Shape**

Modello regressione BV, BS e dati antropometrici per ottenere stima di **%BF<sub>PHOTO</sub>**

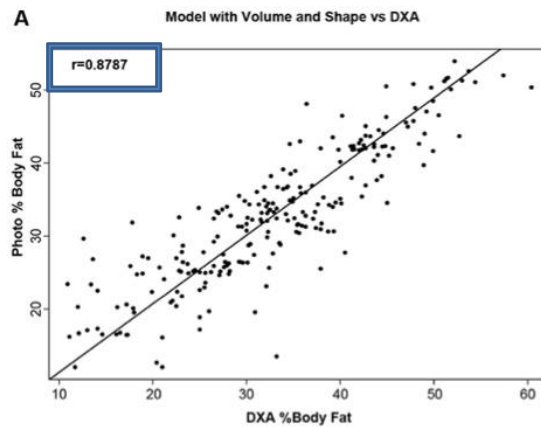


# Osteoforum

A method for measuring human body composition using digital images



Olivia Affuso<sup>1,2\*</sup>, Ligaj Pradhan<sup>3</sup>, Chengcui Zhang<sup>3</sup>, Song Gao<sup>3</sup>, Howard W. Wiener<sup>1</sup>, Barbara Gower<sup>2,4</sup>, Steven B. Heymsfield<sup>5</sup>, David B. Allison<sup>6\*</sup>

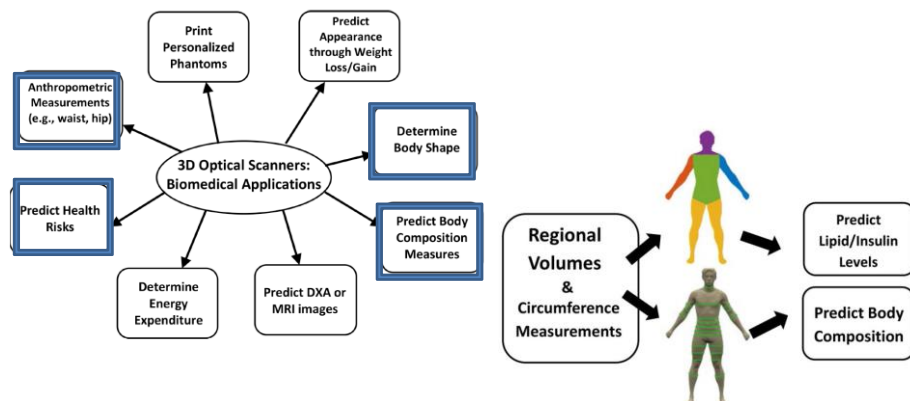


# Osteoforum

## Digital Anthropometry: A Critical Review

Steven B. Heymsfield<sup>1</sup>, Brianna Bourgeois<sup>1</sup>, Bennett K. Ng<sup>2,3</sup>, Markus J. Sommer<sup>3</sup>, Xin Li<sup>4</sup>, and John A. Shepherd<sup>2,3</sup>

*Eur J Clin Nutr.* 2018 May ; 72(5): 680–687.



# Osteoforum

## Clinical anthropometrics and body composition from 3D whole-body surface scans

BK Ng<sup>1,2</sup>, BJ Hinton<sup>1,2</sup>, B Fan<sup>1</sup>, AM Kanaya<sup>3</sup>, and JA Shepherd<sup>1,2</sup>

### Reliability of a 3D Body Scanner for Anthropometric Measurements of Central Obesity

Jose Medina-Inojosa<sup>1</sup>, Virend K Somers<sup>1</sup>, Taiwo Ngwa<sup>1,2</sup>, Ling Hinshaw<sup>1</sup>, and Francisco Lopez-Jimenez<sup>1,\*</sup>

## STUDY VALIDATION

### Clinically applicable optical imaging technology for body size and shape analysis: comparison of systems differing in design

B Bourgeois<sup>1,2</sup>, BK Ng<sup>3,4</sup>, D Latimer<sup>1</sup>, CR Stannard<sup>2</sup>, L Romeo<sup>2</sup>, X Li<sup>2</sup>, JA Shepherd<sup>3</sup>, SB Heymsfield<sup>1,2</sup>

### Automated anthropometric phenotyping with novel Kinect-based three-dimensional imaging method: comparison with a reference laser imaging system

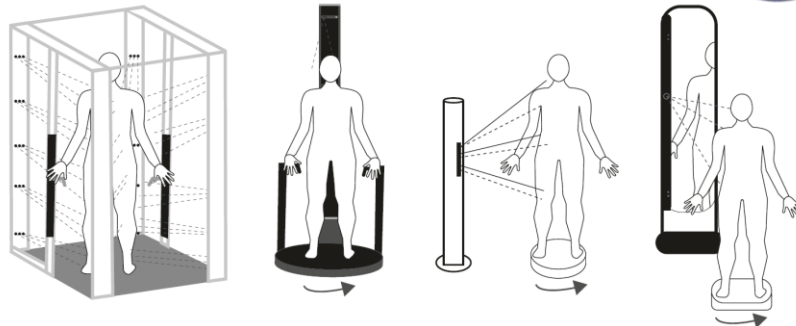
L Soileau, D Bautista, C Johnson, C Gao, K Zhang, X Li, S B Heymsfield, D Thomas & J Zheng

# Osteoforum

## Digital anthropometry via three-dimensional optical scanning: evaluation of four commercially available systems

G. M. Tinsley et al.

European Journal of Clinical Nutrition (2020)



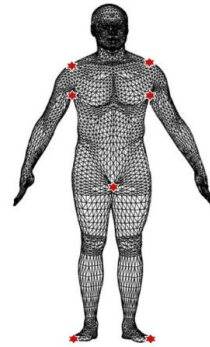
# Osteoforum

## Digital anthropometry for body circumference measurements: Toward the development of universal three-dimensional optical system analysis software

Sima Sobhiyeh<sup>1</sup> | Samantha Kennedy<sup>1</sup> | Alexander Dunkel<sup>2</sup> |  
 Marcelline E. Dechenaud<sup>2</sup> | Jerome A. Weston<sup>2</sup> | John Shepherd<sup>3</sup> |  
 Peter Wolenski<sup>2</sup> | Steven B. Heymsfield<sup>1</sup> 

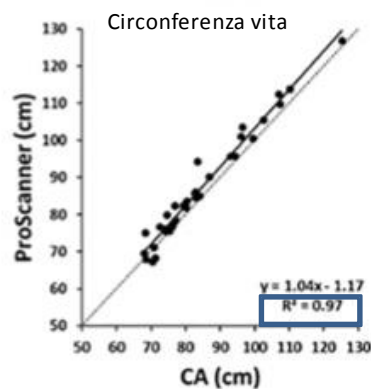
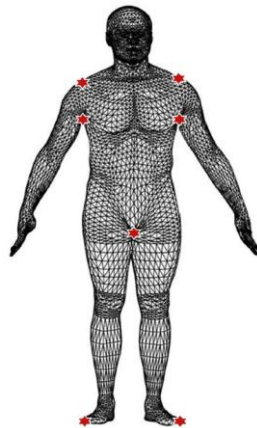
*Obes Sci Pract.* 2021;7:35–44.

*«Anatomic measurements are not standardized across manufactures, precluding use of published reference values and pooling of data across research centers»*

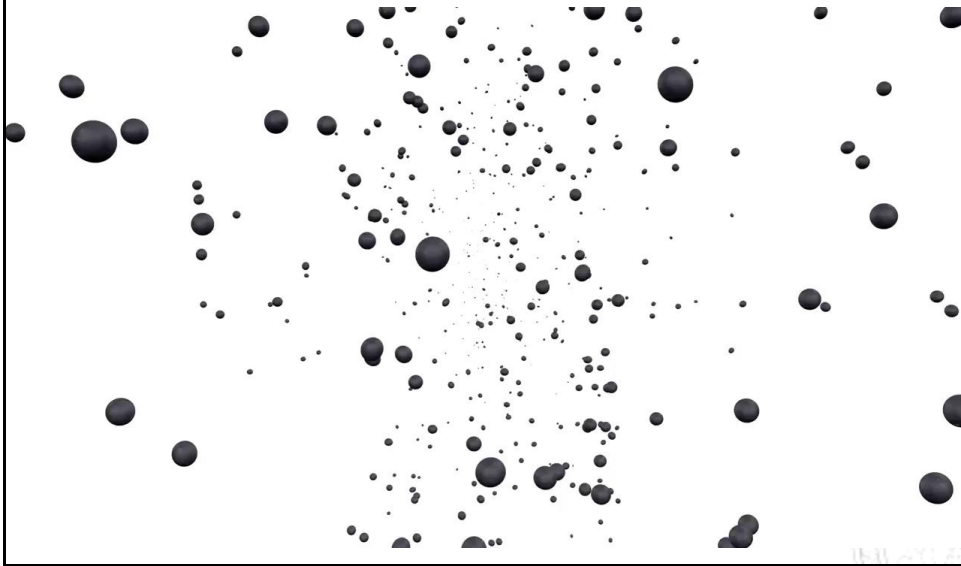


# Osteoforum

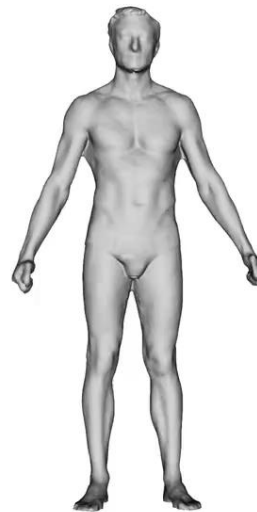
## Digital anthropometry for body circumference measurements: Toward the development of universal three-dimensional optical system analysis software



# Osteoforum

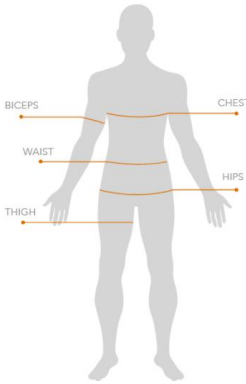


# Osteoforum



# Osteoforum

## Measurements

| Demo Location Guide (Sample Image)*                                               | Name          | Value (cm) |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------|
|  | Neck          | 39.8       |
|                                                                                   | Chest         | 108.5      |
|                                                                                   | Waist         | 84         |
|                                                                                   | Hips          | 99.3       |
|                                                                                   | Left Biceps   | 32.8       |
|                                                                                   | Right Biceps  | 34.1       |
|                                                                                   | Left Forearm  | 28.8       |
|                                                                                   | Right Forearm | 29.3       |
|                                                                                   | Left Thigh    | 56         |
|                                                                                   | Right Thigh   | 56.1       |
|                                                                                   | Left Calf     | 38.6       |
|                                                                                   | Right Calf    | 38.6       |

\* Note: The sample image is only used to display measurement locations and body parts. The table on the right displays the client's measurements.

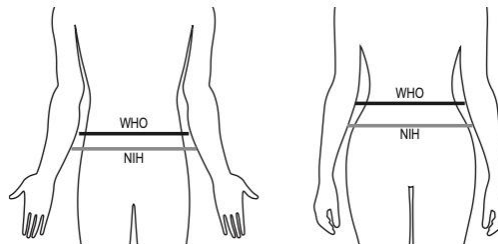
# Osteoforum

## Comparison of waist circumference using the World Health Organization and National Institutes of Health protocols

by Jennifer Patry-Parisien, Margot Shields 2012  
and Shirley Bryan



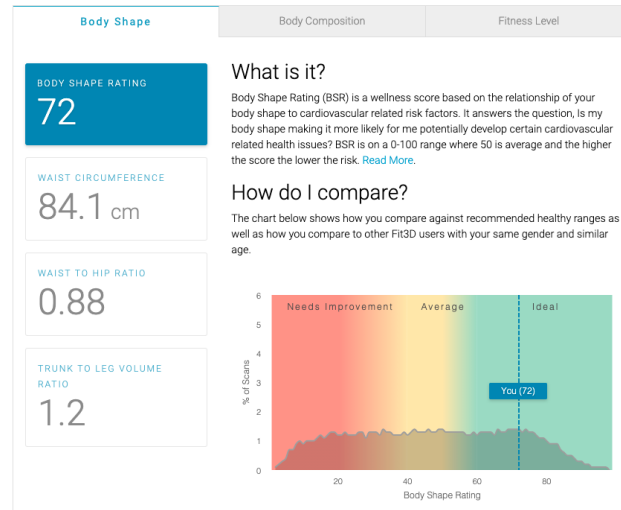
### Waist circumference measurement sites for men and women based on World Health Organization (WHO) and National Institutes of Health (NIH) protocols



**Note:** Following the WHO protocol, the measure is taken midway between the highest point of the iliac crest and the bottom of the ribcage. Following the NIH protocol, the measure is taken at the highest point of the iliac crest.

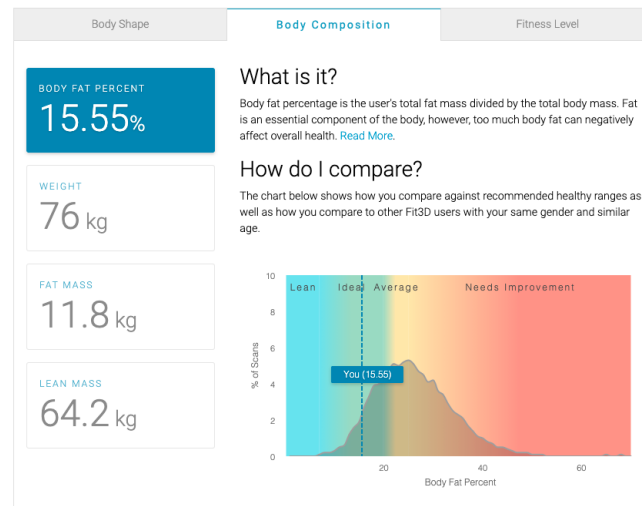
# Osteoforum

## Wellness Metrics



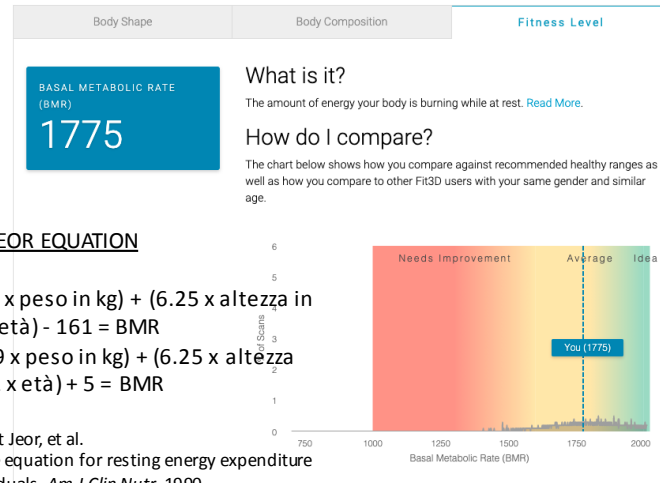
# Osteoforum

## Wellness Metrics



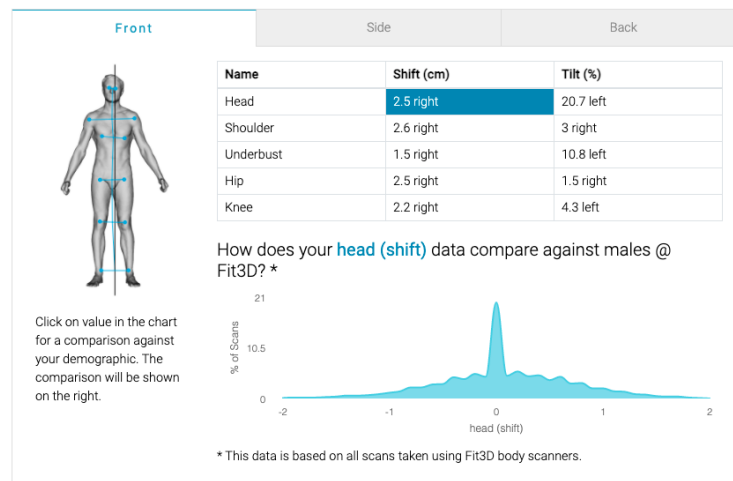
# Osteoforum

## Wellness Metrics



# Osteoforum

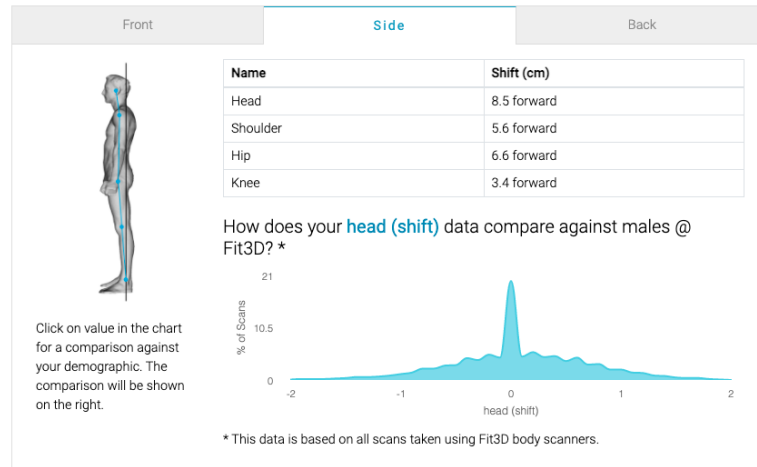
## Posture





# Osteoforum

## Posture



# Osteoforum

## APPLICAZIONI CLINICHE

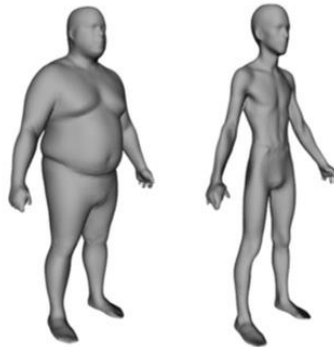


# Osteoforum

Detailed 3-dimensional body shape features predict body composition, blood metabolites, and functional strength: the Shape Up! studies

Bennett K Ng,<sup>1,2</sup> Markus J Sommer,<sup>2</sup> Michael C Wong,<sup>1</sup> Ian Pagano,<sup>1</sup> Yilin Nie,<sup>2</sup> Bo Fan,<sup>2</sup> Samantha Kennedy,<sup>1</sup> Brianna Bourgeois,<sup>2</sup> Nisa Kelly,<sup>1,2</sup> Yong E Liu,<sup>1,2</sup> Phoenix Hwaung,<sup>2</sup> Andrea K Garber,<sup>4</sup> Dominic Chow,<sup>1</sup> Christian Vaisse,<sup>2</sup> Brian Curless,<sup>6</sup> Steven B Heymsfield,<sup>1</sup> and John A Shepherd<sup>1,2</sup>

Am J Clin Nutr 2019



Correlazione con:

- HDL
- Trigliceridi
- Glicemia
- Insulinemia
- Forza isometrica quadricipite

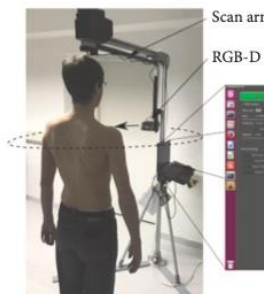
«3D Optical body scanning improves prediction of serum lipid and diabetes markers, and functional strength measurements.»

# Osteoforum

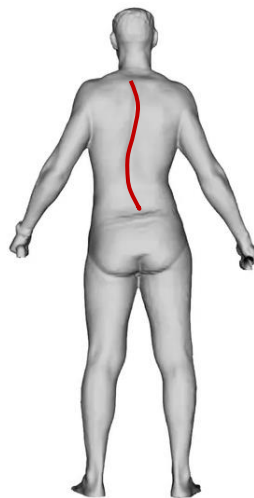
Research Article

**A Noninvasive 3D Body Analysis of Scoliosis**

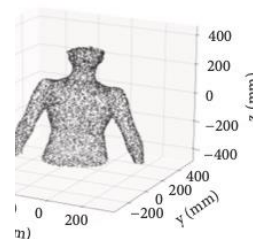
Susmita Roy<sup>1</sup>, Alexander Daniel Cremers,<sup>2</sup> Daniela



(a) Bodyscanner

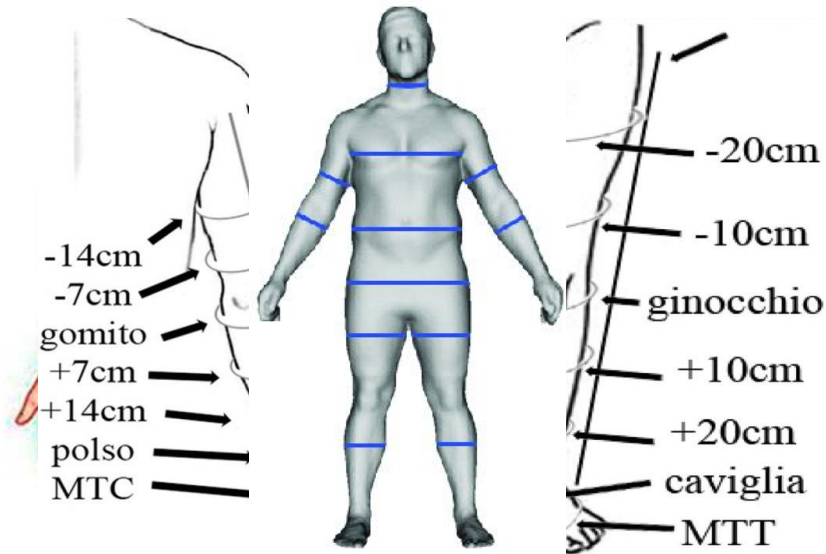


BioMed Research International, 2019



Vertices of body surface represented as 3D scatter plot

# Osteoforum



# Osteoforum

University of Turin  
Physical Medicine and Rehabilitation residency program

Director: Prof. Marco Alessandro Minetto

**METHODS** for  
BODY COMPOSITION ASSESSMENTS

October 4<sup>th</sup>, 2021  
4.30 - 6.30 pm

**Webinar**  
Free participation  
through connection to the virtual room:  
<https://join.webex.com/join?m=marco.minetto>

**Prof. Steven B. Heymsfield**  
Pennington Biomedical Research Center  
Louisiana State University, Baton Rouge, USA

Discussant  
**Prof. Angelo Pietrobelli**  
University of Verona, Italy

Organizing Secretary  
Prof. Angelo Pietrobelli



[chiara.busso@unito.it](mailto:chiara.busso@unito.it)

LINKSFUNDATION.COM

FONDAZIONE  
**Links**  
PASSION FOR INNOVATION

# Tecnologie di realtà virtuale ed aumentata per rafforzare l'accessibilità del patrimonio culturale verso le categorie fragili e i degenti ospedalieri

MASSIMO MIGLIORINI

MASSIMO.MIGLIORINI@LINKSFUNDATION.COM

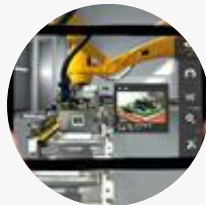
## Le tecnologie digitali

### Overview

#### ■ REAL LIFE



#### ■ EXTENDED REALITY (XR)



REALTÀ AUMENTATA (AR)



REALTÀ MISTA (MR)



REALTÀ VIRTUALE (VR)

## Realtà Aumentata, Mista e Virtuale



Nella **Realtà Aumentata (AR)** il computer utilizza sensori e algoritmi per determinare la posizione e l'orientamento di una telecamera. Attraverso un computer, la tecnologia AR crea oggetti in grafica 3D e li orienta come apparirebbero dal punto di vista della telecamera, sovrapponendo infine le immagini generate a quelle del mondo reale.

*[ Mondo reale arricchito da contenuti digitali ]*



Nella **Realtà Mista (MR)** gli oggetti virtuali non vengono semplicemente sovrapposti alla realtà circostante, ma vengono ancorati ad essa, in modo che l'utilizzatore possa interagirvi, creando un'esperienza particolarmente dinamica.

*[ Mondo reale arricchito da contenuti digitali interattivi ]*



Con il termine **Realtà Virtuale (VR)** si intende l'uso di tecnologie informatiche per creare un ambiente simulato. A differenza di altre interfacce utente tradizionali, **la tecnologia VR pone l'utente all'interno di una esperienza**: invece di visualizzare uno schermo di fronte a loro, gli utenti sono immersi ed in grado di interagire con mondi virtuali in 3D in cui possono essere simulati tutti i sensi: la vista, l'udito, il tatto, e persino l'odore.

*[ Mondo completamente digitale ]*



TORINO  
27 SETTEMBRE 2021



links linksfoundation.com  
COPYRIGHT 2021 LINKS

## La sinergia tra il settore Beni Culturali e il settore Ospedaliero

### SETTORE BENI CULTURALI



### REALTÀ VIRTUALE



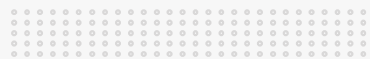
### SETTORE OSPEDALIERO



La tecnologia digitale permette oggi una **sinergia innovativa**, con forti impatti e ricadute benefiche su entrambi i settori



TORINO



links linksfoundation.com  
COPYRIGHT 2021 LINKS



## Impatti - prospettiva settore Beni Culturali

### INDOOR CULTURAL HERITAGE



MUSEI



MOSTRE TEMPORANEE



CHIESE



EDIFICI STORICI

### OUTDOOR CULTURAL HERITAGE



SITI NATURALISTICI



SITI ARCHEOLOGICI



MONUMENTI E CENTRI STORICI

Contrasto agli impatti del COVID-19

- Isolamento da quarantena/lockdown
- Chiusura dei musei e degli eventi culturali
- Perdita di ruolo di artisti e professionisti

Le tecnologie digitali possono sensibilmente migliorare:

- la **FRUIZIONE** del patrimonio culturale, offrendo esperienze di visita arricchite da nuovi contenuti
- la **SOSTENIBILITÀ** del patrimonio culturale riducendo i costi legati ai dispositivi di guida (quali audioguide e palmari) ed alle infrastrutture gestionali-logistiche (quali segnaletica, parcheggi, dispositivi di sicurezza)
- l'**ACCESSIBILITÀ** del patrimonio culturale soprattutto nei confronti delle persone più fragili (quali disabili, anziani, malati o persone in quarantena) attraverso esperienze di visita a distanza virtuali e immersive a 360°
- la **RESILIENZA** del patrimonio culturale generando nuovi modelli di business che consentano di tamponare efficacemente le problematiche dell'attuale pandemia COVID-19, intercettando nuove fasce di visitatori e rilanciando il ruolo di artisti e professionisti del settore.

TORINO

27 SETTEMBRE 2021

links

linksfoundation.com  
COPYRIGHT 2020 L.LINKS

## Impatti - prospettiva settore Ospedaliero

- **supporto all'implementazione delle terapie riabilitative** attraverso
  - il piano del corpo (movimento stimolativo per riattivare le funzioni motorie, supporto alla fisioterapia);
  - il piano della mente (stimolazione funzioni cognitive e memoria)
- **miglioramento della degenza** per i pazienti (distrazione dal dolore, intrattenimento);
- **riduzione dell'isolamento** e incremento della comunicazione/interazione con i parenti
- **miglioramento qualità dell'attesa** per familiari ed operatori sanitari.



COMPONENTE DELLA VISTA



COMPONENTE DEL TATTO



COMPONENTE DELL'ESPRESSIONE



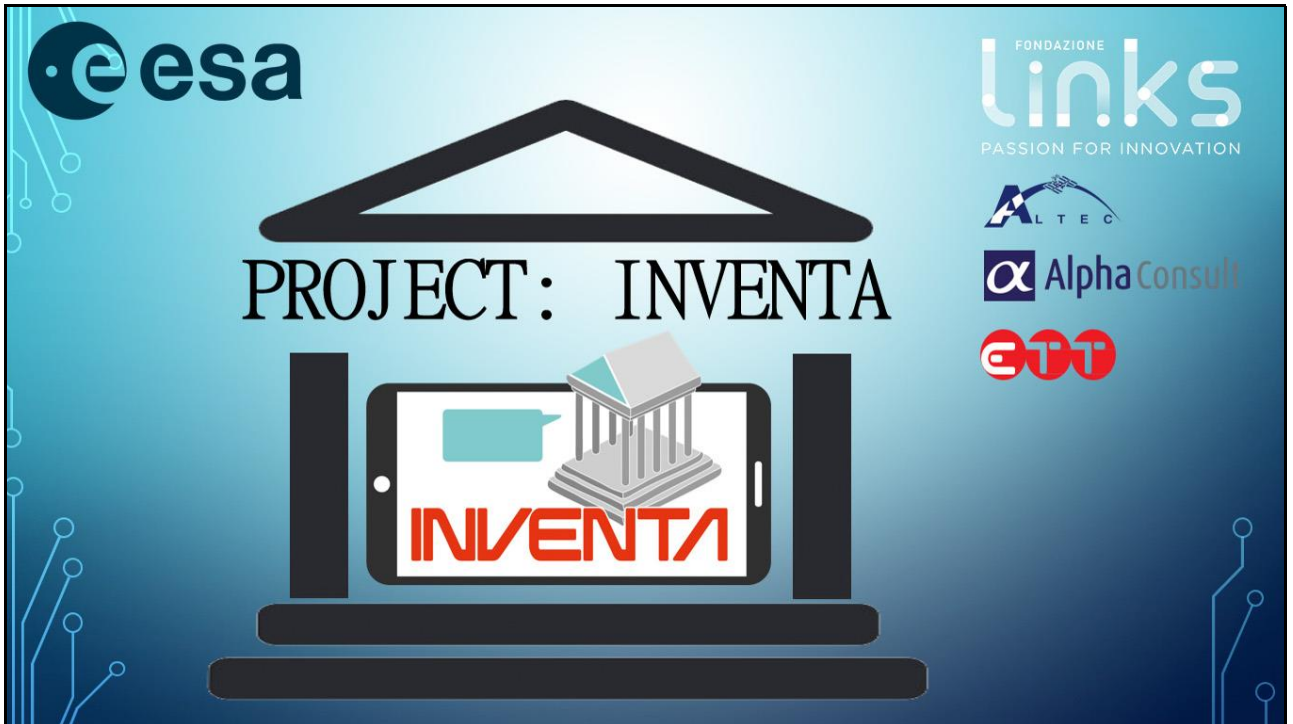
COMPONENTE DELL'UDITO

TORINO

27 SETTEMBRE 2021

links

linksfoundation.com  
COPYRIGHT 2020 L.LINKS

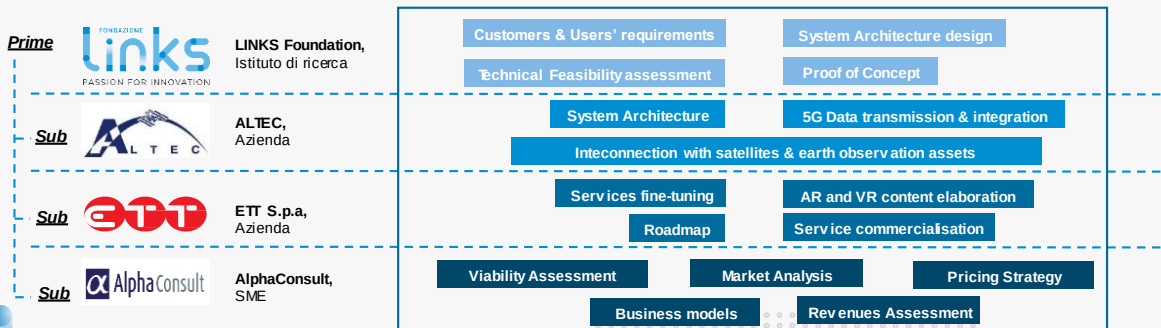


## Il progetto INVENTA

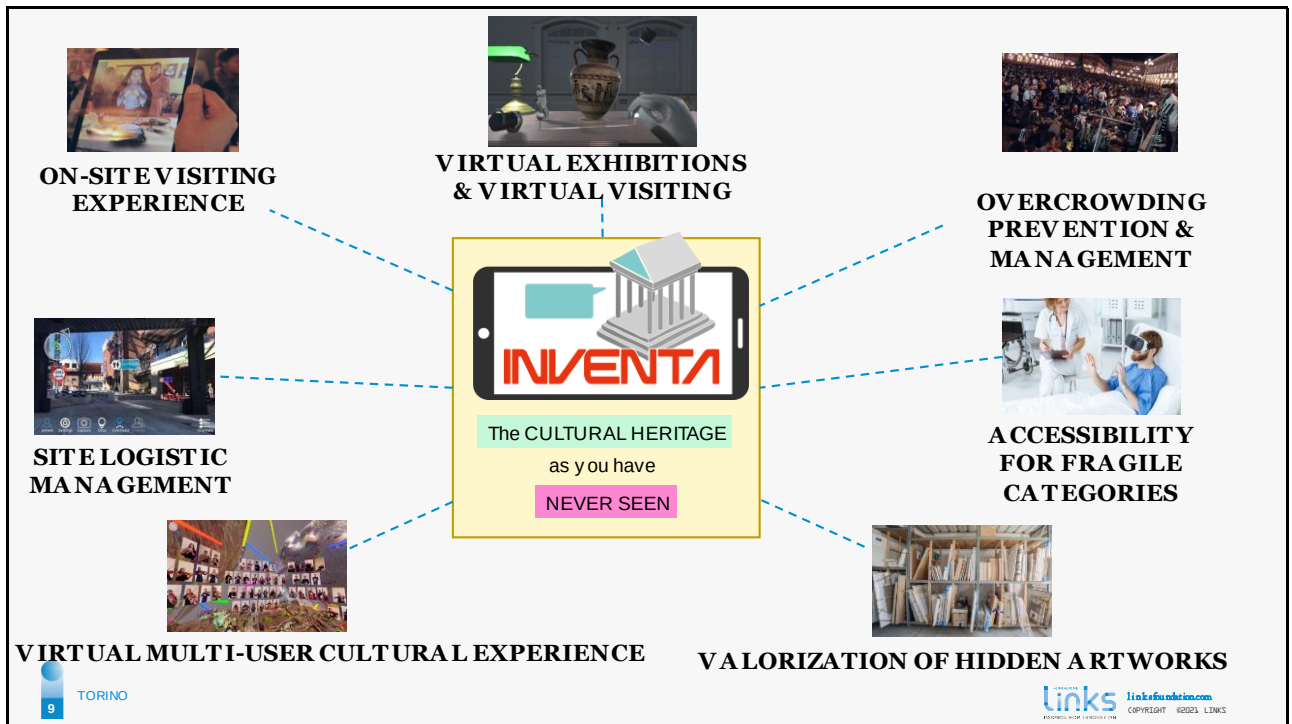
### Overview

**Obiettivo:** il progetto INVENTA intende studiare servizi innovativi basati su applicazioni mobile e rete 5G, che integrano componenti di Realtà Virtuale ed Aumentata, Navigazione Satellitare ed Earth Observation per aumentare la fruizione, la sostenibilità, l'accessibilità, e la resilienza dei siti storici e culturali.

- Finanziamento** European Space Agency, bando ARTES IAP, 5G for L'ART
- Durata** 15 Ottobre 2020 – 15 Ottobre 2021 (con potenziale attivazione di una fase 2 sino a Luglio 2023)
- Durata**



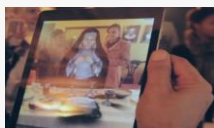




## Missione

1/2

**INVENTA** creerà un nuovo modo di vivere i beni culturali. La possibilità di generare contenuti digitali 3D in qualsiasi luogo (grazie alla rete 5G) e di ancorarli coerentemente al contesto di riferimento (grazie alle tecnologie spaziali) produrrà una vastissima gamma di possibilità.



I percorsi di visita dei turisti saranno arricchiti da **esperienze innovative estremamente coinvolgenti**, basate sulle tecnologie di realtà aumentata/virtuale e rese disponibili direttamente sui dispositivi *mobile* delle persone.



**I costi di gestione dei siti culturali verranno ridotti**, minimizzando le voci di acquisto/installazione/manutenzione dei dispositivi locali (es. audio-guide) e delle infrastrutture (es. segnaletica, monitors), guidando digitalmente i visitatori attraverso percorsi di visita gestiti in realtà aumentata, aggiornabili in tempo reale (code, preferenze, annunci di eventi o promozioni time-limited) ed in grado di regolare i flussi dei visitatori e **mitigare i fenomeni di sovraffollamento**.



Sfruttando la tecnologia satellitare e la realtà aumentata (per tracciare confini virtuali nello spazio), **INVENTA** verificherà l'applicabilità di **servizi logistici smart** quali ad esempio la guida real-time verso i parcheggi liberi, minimizzando la necessità di installazioni fisiche e riducendo i fenomeni di congestione del traffico, con forti **benefici sull'impatto ambientale e sulla preservazione dei siti**.

## Missione

2/2

**INVENTA** creerà un nuovo modo di vivere i beni culturali. La possibilità di generare contenuti digitali 3D in qualsiasi luogo (grazie alla rete 5G) e di ancorarli coerentemente al contesto di riferimento (grazie alle tecnologie spaziali) produrrà una vastissima gamma di possibilità.



La possibilità di fruire di visite virtuali da remoto rafforzerà la resilienza dei musei rispetto alle problematiche della pandemia, generando **nuovi modelli di business** per intercettare nuove fasce di visitatori, transcendendo qualsiasi barriera geografica.



Ciò consentirà di **valorizzare le opere non esposte** dai musei per mancanza di spazi, costruendo percorsi virtuali dedicati ad esplorarle. Inoltre contribuirà a rilanciare il ruolo di artisti, guide e professionisti del settore che trasmetteranno la loro conoscenza interpretando avatar digitali 3D all'interno di percorsi di visita virtuali o di altre esperienze culturali virtuali multi-utente (es. concerti musicali, laboratori educativi, ecc.).



L'attenzione alle **categorie fragili** (anziani, disabili, degenti ospedalieri, persone in isolamento da COVID-19) e la necessità di dare loro la stessa opportunità degli altri visitatori di esplorare, vivere e godere del valore inestimabile del patrimonio culturale è un aspetto fondamentale. **INVENTA** rafforzerà questo aspetto, consentendo la distribuzione di **esperienze immersive** fruibili da remoto, realizzate con interfacce ritagliate sulle specifiche esigenze delle singole persone.



TORINO  
27 SETTEMBRE 2021

links [linksfoundation.com](http://linksfoundation.com)  
COPYRIGHT © 2021 LINKS

## Dettaglio su USE CASE 5 – Fragile Categories

- **Target Customer:** beni culturali, ospedali, utenti privati, associazioni umanitarie
- **Involved Technologies:** 5G/WIFI, Realtà Virtuale
- **Service Description:** INVENTAAPP consentirà ai pazienti di ospedale di effettuare simulazioni virtuali immersive a 360 in grado di far visitare loro dei siti di pregio storico e culturale, riducendo l'isolamento ed il peso della degenza.

Le simulazioni potranno avere diverse caratteristiche studiate ad hoc per le esigenze dei pazienti, come ad esempio:

- - interfaccia per smart-moving (possibilità di **camminare nell'ambiente digitale muovendo le mani**), per persone con disabilità motorie alle gambe;
- - scenari specifici per **riabilitare i muscoli e la memoria muscolare**, per le persone che necessitano di fisioterapia dopo ad esempio un incidente;
- - interfaccia multiutente che consente visite virtuali di gruppo, guidate, da remoto. I pazienti saranno in grado non solo di evadere dalla loro stanza percependo un nuovo mondo, ma potranno **visitare i siti culturali insieme ad i loro parenti**, connessi da remoto, e con una guida che li accompagna interagendo con loro.
- - interfacce a supporto anche dei disabili, es. **occhiali in AR per persone non udenti** con sottotitoli automatici in rappresentazioni teatrali, o visite guidate dal vivo



TORINO  
27 SETTEMBRE 2021

Evento 15 Settembre

VIDEO VR Mani libere

links [linksfoundation.com](http://linksfoundation.com)  
COPYRIGHT © 2021 LINKS

## La città di Torino

Caso di studio



PALAZZO MADAMA



TURIN MILE OF TECHNOLOGY



LOGISTIC SUPPORT



3D ANIMATIONS



3D REAL-TIME INTERACTIVE  
GUIDANCE



360° VIRTUAL VISITING

Tour



TORINO  
27 SETTEMBRE 2021

links [linksfoundation.com](http://linksfoundation.com)  
COPYRIGHT © 2021 LINKS



# PROJECT: INVENTA



FONDAZIONE  
**links**  
PASSION FOR INNOVATION

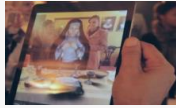


**α** AlphaConsult



FASE 2

## INVENTA2 – 2 anni, 1.8 M€ (in fase di valutazione)



**ON-SITE VISITING  
EXPERIENCE**



**SITE LOGISTIC  
MANAGEMENT**

### PILOT TYPE 1

- Augmented Reality
- On-site visiting
- Logistic information
- Image recognition
- 5G
- Satellite navigation
- VFX & Graphic animations



**VIRTUAL EXHIBITIONS &  
VIRTUAL VISITING**



**VALORIZATION OF HIDDEN  
ARTWORKS**

### PILOT TYPE 2

- Virtual Reality
- Remote visiting
- Artworks Digitalization
- Environments 3D modelling
- Earth Observation



**ACCESSIBILITY FOR  
FRAGILE CATEGORIES**



**NUMEROSI MUSEI E SITI  
STORICI HANNO GIÀ  
ESPRESSO IL LORO  
INTERESSE PER INVENTA2  
E PER QUESTO PILOTA**

### PILOT TYPE 3

- Virtual Reality
- Remote visiting
- Graphic User Interfaces
- VFX & Graphic animations
- VR User-interface for patient rehabilitation
- Earth Observation



**VIRTUAL MULTI-USER  
CULTURAL EXPERIENCE**



**OVERCROWDING  
PREVENTION &  
MANAGEMENT**

### PILOT TYPE 4

- Augmented & Virtual Reality
- On-site/remote visiting
- Users tracking
- Satellite navigation
- 5G

**Links** linksfoundation.com  
COPYRIGHT © 2021 LINKS

**15** TORINO

FONDAZIONE  
**Links**  
PASSION FOR INNOVATION

## CONTACTS

Massimo Migliorini

Cultural Heritage and Regional Urban Development – Visual Lab

Tel: +39 011 1975 1558 | Mobile: +39 339 57 32 462

e. [massimo.migliorini@linksfoundation.com](mailto:massimo.migliorini@linksfoundation.com)

Skype [max\\_korden](#)

FONDAZIONE LINKS

Via Pier Carlo Boggio 61 | 10138 Torino

P. +39 011 22 76 150

[LINKSFUNDATION.COM/INNOVAZIONE/LABORATORI/VIRTUAL-REALITY/](http://LINKSFUNDATION.COM/INNOVAZIONE/LABORATORI/VIRTUAL-REALITY/)