

BIOMATERIALI METALLICI

Seconda parte

metalli e leghe dentali

leghe del mercurio

Amalgame

Il mercurio, che è liquido a temperatura ambiente, può reagire con altri metalli (p. es., argento e stagno), formando una massa plastica che indurisce progressivamente con il passare del tempo

Questo materiale è chiamato amalgama ed è una lega nella quale uno dei componenti è il mercurio

Le amalgame, in particolare l'amalgama d'argento, sono i materiali più largamente usati dai dentisti di tutto il mondo per il restauro dei denti posteriori, dato che possono essere facilmente “impaccati” nelle cavità dentali

Il materiale di partenza è una lega solida in forma particolata composta di almeno il 65% di argento e non più del 29% di stagno, 6% di rame, 2% di zinco e 3% di mercurio

Questa viene mescolata con del mercurio in un tritratore meccanico: il materiale che ne risulta viene pressato nella cavità dentale preparata in precedenza

Di solito raggiunge un quarto della consistenza finale dopo un'ora e risulta completamente solidificata dopo un giorno

Pregi delle amalgame:

- ottimo sigillo marginale
- facilità di utilizzo
- lunga durata
- lunga esperienza clinica
- basso costo della riparazione

Difetti delle amalgame:

- il colore non si mimetizza con il dente
- la necessità di eseguire preparazioni di cavità ritentive ed in un certo senso “demolitive”, dato che l’amalgama non possiede la capacità di legarsi alla struttura dentale
- la potenziale tossicità dovuta alla presenza di mercurio



**altri materiali
usati in odontoiatria:
oro e leghe**

Oro e le leghe dell'oro

Nella lavorazione di questi materiali vengono impiegate due tecniche:

- colata
- malleating

Nella tecnica della **colata**, si utilizza una matrice di un materiale capace di tollerare le alte temperature, come il gesso

La matrice viene ottenuta a partire da un'impronta di cera presa dalla cavità del dente mentre al paziente è applicato nel frattempo un riempitivo temporaneo della cavità dentale

Nella colata di solito sono impiegate leghe d'oro di varia composizione, dal momento che queste hanno proprietà meccaniche superiori a quelle dell'oro puro pur mantenendo la resistenza alla corrosione se contengano almeno il 75% in peso d'oro ed altri metalli nobili

Il rame, ad esempio, in lega con l'oro ne aumenta considerevolmente la resistenza; lo stesso effetto ha il platino, il cui contenuto non deve tuttavia superare il 4% se non si vuole aumentare troppo il punto di fusione della lega

L'argento compensa il colore del rame, mentre una piccola quantità di zinco può essere aggiunta per abbassare il punto di fusione e per neutralizzare gli ossidi che si formano durante la fusione

Ci sono, infine, leghe morbide che devono contenere più dell'85% d'oro: vengono usate per le corone e per le capsule, che sono soggette a pressioni ed usura molto superiori

Malleting

Le otturazioni sono formate direttamente nella cavità stessa utilizzando come materiale foglie sottili d'oro puro: i foglietti vengono saldati insieme comprimendoli a temperatura ambiente

In questo processo, l'unione tra gli strati metallici è provocata dalla diffusione termica degli atomi da uno strato all'altro: per il successo del processo è necessario, quindi, un contatto molto intimo tra i fogli ed è importantissimo evitare in modo rigoroso le contaminazioni nella lavorazione

Dato che l'oro metallico puro è molto morbido, questo tipo di protesi è necessariamente limitato ad aree non soggette a tensioni troppo forti

**altri biomateriali metallici
applicati in casi particolari**

Tantalio

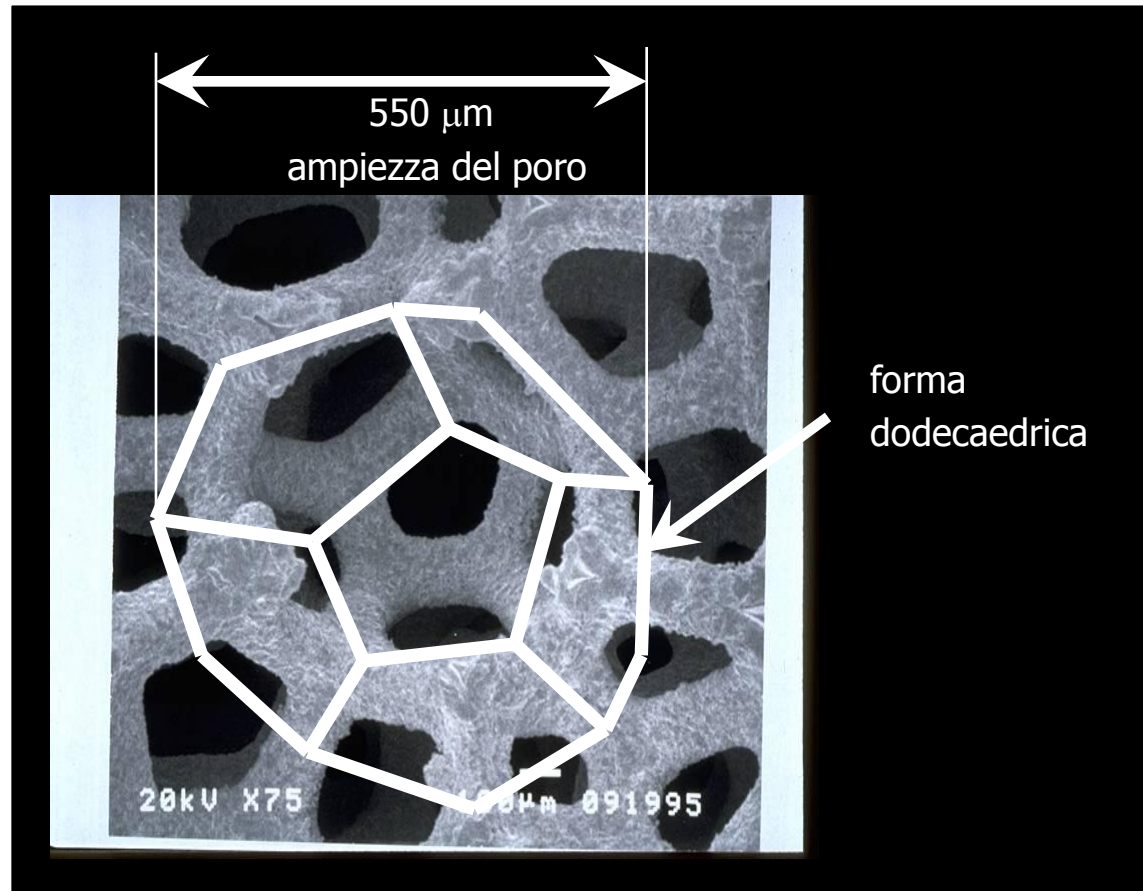
Il tantalio è stato molto studiato per protesi in campo animale ed ha dimostrato di possedere elevata biocompatibilità

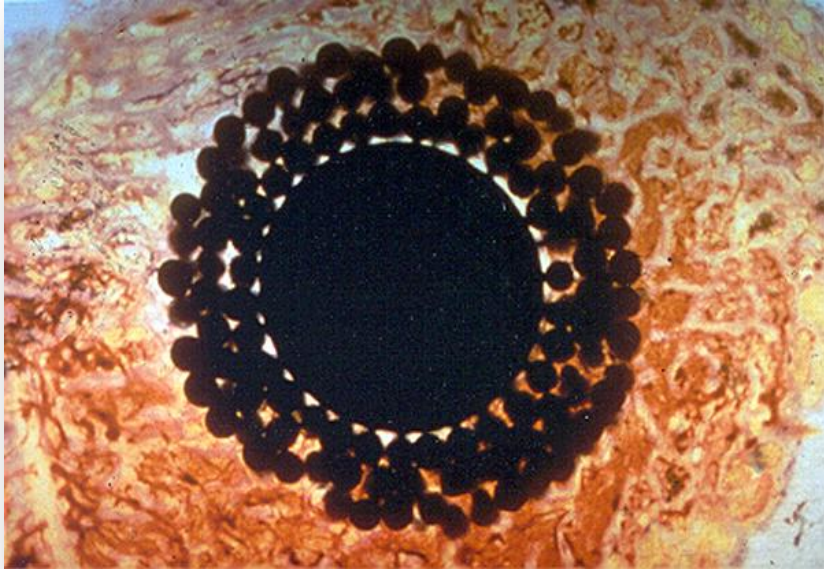
Tuttavia, a causa delle scarse proprietà meccaniche e della elevata densità (16.6 g/cm^3) ha trovato solo limitato impiego nella fabbricazione di fili di sutura utilizzati in chirurgia plastica ed in neurochirurgia

Una recente applicazione del tantalio riguarda la produzione del cosiddetto “**trabecular metal**”: è costituito da **tantalio** (98%) e da carbonio vetroso (2%)

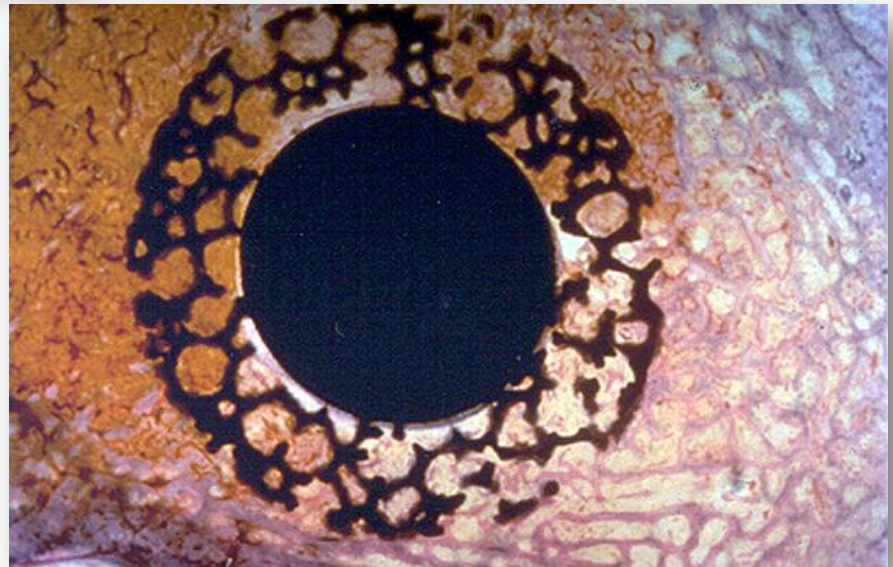
Si ottiene attraverso l’infiltrazione ed il successivo deposito dei vapori di gas tantalio su un reticolato di carbonio vetroso

Il “trabecular metal” è utilizzato nella produzione di componenti protesici poiché, in virtù della “porosità” ottimizzata, favorisce l’integrazione con il tessuto osseo





Microsfere sinterizzate



Trabecular Metal

Platino

Il platino, ed altri metalli nobili dello stesso gruppo, presentano caratteristiche di eccezionale resistenza alla corrosione, ma proprietà meccaniche scadenti

Questi metalli, pertanto, vengono usati sotto forma di leghe per fabbricare elettrodi, ad esempio nel caso dei pacemakers, sfruttando così la loro resistenza alla corrosione ed i bassi potenziali di soglia

titanio e leghe del titanio

Caratteristiche del titanio

- leggerezza (pesa 40% meno dell'acciaio: ha infatti una densità di 4.5 g/cm³ contro 7.9 g/cm³ per l'acciaio, 8.3 g/cm³ per il Vitalium® - lega cobalto/cromo/molibdeno - e 9.2 g/cm³ per le leghe di cobalto/nickel/cromo/molibdeno)
- eccellenti proprietà meccaniche
- scarsa tossicità
- ottima biocompatibilità
- assenza di proprietà magnetiche
- buona trasmissione del calore
- buona resistenza agli acidi

Esistono due forme allotropiche del titanio:

- α -Ti: stabile fino a 882°C , con reticolo esagonale compatto
- β -Ti: stabile a temperature maggiori di 882°C , con reticolo cubico centrato

Alcune delle leghe conosciute del titanio contengono alluminio e vanadio: la presenza di alluminio rende più stabile la forma α , dato che aumenta la temperatura di transizione; la presenza del vanadio stabilizza, invece, la forma β , poiché abbassa la temperatura di transizione tra le due forme

Nella fabbricazione di protesi possono essere utilizzate quattro diverse qualità di titanio metallico, che differiscono tra loro per i contenuti di ossigeno, ferro e azoto, i cui valori devono essere attentamente controllati

Soprattutto il contenuto d'ossigeno ha una grande influenza sulla duttilità e sulla resistenza del metallo

Esiste, invece, praticamente una sola lega a base di titanio diffusamente utilizzata in applicazioni biomediche: è denominata Ti6Al4V e contiene 5.5-6.5% di alluminio e 3.5-4.5% di vanadio

Composizione chimica del titanio e delle sua lega Ti6Al4V, ASTM F67, F136

Elemento	Titanio				Leghe di Titanio
	Qualità 1	Qualità 2	Qualità 3	Qualità 4	Ti6Al4V
N	0,03	0,03	0,05	0,05	0,05
C	0,10	0,10	0,10	0,10	0,08
H	0,015	0,015	0,015	0,015	0,0125
Fe	0,20	0,30	0,30	0,50	0,25
O	0,180	0,25	0,35	0,40	0,13
Ti	Resto				

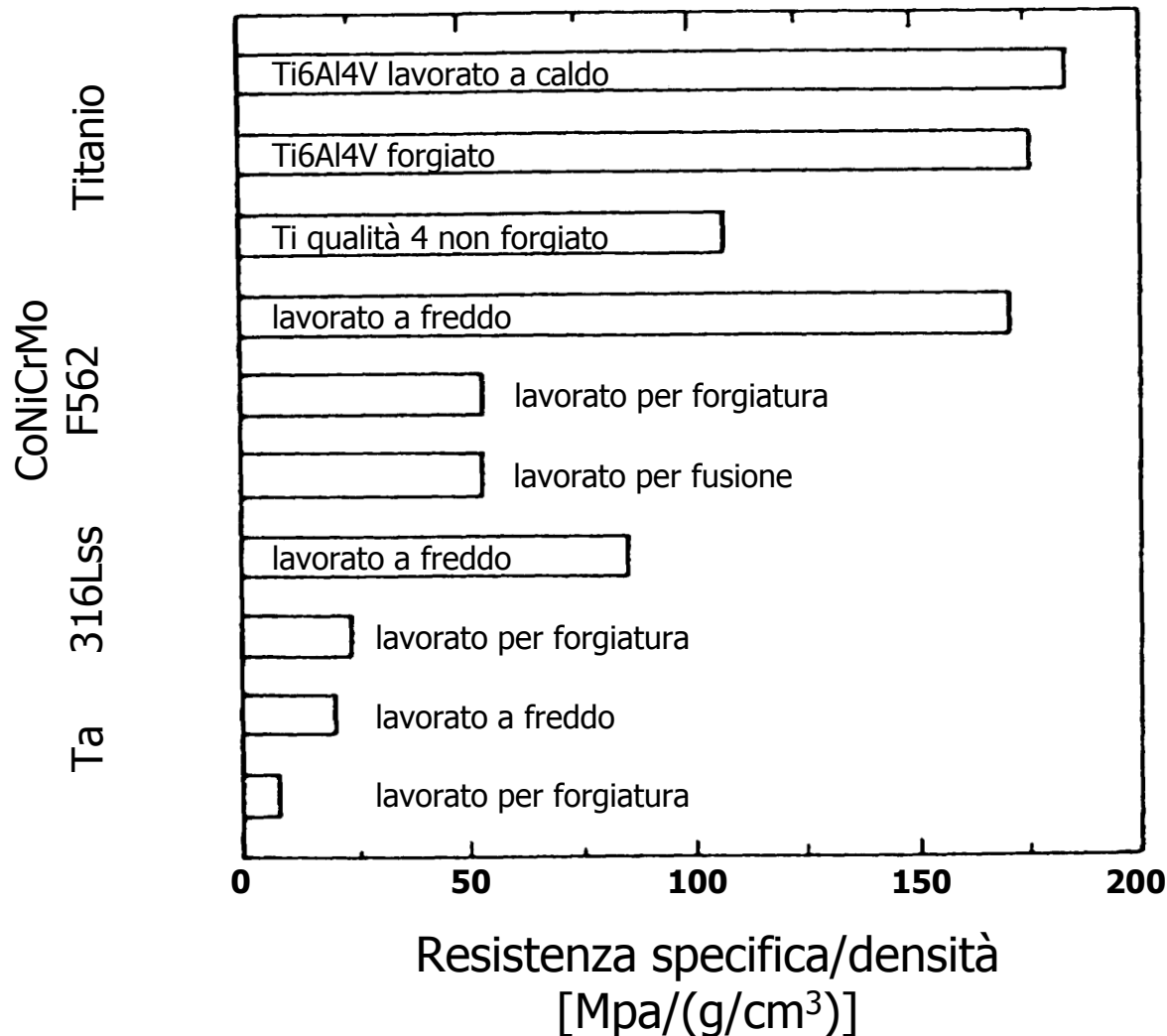
Proprietà meccaniche del titanio e delle sua lega Ti6Al4V, ASTM F136

Proprietà	Titanio				Leghe di Titanio
	Qualità 1	Qualità 2	Qualità 3	Qualità 4	Ti6Al4V
Carico a rottura (MPa)	240	345	450	550	860
Carico di snervamento (MPa)	170	275	380	485	795
Allungamento a rottura (%)	24	20	18	15	10
Strizione a rottura (%)	30	30	30	25	25

Tra le proprietà meccaniche del titanio commerciale e della lega Ti6Al4V, vi è un modulo d'elasticità (100-110 GPa) che risulta circa la metà di quello delle leghe del cobalto

Altre caratteristiche dipendono poi dalle impurezze contenute nel materiale, il cui aumento innalza la resistenza e riduce la duttilità

La resistenza del titanio e delle leghe varia così da valori molto inferiori a quelli dell'acciaio 316, o delle leghe a base di cobalto, a valori quasi uguali a quelli dell'acciaio inox temprato e delle leghe fuse cobalto/cromo/molibdeno



Se si considera la **resistenza specifica** (resistenza su densità), risulta che la lega di titanio presenta valori migliori rispetto a qualsiasi altro materiale usato per le protesi

La vite cannulata SST è realizzata in lega di Titanio $Ti6Al4V$, materiale che consente il monitoraggio mediante risonanza magnetica

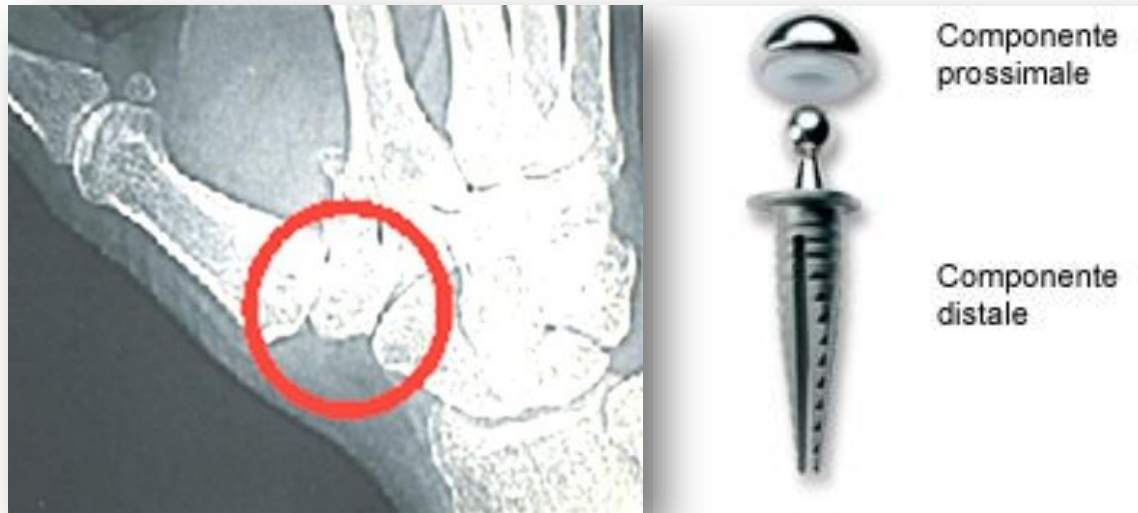




Il sistema BCM è composto da una vite, utilizzabile in abbinamento con una placca femorale o con un chiodo intramidollare.

Tutti i componenti sono lucidati a specchio per favorirne la rimozione e sono realizzati in lega di Titanio $Ti6Al4V$

La protesi trapezio-metacarpale Tripodal, non cementata, è composta da una componente distale in lega di Titanio Ti6Al4V a stelo bifido e parte articolare sferica che trova sede nella componente prossimale costituita a sua volta da una coppetta in polietilene ancorata ad una cupola bipolare, semisferica, che trova alloggio in una sede opportuna ricavata nel trapezio



Passivazione del Titanio

Le superfici di titanio esposte all'aria si ricoprono spontaneamente di uno strato di biossido (TiO_2) dello spessore di 3-6 nm: questo fenomeno è denominato **passivazione**

La passivazione conferisce al titanio e alle leghe una elevata resistenza alla corrosione assai maggiore di quella di molti altri metalli e leghe

Biocompatibilità

La risposta infiammatoria dei tessuti al contatto con il titanio risulta modesta ed il titanio è pertanto considerato come il più biocompatibile fra tutti i metalli

Il titanio puro possiede caratteristiche migliori rispetto a quelle esibite dalle leghe che contengono elementi tossici come l'alluminio ed il vanadio

Infatti, mentre il titanio e i prodotti formati a seguito del rilascio di suoi ioni sono considerati non-tossici, alcune gravi patologie sono associate all'accumulo di alluminio; il rilascio di vanadio risulta responsabile di fenomeni di carcinogenesi

Problemi

Il titanio ha una scarsa resistenza al taglio che lo rende meno adatto nella costruzione di piastre e per applicazioni simili; inoltre, quando entra in contatto di scorrimento con se stesso o con altri metalli, tende a grippare

Per questo motivo, le superfici esposte all'attrito vengono rivestite con altri materiali: è classico il caso delle protesi articolari in titanio, o in lega di titanio, rivestite con materiale ceramico

Lavorazione del titanio

Il titanio è un elemento molto reattivo alle alte temperature, tanto che in presenza d'ossigeno brucia con facilità; l'ossigeno, inoltre, diffonde rapidamente nel titanio rendendolo fragile

Pertanto, la fabbricazione delle protesi ad alta temperatura va realizzata in atmosfera inerte

Una procedura alternativa consiste nella lavorazione tramite il sistema di fusione sotto vuoto

Le lavorazioni a macchina a temperatura ambiente non costituiscono sempre una valida alternativa, dal momento che il materiale tende a grippare a contatto con gli utensili usati per il taglio; attrezzi molto affilati e velocità basse d'esercizio, sono pertanto necessari per minimizzare questo effetto indesiderato

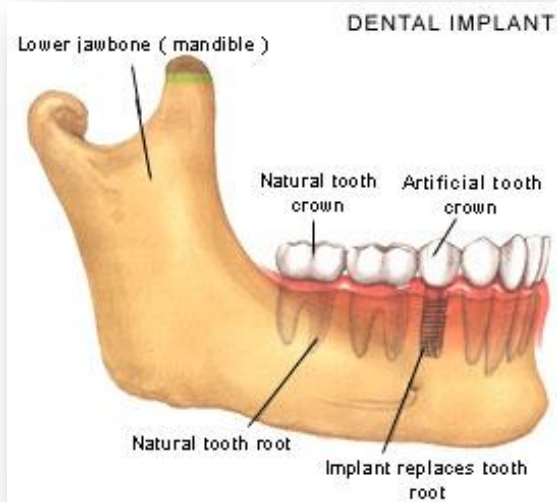
Infine, la lavorazione elettrochimica apre oggi interessanti possibilità

Il titanio e le leghe di titanio sono da tempo considerati materiali di uso comune nella chirurgia orale, maxillo-facciale ed ortopedica

In generale, il titanio commerciale puro viene utilizzato nel settore dentale, mentre le leghe di titanio, che presentano migliori caratteristiche meccaniche, vengono preferite nella chirurgia ortopedica

Per le caratteristiche di biocompatibilità, resistenza alla corrosione e per la notevole capacità di sostenere carichi, il titanio e le leghe sono largamente utilizzati per produrre:

- ☐ pompe cardiache artificiali
- ☐ involucri per pace-maker
- ☐ parti di valvole cardiache
- ☐ viti per odontoiatria
- ☐ protesi articolari artificiali in genere ...
- ☐ ... ed in modo specifico protesi articolari d'anca

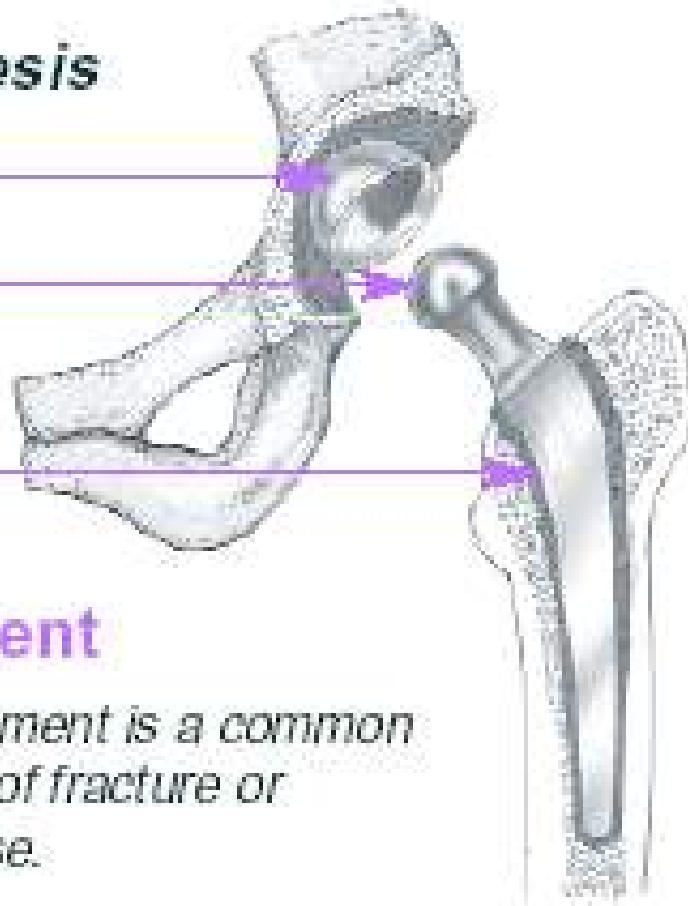


Hip Prosthesis

Socket

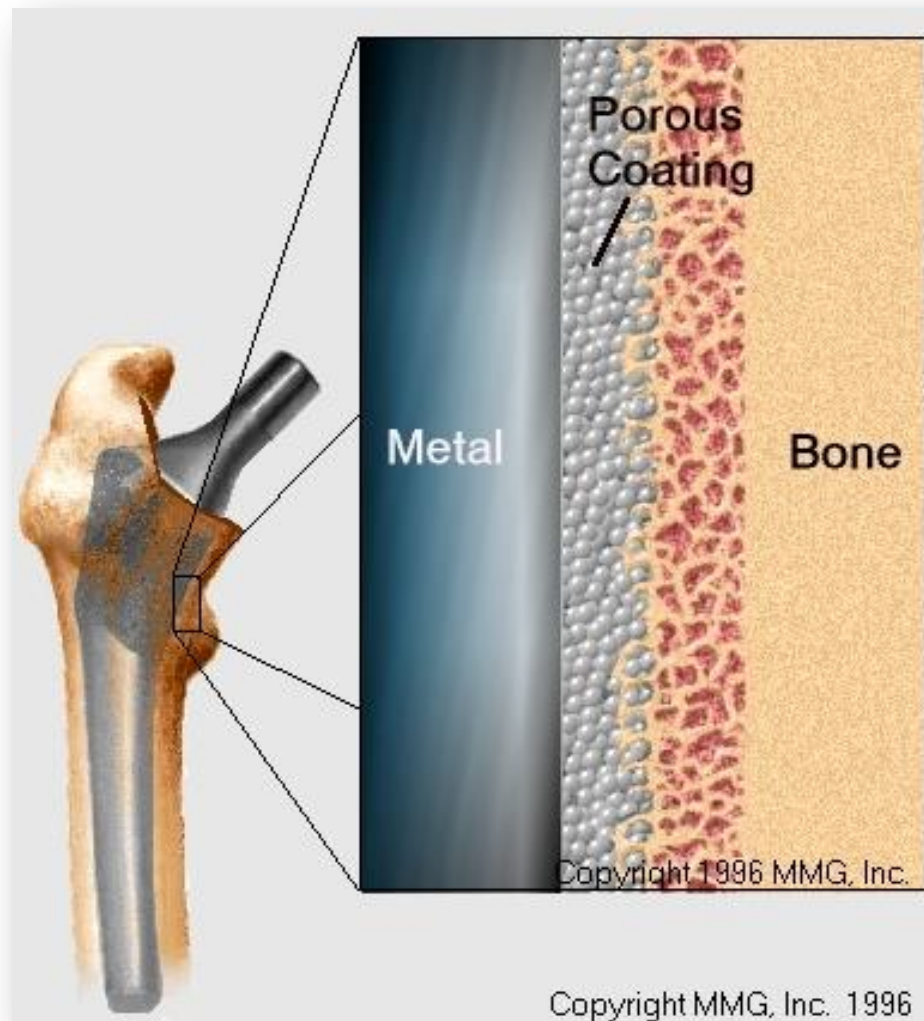
Ball

Stem



Hip Replacement

Surgical hip replacement is a common procedure in cases of fracture or degenerative disease.







Evidenza di lesioni osteolitiche del femore a seguito di un primo intervento sostituzione totale dell'anca



Radiografia post-operatoria: la protesi è ben inserita nel canale e ben fissata



Radiografia a 10 settimane dall'intervento: l'impianto è ben ancorato nella sede e vi è evidenza di rigenerazione ossea attorno alla lesioni osteolitiche del femore

Leghe nickel/titanio

Possiedono una singolare proprietà denominata Shape Memory Effect (SME), che consiste in questo:

il materiale che ha subito una deformazione ad una certa temperatura può riprendere la forma iniziale qualora venga riscaldato ad una temperatura superiore.

La lega nichel/titanio più conosciuta è quella equiatomica nickel/titanio denominata 55-Nitinol (50% di Ni a livello atomico, 55% in peso), che presenta un eccezionale SME a temperature vicine alla temperatura ambiente

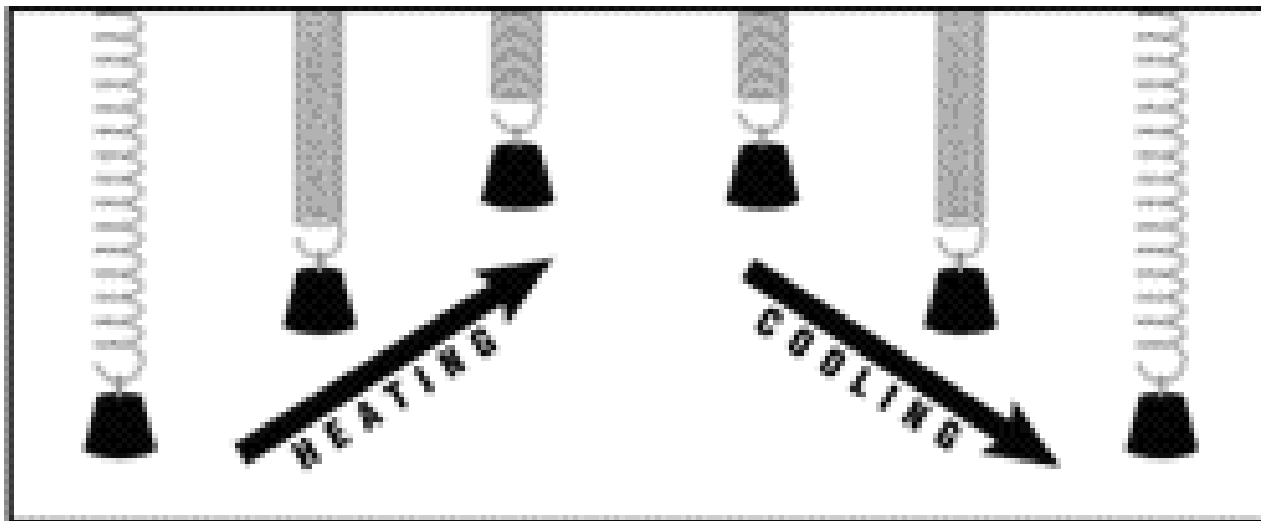
Il termine "Shape Memory Alloys" (SMA) indica la famiglia di materiali metallici che possiedono la capacità di ripristinare la loro configurazione iniziale se deformati e poi sottoposti ad appropriato trattamento termico

In particolare, le SMA subiscono una trasformazione di fase cristallina quando vengono portate dalla loro configurazione più rigida ad alta temperatura (austenite), alla configurazione a più bassa energia e temperatura (martensite)

Quando una SMA viene portata a bassa temperatura, assume una configurazione di tipo martensitico, possiede basso limite di snervamento ed è facilmente deformabile; in seguito a riscaldamento, la lega si riarrangia in un'altra struttura cristallina, di tipo austenitico, e riassume quindi configurazione e forma iniziali

La temperatura alla quale la lega "ricorda" la sua forma primitiva può essere modificata mediante variazioni della composizione o con appropriati trattamenti termici

Nella lega NiTi, ad esempio, tale temperatura può variare anche di 100°C; il processo di recupero della forma avviene in un range di qualche grado



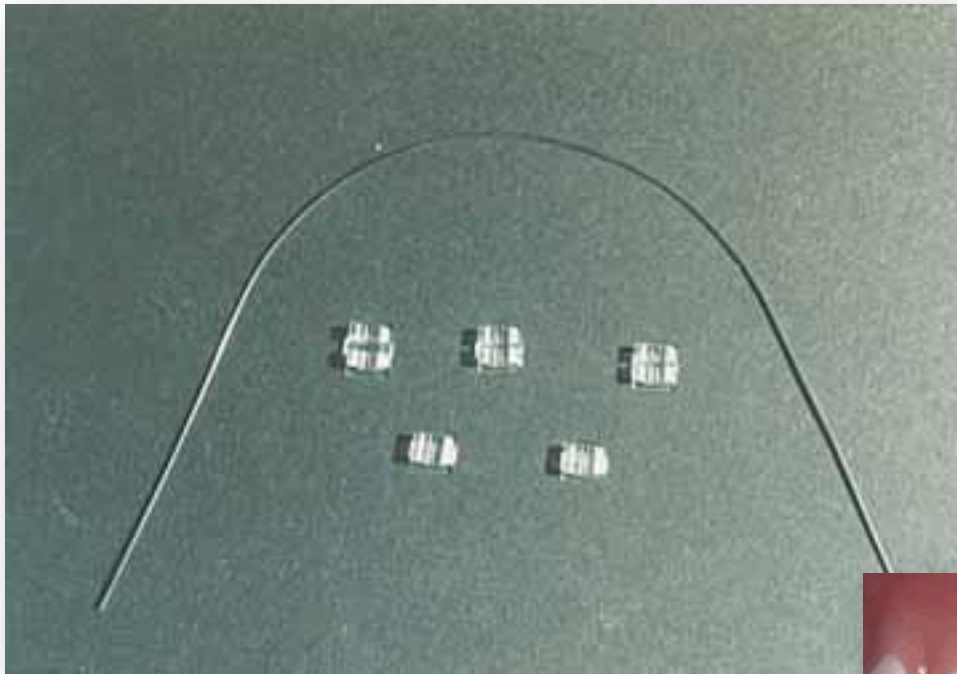
La lega 55-Nitinol risulta un buon isolante acustico e possiede la proprietà di convertire direttamente l'energia termica in energia meccanica

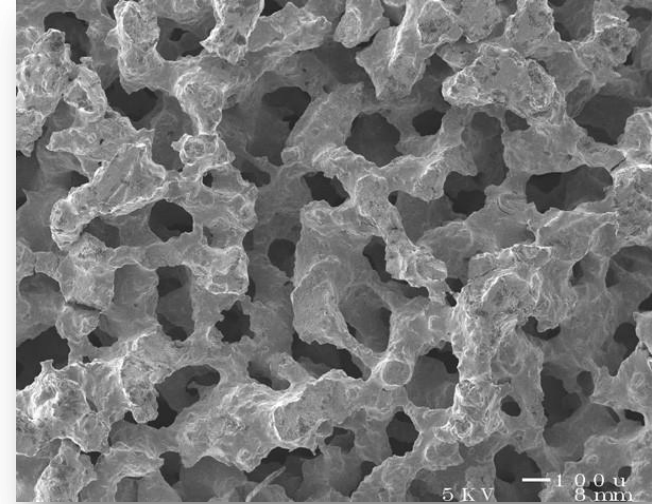
Possiede, inoltre, caratteristiche non magnetiche, basso modulo di elasticità, buone capacità di resistenza alla fatica (usura) e duttilità a bassa temperatura

Esiste infine un lega nichel/titanio a più ricco contenuto di nichel (60% in peso), la 60-Nitinol, che per temperatura a caldo risulta più dura della precedente

Applicazioni pratiche delle leghe SME:

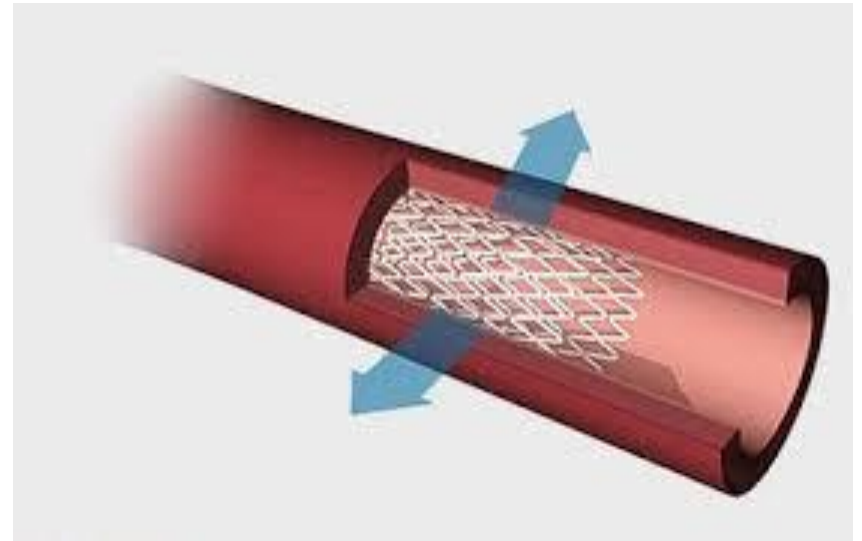
- ☐ fabbricazione di fili per gli archetti in ortodonzia
- ☐ clips per aneurismi intracranici
- ☐ filtri per la vena cava
- ☐ muscoli contrattili per cuori artificiali
- ☐ protesi ortopediche ed altri specifici apparati medicali
- ☐ stent



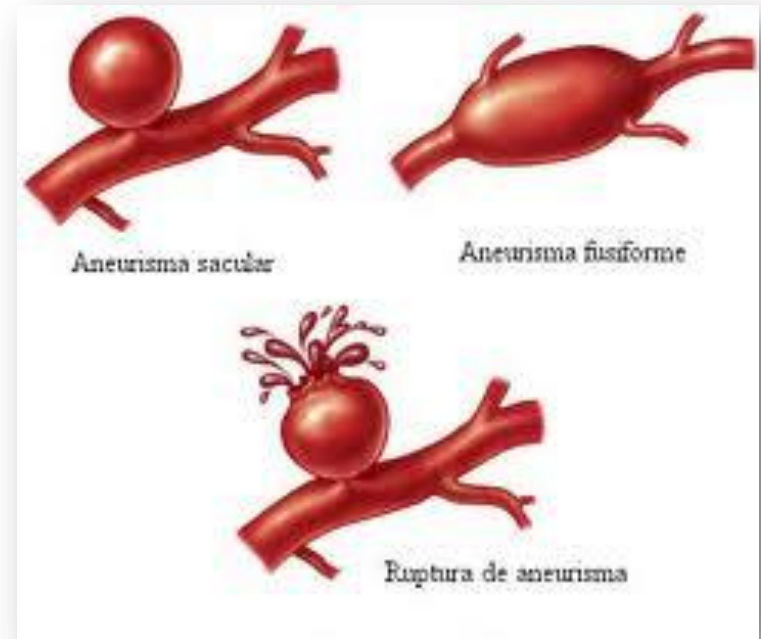


Porous nitinol cervical intervertebral fusion implants





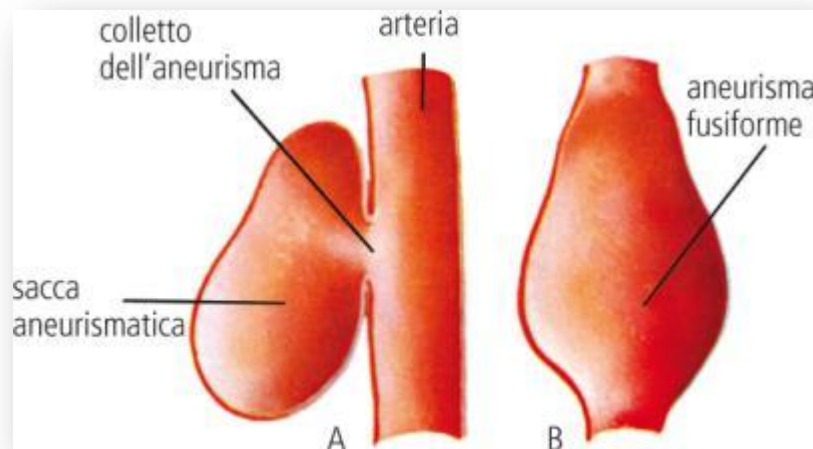
Gli aneurismi cerebrali sono delle dilatazioni circoscritte delle arterie intracraniche di forma varia, ma generalmente sacculare, le quali si formano per progressivo sfiancamento di un piccolo tratto della parete arteriosa là dove vi è stata la perdita della lamella elastica; la parete dell'aneurisma per questo è estremamente fragile e suscettibile di rottura in quanto priva della normale protezione

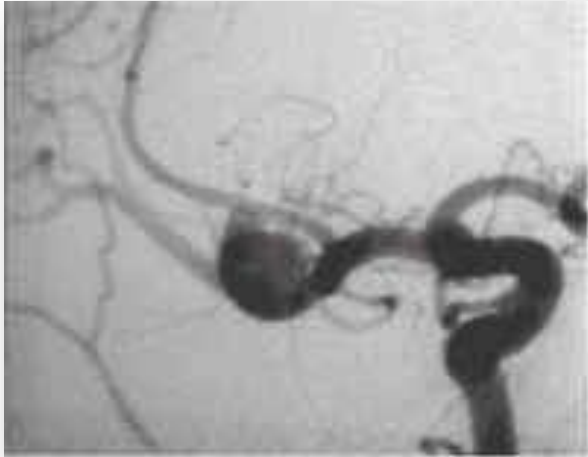


La rottura di un aneurisma determina sempre un particolare tipo di emorragia che si definisce "subaracnoidea"

È un'emorragia generalmente diffusa, che interessa la superficie del cervello, anche se può avere delle localizzazioni specifiche; meno frequentemente si ha un sanguinamento intracerebrale con conseguente ematoma

Per chiudere l'aneurisma si usano una o più clips metalliche (s sofisticate mollette in titanio) che vengono poste a livello del "colletto" dell'aneurisma, chiudendolo, ma lasciando libere le arterie normali della circolazione cerebrale

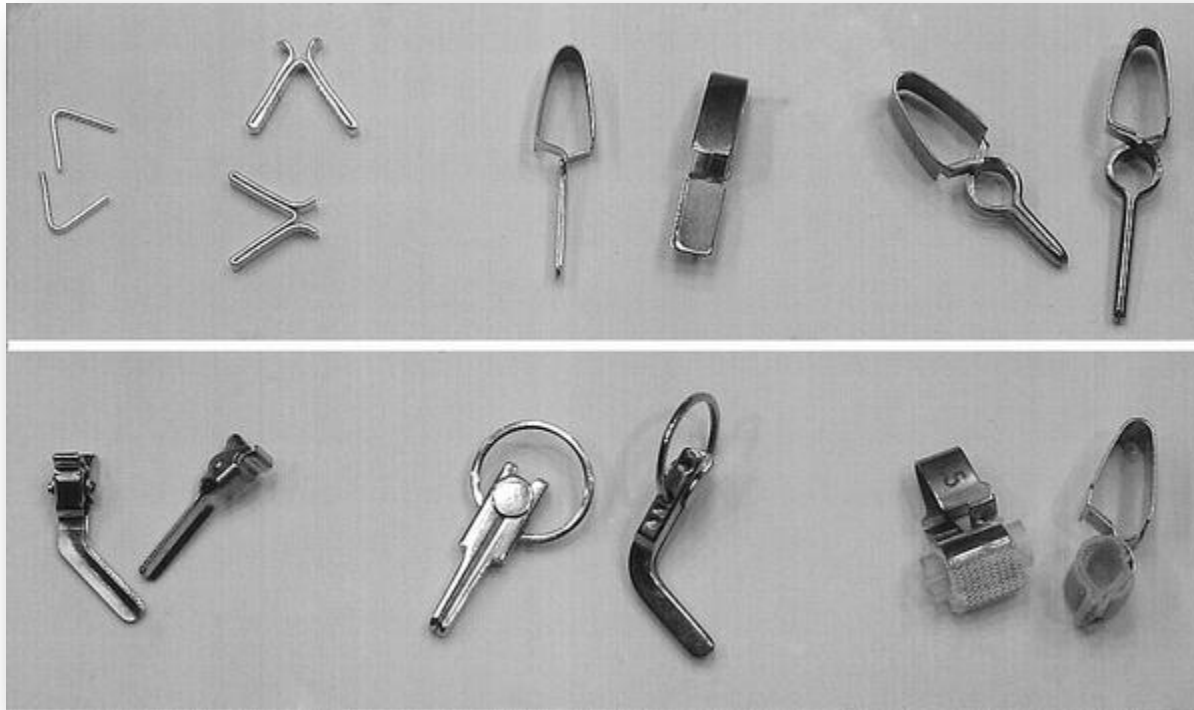




aneurisma cerebrale



esclusione dell'aneurisma
con clips



Serie di clips aneurismatici