



Università degli Studi di Genova

Facoltà di Medicina e Chirurgia

Master in Riabilitazione dei Disturbi Muscoloscheletrici

A.A 2010-2011

Campus Universitario di Savona

ANATOMIA FUNZIONALE E BIOMECCANICA

DELL'ARTICOLAZIONE TRAPEZIO-METACARPALE:

REVISIONE DELLA LETTERATURA

Candidato:

Walter Osta

Relatore:

Diego Arceri

INDICE

ABSTRACT.....	3
INTRODUZIONE.....	5
MATERIALI E METODI.....	7
RISULTATI.....	10
DISCUSSIONE.....	22
CONCLUSIONI.....	25
KEY POINT.....	26
BIBLIOGRAFIA.....	27
APPENDICE.....	32

ABSTRACT

Obiettivo

Lo scopo dell'elaborato è di fare una revisione sistematica tra i vari studi della letteratura, individuando le migliori evidenze disponibili riguardo alla descrizione delle strutture anatomiche coinvolte nella meccanica dell'articolazione trapezio-metacarpale (TMJ).

Risorse Dati

La ricerca è stata condotta consultando la banca dati MEDLINE attraverso il motore di ricerca PubMed e la banca dati di ELSEVIER con il motore di ricerca ScienceDirect. **Parole chiave:** "anatomy", "biomechanics", "artrokinematics", "kinematics", "thumb", "trapeziometacarpal joint", "trapeziometacarpal", "pollicis", "thenar"; parole chiave escluse: "surgery", "orthotic", "prosthesis", "pathology", "stroke", "osteoarthritis", "arthritis", "wrist", "metacarpal"; le stesse sono state utilizzate molteplici stringhe con modalità per soggetto ed utilizzo di operatori booleani (OR-AND-NOT) e loro possibili combinazioni. **Limiti:** articoli in lingua inglese; periodo successivo al 2007 per gli articoli originali (original article) e successive al 1992 per le revisioni della letteratura (review). **Criteri di esclusione:** degli abstract non consultabili, articoli completi (full text) non reperibili. **Criteri di inclusione:** articoli che rispondevano al quesito iniziale cioè all'anatomia funzionale e biomeccanica dell'articolazione trapezio-metacarpale, integrazione di articoli determinanti per la tesi.

Risultati

Gli studi inclusi sono 10 (8 articoli originali e 2 revisioni). La maggior parte di questi articoli si soffermano sulla complessità anatomica e strutturale della TMJ; viene data particolare importanza alla struttura legamentosa con le sue variabili e quanto queste possono influenzarne la stabilità della TMJ, limitando o favorendo la degenerazione della stessa. Viene posta particolare attenzione all'apparato muscolo-tendineo intrinseco ed estrinseco che influenza ulteriormente la stabilità ed il controllo motorio dell'articolazione medesima con notevole rilevanza dell'aspetto propriocettivo nel comparto legamentoso dorsale della TMJ. Per quanto riguarda l'apparato nervoso viene data molta

rilevanza alla rappresentazione del pollice a livello corticale del SNC e meno al sistema nervoso periferico che ha una grande variabilità anatomica; sotto il profilo vascolare viene data notevole importanza al comparto dorsale della TMJ. Biomeccanicamente sono stati studiati e misurati i vari movimenti sia nella loro complessità che nella loro variabilità. Negli ultimi anni la TMJ è studiata soprattutto per l'implicazione che ha in ambito lavorativo e professionale.

Conclusioni

Con questa tesi è stata effettuata una revisione sistematica sullo stato attuale delle conoscenze riguardo l'anatomia funzionale e biomeccanica della TMJ. Le conclusioni a cui sono arrivato sono conseguenti all'aspetto anatomico e biomeccanico dell'articolazione e al percorso di studi fatto; inoltre ho potuto constatare che sia sotto l'aspetto anatomico che in quello biomeccanico la TMJ è molto più complessa di quanto descritto dai libri che comunque stanno alla base della conoscenza didattica e che a volte vengono contestati dai risultati dei ricercatori. L'aspetto neuro-muscolo-tendineo e legamentoso influiscono in modo significativo sulla stabilità della TMJ favorendo o limitando l'usura e la degenerazione della stessa. La revisione è stata strutturata secondo regole esplicite (PRISMA 2009) anche se per la ristretta disponibilità di accesso ai database, gli articoli inclusi selezionati sono limitati e perciò non si può ritenere un risultato completamente esaustivo. Purtroppo ho riscontrato notevole difficoltà nel reperire gli articoli completi selezionati. In futuro si consiglia prima di effettuare un'eventuale revisione sistematica, di verificare la possibilità ad un accesso più ampio ai database. Sembra che la ricerca sulla TMJ si stia sviluppando su studi di tipo valutativo e sulla ricerca di strumenti validi, affidabili, efficaci ed efficienti per determinare dei gold standard su base clinica, al fine di capire quale è il limite ed il confine tra il trattamento conservativo e quello chirurgico. Ulteriori studi vanno verso l'ergonomia del gesto funzionale ed in particolare sull'implicazione della TMJ e del pollice, nell'utilizzo sempre più frequente di cellulari, mouse, joystick, ecc.; l'abuso ripetitivo nell'uso di questi strumenti tecnologici, nelle attività di vita quotidiana (ADL), influisce in modo significativo alla modificazione della struttura anatomica del pollice.

INTRODUZIONE

La conoscenza dell'anatomia e della biomeccanica del corpo umano fa parte del bagaglio personale del fisioterapista. Molte articolazioni sono state studiate in modo approfondito, ma l'articolazione trapezio-metacarpale (TMJ) ha da sempre affascinato e suscitato grande interesse nel mondo scientifico per la sua particolare complessità anatomico funzionale che ha con il pollice e la mano. Basti pensare che il pollice rappresenta più del 50% della funzione della mano[1]. Inoltre per il fisioterapista che si occupa di terapia manuale è direttamente interessato in quanto il sovraccarico e l'uso ripetitivo di questa articolazione può determinare una precoce degenerazione con conseguente dolore, limitando anche l'uso quotidiano in campo professionale e quindi una diminuzione della propria operatività[2].

Ci sono un certo numero di nozioni imprecise circa la funzione di questa particolare articolazione ed inoltre c'è una certa confusione nella definizione dei termini anatomici, nella descrizione dei movimenti usati dai vari autori, perché a volte non viene utilizzato un linguaggio comune. La peculiarità e funzionalità della TMJ la si può vedere già nei primi mesi di vita fetale; la comparsa tardiva della funzione di opposizione (6 o 7° mese di vita fetale) rivela la necessità di maturità neurologica per questa funzione molto sofisticata[3].

L'embriologia (fig.1) già mostra la singolarità del pollice: la mano embrionale è tridattile prima (B), e diventa pentadattilo (C) verso il 60 giorni. Il pollice prende la sua posizione spaziale perché, all'inizio di questo periodo, il polso diventa cavo (A). Durante lo sviluppo è possibile distinguere due raggi longitudinali nell'avambraccio e nella mano.

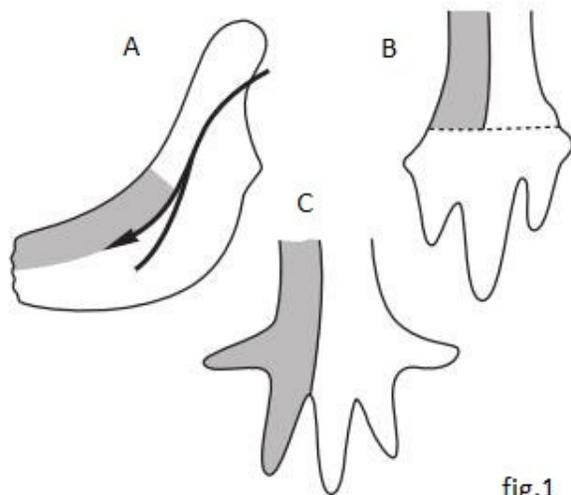
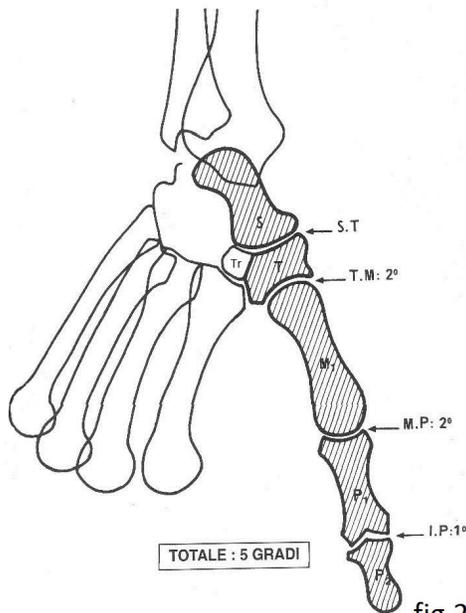


fig.1

La grande agilità funzionale del pollice è dovuta alla organizzazione molto particolare della sua colonna osteo-articolare e dei suoi muscoli motori. La colonna osteo-articolare del pollice (fig.2) comprende cinque parti ossee che costituiscono il raggio esterno della mano. Il pollice è un dito breve (Kaplan ritiene che sia tra 67-79% della lunghezza del dito indice), la sua estremità raggiunge il centro della prima falange del indice.



Il pollice ha un metacarpo che è più corto degli altri e la diafisi è un po' più arrotondata e senza confini ben definiti e la prima e seconda falange che sono più ampie e più solide. I nuclei di ossificazione encondrale appaiono tutti solo dopo la nascita; l'ossificazione del T inizia tra il 3° ed il 6° anno di vita. il nucleo di ossificazione di M_1 è situato alla base dell'osso ed il suo sviluppo avviene dal 2° al 3° anno di vita[4]. La TMJ è la base del pollice e la sua particolare forma a sella rende molto mobile il pollice permettendogli di effettuare un grande varietà di movimenti tra cui la pinza

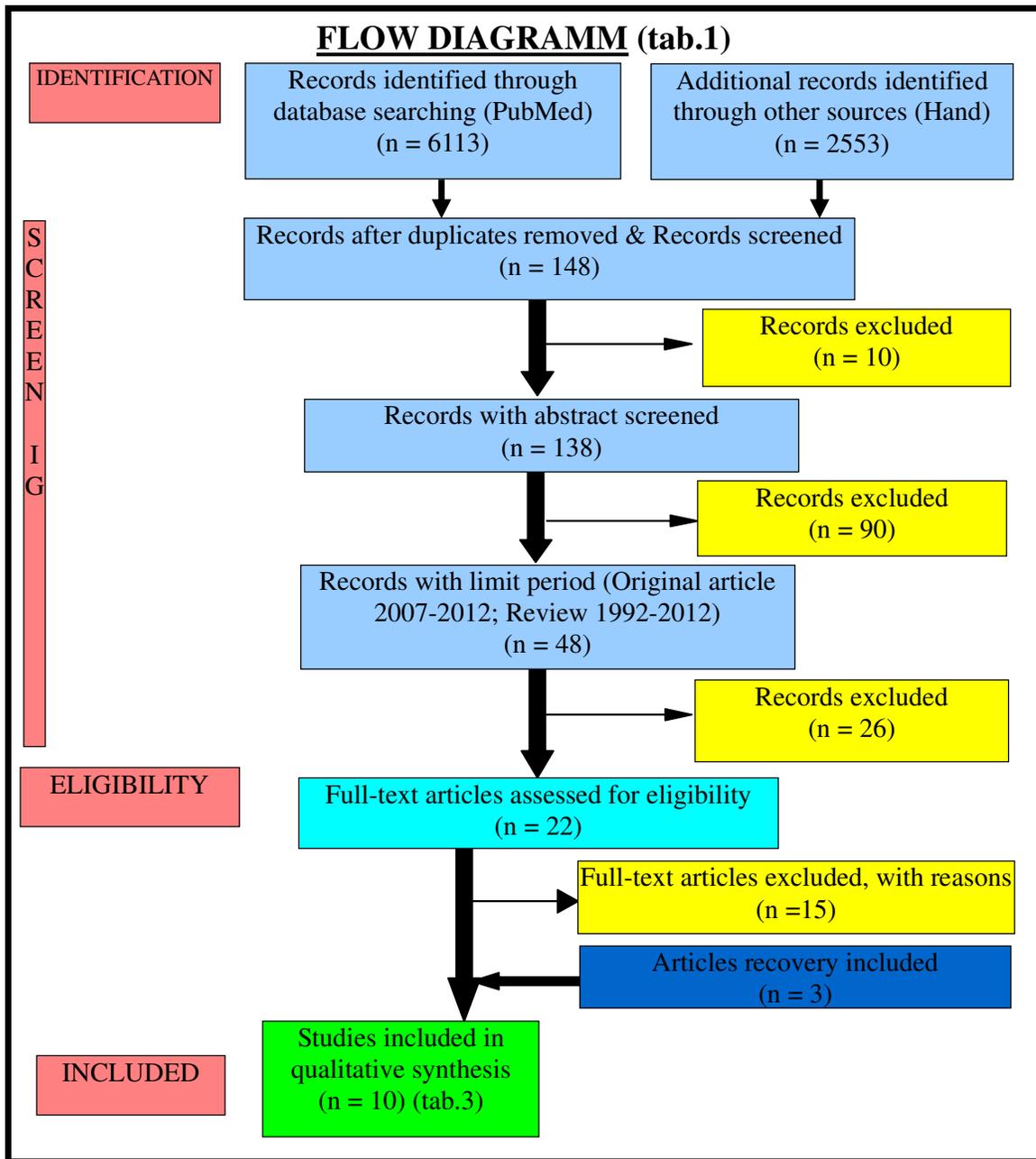
bidigitale tra il primo dito e gli altri quattro[5].

La TMJ contribuisce funzionalmente e principalmente nella prensione ma con lo sviluppo della tecnologia il pollice ha sviluppato molti movimenti combinati e fini sia singolarmente che con le altre dita (uso del cellulare, joystick, mouse, touch screen, ecc.); inoltre la velocità con cui si effettuano i movimenti e lo stress a cui viene sottoposto il pollice quotidianamente possono generare dolore e provocare disordini muscoloscheletrici[6].

L'obbiettivo di questa tesi è di integrare ed approfondire maggiormente alcuni aspetti anatomico funzionali e biomeccanici che possono influire sulla funzionalità della TMJ.

MATERIALE E METODI

La tesi è stata strutturata attraverso una ricerca secondaria. E' stata fatta una revisione sistematica della letteratura rispondente all'obiettivo che si era preposto utilizzando delle regole esplicite (PRISMA 2009). E' stato utilizzato il diagramma di flusso PRISMA 2009 come modello di guida per la ricerca degli articoli (tab.1).



Lo stesso è stato ulteriormente integrato in modo analitico per quanto riguarda la parte dello screening. La ricerca degli articoli è stata fatta sulla banca dati MEDLINE, attraverso il motore di ricerca PubMed e successivamente integrato dalla banca dati EMBASE di ELSEVIER con il motore di ricerca ScienceDirect; su quest'ultimo la ricerca è stata fatta su riviste indicizzate riguardanti la mano (*The Journal of Hand Surgery, Journal of Hand Therapy, Hand Clinics, The Journal of Hand Surgery: British & European Volume, Chirurgie de la Main*). Inizialmente sono state utilizzate delle stringhe con parole chiave e l'uso di operatori booleani (OR-AND) e combinazioni possibili tra loro, successivamente è stato introdotto l'operatore booleano (NOT) per escludere gli articoli che non rispondevano al quesito iniziale (tab.2).

STRINGA	OPERATORE BOLEANO	PAROLE CHIAVE
1	OR-AND	(“anatomy” OR “biomechanics” OR “artrokinematics” OR “kinematics”) AND (“thumb” OR “trapeziometacarpal joint” OR “trapeziometacarpal” OR “pollicis” OR “thenar”)
2	OR-AND- <u>NOT</u>	(“anatomy” OR “biomechanics” OR “artrokinematics” OR “kinematics”) AND (“thumb” OR “trapeziometacarpal joint” OR “trapeziometacarpal” OR “pollicis” OR “thenar”) <u>NOT</u> (“surgery” OR “orthotic” OR “prosthesis” OR “pathology” OR “stroke” OR “osteoarthritis” OR “arthritis” OR “wrist” OR “metacarpal”)

tab.2

Sono stati rimossi gli articoli che risultavano duplicati; successivamente gli articoli rimanenti sono stati integrati e/o esclusi con un controllo incrociato attraverso le citazioni relative e correlate delle review restanti; dopo questa selezione la scelta è stata fatta sugli articoli che rispondevano al quesito iniziale; sono state usate delle funzioni di supporto per salvare gli articoli scelti (clipboard). Dopo una prima e consistente selezione degli articoli, si sono posti dei limiti, solo articoli di lingua inglese ed è stato determinato il periodo: successivo al 2007 per gli articoli originali (original article) e successivo al 1992 per le revisioni della letteratura (review). I criteri di esclusione utilizzati sono stati gli abstract non consultabili e gli articoli non reperibili. L'eleggibilità è stata fatta su quelli reperibili in stesura completa (full text) ed quelli in modalità gratuita (free full text) o quelli reperibili tramite il portale

S.B.A. dell'Università di Genova. Per gli studi inclusi nella sintesi qualitativa (scelta finale degli articoli) il criterio scelto è stato: lettura completa degli articoli e scelta ponderata su quelli conformi al titolo della tesi, cioè quelli che si limitavano solo alla descrizione dell'anatomia funzionale ed alla biomeccanica della TMJ. Dopo lettura dei 22 articoli, c'è stata l'esclusione di un articolo non determinante al quesito della tesi in quanto non era pertinente alla TMJ e gli altri 14 che non sono stati inclusi nei risultati ma vengono solamente citati nella discussione in quanto venivano approfonditi maggiormente gli aspetti patologici (osteoartrosi, artrite, ecc.) chirurgici (trapezectomie, trasposizione di tendini, denervazioni, ecc.) clinici e riabilitativi. Riepilogando, per la compilazione della tesi sono stati inclusi definitivamente 10 articoli (8 articoli originali e 2 review) con l'integrazione di alcuni testi didattici.

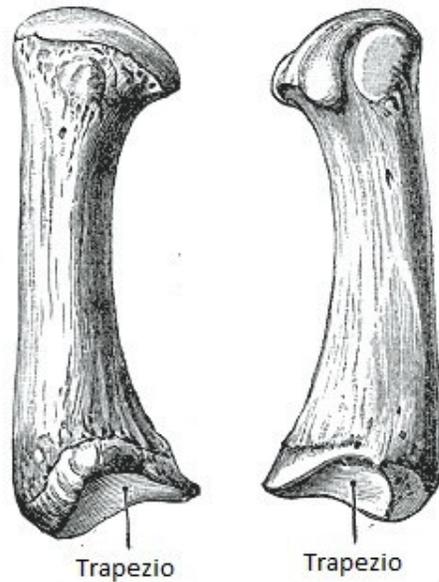
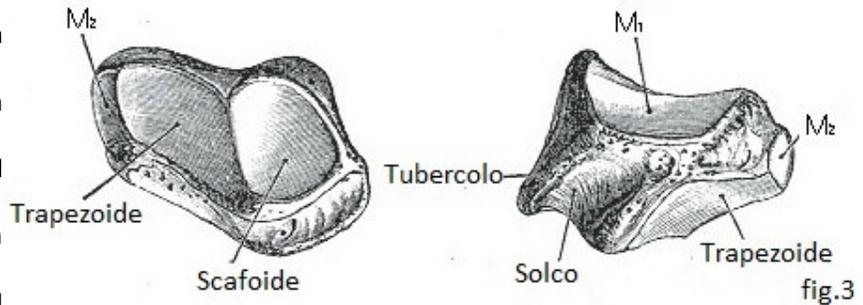
RISULTATI

Gli studi inclusi sono 10 (8 articoli originali e 2 revisioni) di cui li ho ordinati per data ed ho fatto schematicamente un breve riassunto (tab3)

tab.3		
Legenda:		
*Il titolo è in grassetto(le parole chiave sono evidenziate in corsivo grassetto)		
** tipo di studio (Review = R; Articolo originale = A)		
***Piccolo riassunto dell'articolo		
Titolo articolo*	Tipo di studio**	
Oggetto***		
1: Hagert E, Lee J, Ladd AL. Innervation patterns of thumb trapeziometacarpal joint ligaments. J Hand Surg Am. 2012 Apr; 37(4):706-714 e1. PubMed PMID: 22464234	A	Lo scopo di questo studio è rilevare i meccanoceffori presenti nei legamenti della TMJ. Si è rilevata la presenza di meccanoceffori nel comparto legamentoso dorsale che influiscono sulla propriocettività e stabilità della TMJ
2: Goubau JF, Benis S, Van Hoonacker P, Berghs B, Kerckhove D, Patonay L. Vascularization of the trapeziometacarpal joint and its clinical importance: Anatomical study. Chir Main. 2012 Mar 30. [Epub ahead of print] PubMed PMID: 22516028.	A	Pochi studi hanno indagato sull'anatomia vascolare della TMJ; lo scopo dello studio è stato di descrivere l'anatomia vascolare della TM . Quattro rami importanti sono stati identificati. La capillarizzazione arteriosa maggiore si trova nel comparto dorsale della TMJ.
3: Marzke MW, Tocheri MW, Marzke RF, Femiani JD. Three-dimensional quantitative comparative analysis of trapezial-metacarpal joint surface curvatures in human populations. J Hand Surg Am. 2012 Jan; 37(1):72-6. Epub 2011 Oct 28. PubMed PMID: 22037298.	A	Analisi comparativa della misurazione quantitativa in 3D delle superfici articolari della TMJ tra popolazioni europea, africana ed asiatica. Tendenza ad una maggior curvatura media della superficie convessa del metacarpo e del trapezio nella popolazione europea rispetto alle altre; questo può spiegare perché c'è una maggiore frequenza di artrosi nella popolazione europea. Clinicamente la convessità maggiore della TMJ incide sulla meccanica del pollice; l'opposizione di quest'ultimo può essere un fattore per lo sviluppo dell'artrosi in questa articolazione negli europei.
4: Tan J, Xu J, Xie RG, Deng AD, Tang JB. In vivo length and changes of ligaments stabilizin the thumb	A	Studio dei cambiamenti di lunghezza dei legamenti rispetto al movimento della TMJ. Risulta che durante la flessione tutti i legamenti di allungano in modo significativo; particolarità sulla funzionalità di alcuni

<p>carpometacarpal joint. J Hand Surg Am. 2011 Mar;36(3):420-7. Epub 2011 Feb 4. PubMed PMID: 21295926.</p>	<p>legamenti; grande importanza dei legamenti riguardo la stabilità della TMJ</p>
<p>5: Edmunds JO. Current concepts of the anatomy of the thumb trapeziometacarpal joint. J Hand Surg Am. 2011 Jan;36(1):170-82. Review. PubMed PMID: 21193137.</p>	<p>R Questa review fa una descrizione anatomica della TMJ del pollice. Viene descritto l'EOR nel movimento di opposizione e la stabilità dovuta alla tensione legamentosa del complesso posteriore; la compressione della TMJ risultante delle forze di taglio applicate possono provocare nel tempo artrosi</p>
<p>6: Cardoso FN, Kim HJ, Albertotti F, Botte MJ, Resnick D, Chung CB. Imaging the ligaments of the trapeziometacarpal joint: MRI compared with MR arthrography in cadaveric specimens. AJR Am J Roentgenol. 2009 Jan;192(1):W13-9. PubMed PMID: 19098167.</p>	<p>A Lo scopo dello studio è stato quello di confrontare l'apparato legamentoso della TMJ in cadaveri con RM convenzionale e MR artrografica e correlare le malattie più comuni e le anomalie che colpiscono questa articolazione. Descrizione dettagliata delle parti anatomiche ed accuratezza nella diagnosi clinica.</p>
<p>7: Li ZM, Tang J, Chakan M, Kaz R. Complex, multidimensional thumb movements generated by individual extrinsic muscles. J Orthop Res. 2008 Sep;26(9):1289-95. PubMed PMID: 18404721.</p>	<p>A L'obbiettivo di questo studio è indagare quanti movimenti articolari sono prodotti dalla muscolatura estrinseca del pollice. Questi muscoli generano 8 movimenti tra le molteplici articolazioni del pollice. Ogni muscolo produce movimenti nelle articolazioni multiple e/o in più direzioni anatomiche.</p>
<p>8: Colman M, Mass DP, Draganich LF. Effects of the deep anterior oblique and dorsoradial ligaments on trapeziometacarpal joint stability. J Hand Surg Am. 2007 Mar;32(3):310-7. PubMed PMID: 17336836.</p>	<p>A Questo studio ha esaminato il contributo relativo del legamento dorso-radiale (DRL) e il legamento crociato anteriore profondo obliquo (dAOL) alla stabilità della TMJ. Nella maggior parte dei gradi di libertà di movimento del primo metacarpo rispetto al trapezio, la DRL è relativamente più importante della dAOL nel fornire stabilità alla TMJ.</p>
<p>9: Kulshreshtha R, Patel S, Arya AP, Hall S, Compson JP. Variations of the extensor pollicis brevis tendon and its insertion: a study of 44 cadaveric hands. J Hand Surg Eur. Vol. 2007 Oct;32(5):550-3. Epub 2007 Jun 12. PubMed PMID: 17950220.</p>	<p>A Lo scopo di questo studio è descrivere l'anatomia del tendine estensore breve del pollice, in particolare il suo inserimento, in 44 mani conservate da 23 cadaveri. Il risultato trovato è che solo il 25% dei tendini sono stati inseriti in modo convenzionale, cioè, alla base della falange prossimale, ed è confermato che l'inserzione del tendine estensore breve del pollice varia ampiamente.</p>
<p>10: Jolley BJ, Stern PJ, Starling T. Patterns of median nerve sensory innervation to the thumb and index finger: an anatomic study. J Hand Surg Am.</p>	<p>R In questo studio vengono disezionate 79 mani prese da cadavere. Lo scopo è trovare quali sono i nervi che innervano pollice ed indice. I risultati sono in contrasto con le descrizioni fatte sulla maggior parte dei libri di testo standard di anatomia</p>

La TMJ è formata da due ossa: il trapezio (T) ed il primo metacarpo (M₁); il T (fig.3)[7] ha un tubercolo che è palpabile medialmente nella flessione dorsale della mano. Medialmente al tubercolo è situato un solco per il tendine del



muscolo flessore del carpo. Nella superficie superiore si nota una faccia articolare a forma di sella che si articola con M₁. Sul lato inferiore nel comparto ulnare l'osso ha una faccia articolare per il trapezoide e nell'altro lato radiale c'è la superficie articolare per lo scafoide. Nel comparto ulnare dell'osso, sopra la superficie articolare per il trapezoide esiste un'altra faccia articolare di piccole dimensioni, per il secondo osso metacarpale (M₂). M₁ (fig.4)[8] è costituito da una testa con due ossa sesamoidi, un corpo ed una base la cui superficie è a forma di sella. Alle due estremità si trovano le

facce articolari per il T e per la prima falange del pollice

La TMJ è stata definita una articolazione a sella [3][4][5][7][8][9][10][11][12][13] biconcavo convessa [14][15][16].(fig.5).

La capsula della TMJ è considerata lassa, e per questo ha un enorme gioco meccanico; la membrana sinoviale riveste la capsula articolare ed è separata da essa.

Secondo uno studio recente[17] riguardo le superfici articolari tra il T e il M₁ ed in particolare sono state prese in considerazione le superfici

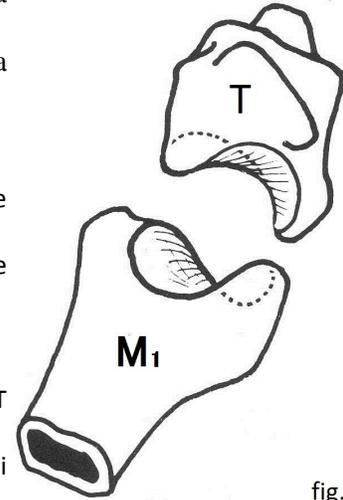


fig.5

interessate ai movimenti: dorso-volare (flessione-estensione) e radioulnare (abduzione-adduzione). Si è osservato che nella popolazione mondiale e tra alcune razze c'è una sostanziale differenza nella curvatura delle superfici articolari della TMJ. Esiste una differenza significativa della superficie articolare di M₁ e della curvatura dorsovolare che è più accentuata nella popolazione europea rispetto a quella asiatica, africana ed australiana; contrariamente c'è una curvatura radioulnare minore sulla popolazione europea rispetto alle altre. Invece per quanto riguarda la superficie del T la curvatura dorsovolare è sempre più accentuata nella popolazione europea rispetto alle altre, invece quella radioulnare è leggermente minore rispetto a quella australiana ma maggiore di quella africana ed asiatica (tav.1-2); inoltre c'è una differenza significativa tra l'indice di congruenza radioulnare tra la popolazione europea e quella africana ($p < 0.001$)(tav.2). Invece non ci sono differenze morfologiche sulla superficie articolare tra uomini e donne. Dunque la conformazione anatomica delle superfici articolari della TMJ influiscono direttamente sui movimenti del pollice ed indirettamente sui legamenti; questi sono molto importanti per la stabilità della articolazione.

Molti anatomisti e chirurghi[14][16] hanno identificato 16 diversi legamenti nella TMJ sia su cadaveri che in vivo, ma solamente 5 legamenti sono presi in considerazione:

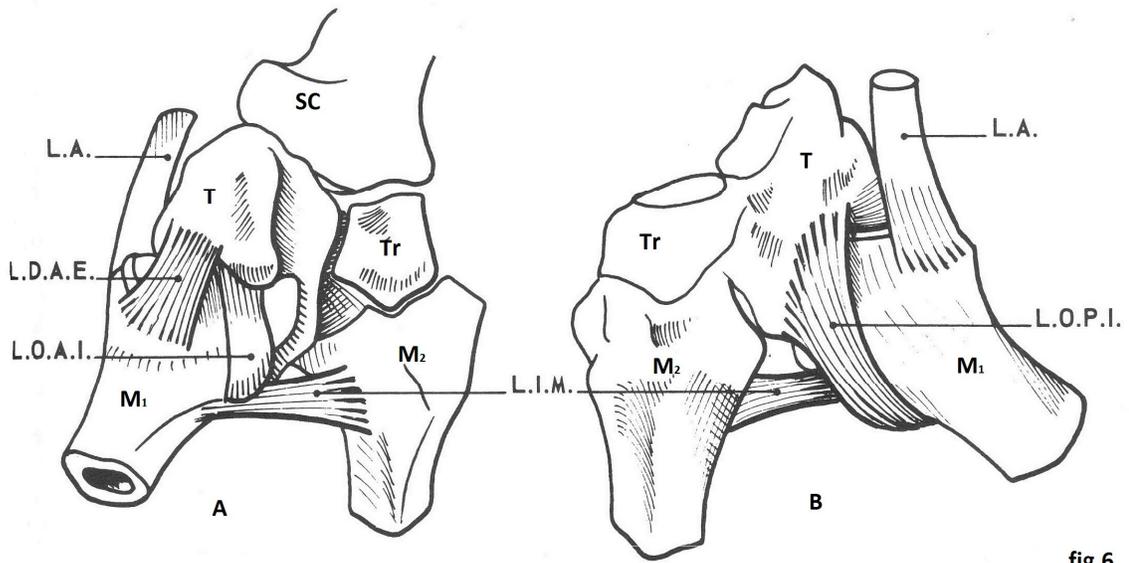
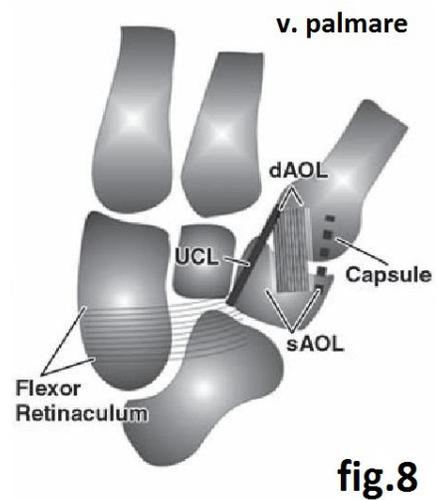
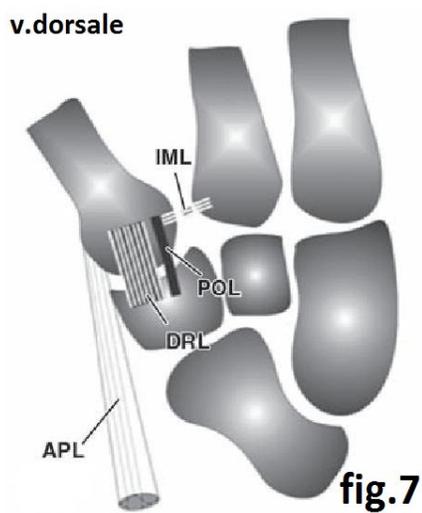
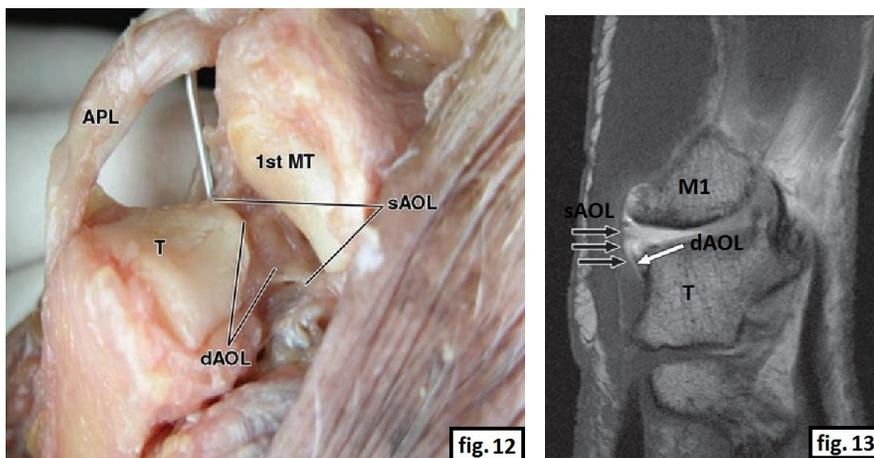
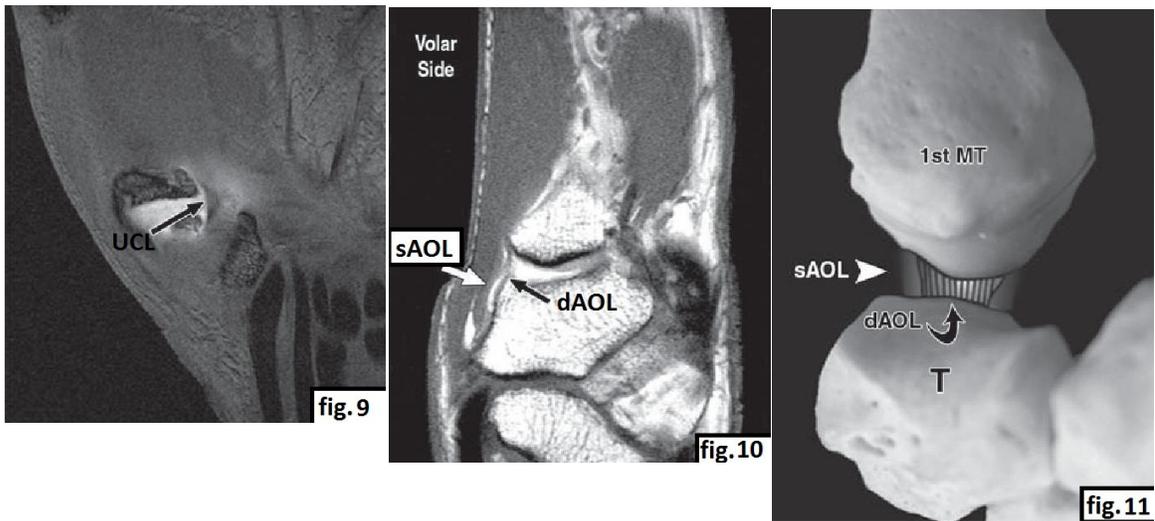


fig.6

- **POL** (legamento obliquo postero-interno/L.O.P.I.)(fig.6B-7) è una bandelletta larga ma poco spessa che passa attorno all'articolazione indietro, per poi portarsi all'interno della base di M_1 e dirigersi verso l'avanti.
- **dAOL** (legamento obliquo antero-interno/L.O.A.I.)(fig.6A-8) teso dalla parte distale della cresta di T fino alla zona commissurale della base di M_1 , esso incrocia la faccia anteriore dell'articolazione e si porta nel senso inverso del precedente.

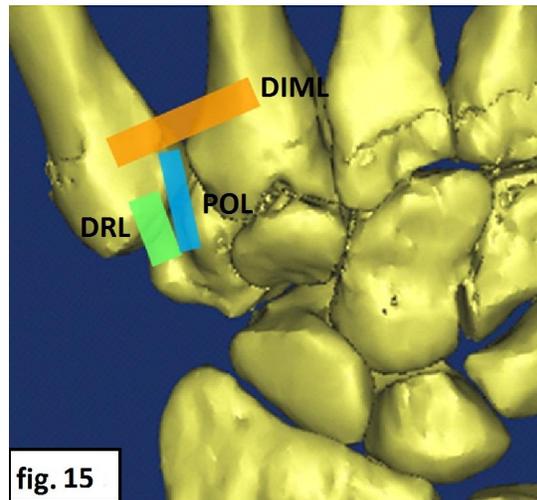
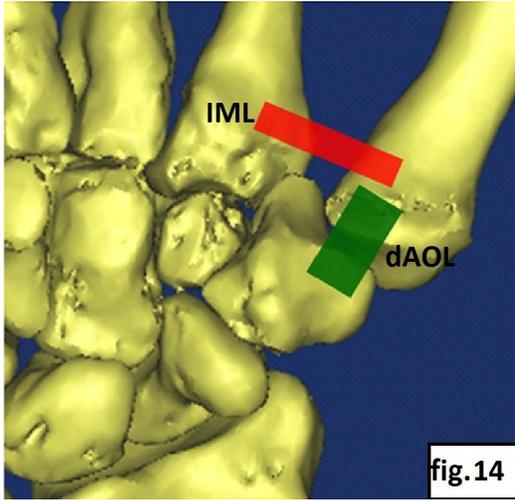


- **DRL** (legamento diritto antero-esterno/L.D.A.E.)(fig.6A-7) teso direttamente tra T ed il M₁ alla faccia antero-esterna dell'articolazione, il suo limite interno netto e tagliente limita uno iatus capsulare attraverso cui passa una borsa sierosa verso il tendine dell'abduktore lungo del pollice (APL/L.A.).
- **IML** (legamento inter-metacarpico/L.I.M)(fig.6AB-7) è fibroso, spesso, corto, teso tra la base di M₁ e quella di M₂, alla parte più alta della prima commessura.
- **UCL** (legamento collaterale ulnare) (fig.8-9)[16], il quale è extracapsulare ed origina dal margine ulnare del retinacolo dei flessori e si inserisce sopra il dAOL nel tubercolo alla base di M₁.



Alcuni di questi legamenti sono stati ulteriormente differenziati.

Il L.O.A.I. è composto da una parte superficiale (sAOL) ed una parte profonda (dAOL)(fig.8-10-11-12-13). Invece il L.I.M. è composto da due parti[23] una parte palmare (IML) (fig.14) ed una dorsale



(DIML)(fig.15).

Prima di descrivere il ruolo che hanno i legamenti rispetto ai movimenti della TMJ, descrivo sinteticamente i possibili movimenti sui vari piani:

	PIANO FRONTALE	PIANO SAGITTALE	PIANO TRASVERSALE
FLESSIONE	X		
ESTENSIONE	X		
ABDUZIONE		X	
ADDUZIONE		X	
PRONAZIONE*			X
SUPINAZIONE*			X
OPPOSIZIONE*	X	X	X
RETRO-OPPOSIZIONE*	X	X	X
CIRCONDUZIONE*	X	X	X

*Pronazione, supinazione, opposizione, retro-opposizione e la circonduzione non sono movimenti “puri” della TMJ, perché coinvolgono tutte le articolazioni del pollice.

Ruolo dei legamenti nei movimenti (+ = TENSIONE; - = DETENSIONE)[3][5][9][11][12][14][15][17]

	dAOL (L.O.A.I.)	UCL	IML / DIML (L.I.M.)	DRL (L.D.A.E.)	POL (L.O.P.I.)
FLESSIONE (F)	-	-	-/+	-	+
ESTENSIONE (E)	+	+	-/-	+	-
ABDUZIONE (ABD)	+	+	+/+	-	+
ADDUZIONE (ADD)	-	-	+/+	+	-
PRONAZIONE (PRO)	++	+	-/+	+	+
SUPINAZIONE (SUP)	+	+	+/-	+	++
OPPOSIZIONE (OPP)	+	+	+/+	-	++
RETRO-OPPOSIZIONE (ROPP)	++	+	-/-	-	-

Nella circonduzione si ha un'alternanza nella tensione dei legamenti in tutto l'arco di movimento.

La funzione del dAOL è quella di prevenire la lussazione di M \square nel movimento di estensione e stabilizza la TMJ in abduzione[14][15]; il tutto è rinforzato dall'UCL[16]. Per quanto riguarda la stabilità della TMJ nel movimento di flessione e nell'opposizione è di fondamentale importanza il comparto dorsale ed i relativi legamenti[14] con l'integrazione del IML[15].

Un altro studio conferma quanto detto precedentemente[18] e precisa che nella presa digitale (adduzione) c'è un incremento nella traslazione ulnare del dAOL di 0,3 millimetri ($p < 0.05$) con una pronazione di 2 gradi ($p < 0.05$), invece un incremento della traslazione radiale del DRL di 1 millimetro ($p < 0.05$) con una pronazione di 4 gradi ($p < 0.05$)(tav.3); per cui secondo questo studio nella presa digitale, la traslazione radio-ulnare e la prono-supinazione di questi 2 legamenti sono risultati significativi (ANOVA: $p < 0.05$) per la stabilità della TMJ.

La maggior presenza di meccanocettori nei legamenti dorsali determina una grande importanza nella funzione propriocettiva, nella biomeccanica e nella stabilità articolare della TMJ[19]. Inoltre il comparto legamentoso dorsale è maggiormente innervato rispetto al comparto legamentoso palmare.

La muscolatura intrinseca e maggiormente quella estrinseca contribuisce alla stabilità della TMJ;

esiste una variabilità nell'origine ed inserzione dei muscoli del pollice e con la tabella seguente cerco di riassumere schematicamente sia i movimenti compiuti da ogni singolo muscolo che l'innervazione corrispondente[3][4][5][9][10][11][12][18][19][20][21]:

	F	E	ABD	ADD	OPP	ROPP	Nervo
Adduttore breve del pollice (AdPB)	X			X			U
Flessore breve del pollice (FPB)	X				X		M
Flessore lungo del pollice (FPL)	X				X		M
Estensore breve del pollice (EPB)		X					R
Estensore lungo del pollice (EPL)		X		X		X	R
Abduttore breve del pollice (AbPB)		X	X		X		M
Abduttore lungo del pollice (AbPL)			X		X		R
1° Lombricale (1D1)				X			M
Opponente del pollice (OPP)					X		M

U = n. Ulnare; M = n. Mediale; R = n. Radiale

I muscoli estrinseci del pollice (APL, EPL, FPL, AbPL) influiscono in maniera significativa sulla stabilità e sulla biomeccanica della TMJ. In uno studio[22] l'abducente lungo del pollice (APL), l'estensore lungo del pollice (EPL) e l'estensore breve del pollice (EPB) incidono sulla coordinazione tra l'estensione e la supinazione del pollice.

In uno studio di 44 mani prese da cadavere[23], è risultato che solamente il 25% dei tendini del EPB sono inseriti alla base della falange prossimale (1FP), il resto 75% è suddiviso per il 2% sul retinacolo estensorio metacarpico-falangeo (REMP), il 25% parzialmente alla base della 1FP e sul REMP, 27% parzialmente alla base della 1FP, sul REPM e da qui continua fino alla base della falange distale (1FD) ed il 20% solo sul REMP e la base del 1FD. L'EPB è stato ritenuto un muscolo non fondamentale per la stabilizzazione del pollice per cui viene utilizzato per trasposizioni tendinee.

I nervi [4][9][10][11][12][20][21][25][26]

La parte palmare del pollice è innervata principalmente dai rami del nervo mediano[24]; il ramo palmare del nervo mediano che si ramifica nella cute della eminenza tenar e della parte radiale del palmo della mano che a livello tra il capo obliquo del AdPB e l'arcata palmare profonda si divide in

due rami principali (nn. digitali palmari comuni e nn. digitali palmari propri) A questo livello il nn. digitali palmari comuni si divide in tre rami (I-II-III); il primo (I) a sua volta origina un ramo per l'eminenza tenar innervando l'AbPB, il capo superficiale del FPB e il m. opponente del pollice. La TMJ è innervata da rami del nervo interosseo posteriore.

Il ramo profondo del nervo ulnare a livello del polso si porta profondamente nel palmo della mano e descrive un arco in direzione dell'eminenza tenar. Nella parte terminale si biforca innervando l'AdPB ed il capo profondo del FPB. Per quanto riguarda il nervo radiale solo il ramo superficiale del dorso della mano emette i nn. digitali dorsali che innervano la cute della porzione radiale del dorso della mano e della faccia estensoria del pollice.

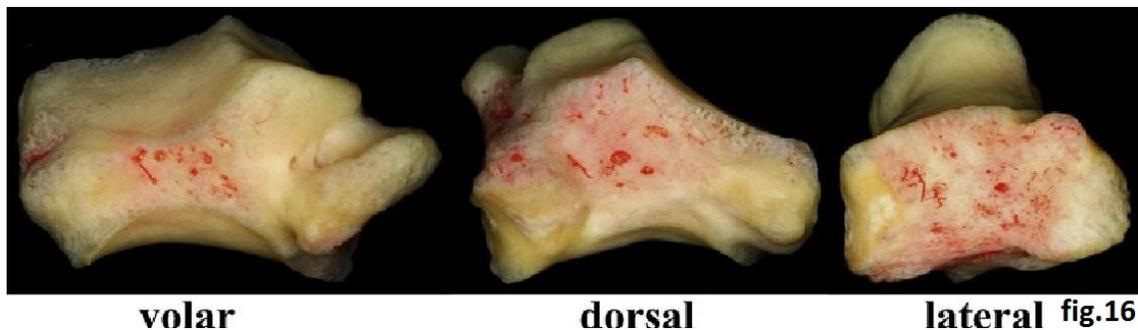
Nel complesso l'innervazione muscolare è molto discordante tra gli autori dei libri, per cui nella tav. 4 dell'appendice ho cercato di riassumere semplificando in modo schematico le varie differenze.

Uno studio condotto sulla dissezione anatomica di 79 mani da cadavere[24], risulta che il nervo digitale comune del pollice (n.DCP), per il 69% si biforca inizialmente in una parte del n.DCP andando a decorrere sul lato radiale del pollice e dall'altra prosegue nel nervo digitale comune dell'indice; quest'ultimo a sua volta si divide formando un altro n.DCP che innerva la parte palmare del pollice. Il 6% del n.DCP si divide in due branche e quella del pollice a livello della base del 1FP si biforca in un ramo palmare ed uno radiale; il restante 25% del n.DCP si dirama in tre branche: uno percorre radialmente il pollice, uno nel lato palmare del pollice ed uno innerva l'indice.

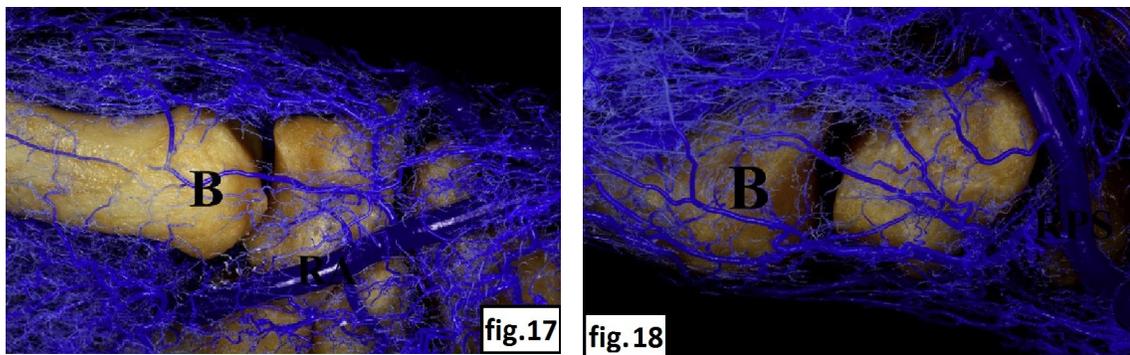
Le arterie e vene [4][10][28][29][30][31]

Il pollice viene vascolarizzato attraverso da una rete capillare formato da vene ed arterie. La parte palmare viene vascolarizzata da rami dell'arteria ulnare e dalla vena cefalica. Invece la parte dorsale viene vascolarizzata dai rami distali dell'arteria radiale e dalla ricca capillarizzazione della vena cefalica. Più precisamente nello strato sottofasciale, l'arteria radiale dopo aver passato la tabacchiera anatomica e superando dorsalmente sotto l'AbPL e il EPB, si biforca dando origine radialmente all'arteria metacarpali dorsali e ulnarmente al r. carpale dorsale; l'arteria metacarpali dorsali passa

sotto il tendine del EPL a sua volta si ramifica nelle arterie digitali dorsali; il ramo radiale vascolarizza il pollice, invece quella ulnare irroro l'indice. Il pollice nella sua parte palmare viene vascolarizzato da un ramo profondo dell'arteria ulnare profonda che anastomizza a sua volta con arteria ricorrente radiale; la TMJ riceve sangue dall'arteria radiale e dalla sua prima branca dorsale metacarpale. La grande variabilità del decorso dell'arteria ulnare nell'arcata palmare gli anatomisti quella più tipica (27% dei casi secondo Lanz-Wachsmuth) sembra essere questa. Nello strato sottocutaneo la vena cefalica che si trova lungo la superficie radiale e con una fitta rete capillare arriva sul dorso del pollice.



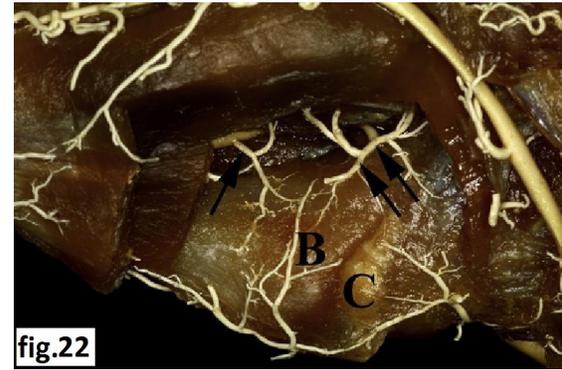
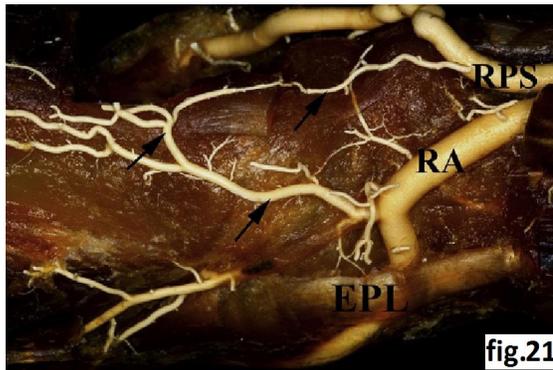
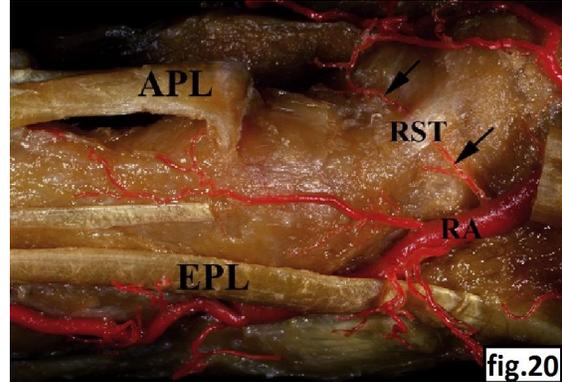
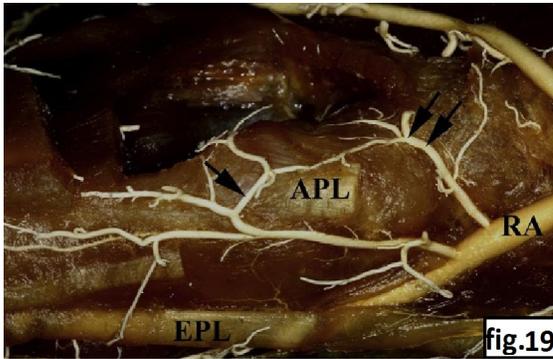
Il trapezio a tre superfici non articolari(fig.16): volare, dorsale e laterale le quali sono vascolarizzate



principalmente dall'arteria dorso radiale[32](fig.17-18 vista dorsale e palmare; B = base M₁).

L'arteria radiale (RA) emana due rami per la TMJ nel tabacchiera anatomica (fig. 19). Il ramo prossimale origina dalla arteria radiale decorre lungo il tubercolo dello scafoide(∟∟) ed il legamento trapezio-scafoideo radiale(fig.20)(∟RST∟); il ramo distale origina dall'arteria radiale e decorre sul

lato radiale di M_1 e l'altro sulla base di M_1 (\sphericalangle) e si proietta sul lato palmare da una parte e dall'altra anastomizza con il ramo prossimale (\sphericalangle) e con il ramo palmare superficiale(RPS) della RA (fig.21). Due importanti arterie originano nel spazio intermetacarpale (B) capsulare (C) della parte palmare del pollice (fig.22): l'ulnare prossimale (\sphericalangle) e l'ulnare distale (\sphericalangle).



DISCUSSIONE

Il risultato significativo della diversità morfologica delle superfici articolari della TMJ[16][17] ha un ruolo determinante sulla biomeccanica e funzionalità del pollice; specialmente la concavità e convessità della superficie articolare di M_1 , potrebbe determinare una differenza nel ROM articolare sulla flessione-estensione, abduzione e adduzione e specialmente nell'opposizione. Di conseguenza è probabile che certe popolazioni potrebbero avere una predisposizione a sviluppare maggiore usura delle strutture della TMJ; la diversità morfologica delle superfici della TMJ potrebbe essere di tipo genetico o dovuto alla diversa stimolazione ed uso della articolazione nelle diverse fasi di accrescimento osseo (dall'origine alla completa maturazione della TMJ); quest'ultima tesi dovrebbe essere supportata da ulteriori studi sulla embriogenesi nelle diverse popolazioni.

Un overuse della TMJ provoca una maggiore lassità legamentosa che influirebbe nella stabilità dell'articolazione. Secondo questo ragionamento si può dedurre che la morfologia anatomica della superficie articolare, la lassità legamentosa, le forze di coaptazione e lo stress che agisce sulla TMJ può essere correlata con un'iper mobilità generalizzata dell'articolazione portando conseguentemente ad una maggior probabilità di sviluppare patologie osteoarticolari.

E' probabile che la composizione strutturale del tessuto legamentoso determini sia il grado di stabilità della TMJ che il ROM dei vari movimenti. La stabilità della TMJ è garantita dai robusti legamenti presenti principalmente nel comparto dorsale (POL, DRL, DIML)[14][15][16][18] e secondariamente in quello palmare (dAOL, IML, UCL); sottolineo l'importanza del comparto legamentoso dorsale perché deve prevenire la sublussazione di M_1 nel movimento di opposizione; invece la tenuta del comparto legamentoso palmare nell'estensione o abduzione della TMJ subisce un minore stress; inoltre questi legamenti devono anche garantire l'ampia motilità su tutti i piani dello spazio.

Il sovraccarico funzionale è prevalente sui fattori stabilizzanti dell'articolazione e si può assistere ad una progressiva degenerazione dei capi articolari con il caratteristico corredo sintomatologico. Molti studi[14][16][18][33][34][35][36] sostengono che la lassità legamentosa e l'iper mobilità articolare

della TMJ è correlata alla degenerazione ossea di questa articolazione. La degenerazione articolare può provocare dolore, limitando anche il gesto funzionale e quindi una diminuzione della propria operatività e della partecipazione (ICF); inoltre la lassità legamentosa della TMJ è stata riscontrata maggiormente nella popolazione femminile[18][33][37];

L'incremento intensivo nell'uso di cellulari ed altri componenti elettronici di informazione e svago hanno esposto il pollice a maggiori stress funzionali; l'overuse ed alle volte anche il mal uso del pollice e la velocità con il quale si compie il gesto funzionale, può generare dolore e disordini muscoloscheletrici specialmente alla TMJ[6]. Per questo motivo negli ultimi anni la TMJ è studiata soprattutto per l'implicazione che ha in ambito lavorativo e professionale[38] cercando di trovare soluzioni ergonomiche limitandone l'usura.

Il controllo neuro-senso-motorio potrebbe migliorare la stabilità; infatti lo studio di Hagert[19] sulla presenza di meccanocettori (corpuscoli di Ruffini e di Paccini) nei legamenti fanno supporre che ci sia una correlazione tra un aumento della tensione legamentosa ed il controllo motorio favorendo una maggiore stabilità ed un maggior coordinazione nei movimenti della TMJ.

Riguardo la biomeccanica non ci sono studi recenti che confutino ciò che è già stato scritto sui libri[3][4][5][9][11][12], ma non c'è un linguaggio comune nella definizione dei termini cinematici, perciò faccio una puntualizzazione: la TMJ ha due gradi di libertà, ed il movimenti puri di M_1 sul T sono la flessione-estensione e la abduzione-adduzione; secondo Kapandji[5] ed altri [3][11] si deve parlare di anteposizione-retroposizione , invece di abduzione ed adduzione [4][9][10][11][12][15][19][22][23][33][34][37][38][39][40][41][42]; quest'ultimi vengono utilizzati quando si parla del movimento del pollice e non solamente della TMJ. Inoltre l'uso dei termini abduzione ed adduzione è riferito al piano anatomico sagittale ed il pollice non è in linea con le dita cioè parallelo al piano del palmo della mano e delle altre quattro dita, ma il comparto palmare del pollice ha una rotazione di 90° rispetto alle altre dita[40]. Inoltre gli assi di movimento della TMJ sono obliqui in rapporto ai tre piani di riferimento, perciò i movimenti di M_1 non possono essere disegnati

con i termini inventati dagli antichi anatomici, almeno per quanto concerne l'abduzione il cui piano è frontale.

Per quanto riguarda l'opposizione e circonduzione[42] non sono dei movimenti puri della TMJ, ma sono dei movimenti combinati e/o complessi effettuati dal pollice; l'opposizione è un movimento combinato da una abduzione-flessione-pronazione di M_1 [9].

La muscolatura ha un ruolo importante per la stabilità della TMJ, soprattutto quella estrinseca, la quale può contribuire ad un incremento della resistenza e della compressione articolare che potrebbe provocare un incremento della rigidità con una probabile riduzione del ROM[41]. Non meno importante è la variabilità anatomica nell'origine ed inserzione dei muscoli[23] che potrebbe influire sulla stabilità della TMJ.

Non ci sono molti studi recenti sull'innervazione della TMJ; in letteratura esiste una grande variabilità anatomica riguardo il decorso dei nervi del pollice; si nota che i nervi decorrono lungo le arterie e vene; in particolare i rami del n. ulnare che innervano la TMJ influirebbero notevolmente sul dolore locale della TMJ. Perciò secondo questo studio[43] è la eventuale denervazione conseguente alla trapeziectomia che determina l'eliminazione del dolore.

Infine alla luce di quanto detto inizialmente riguardo al recente studio (Jan 2012) sulla morfologia della TMJ[17] i precedenti studi non tengono conto della provenienza (razza) della popolazione studiata; questo potrebbe incidere nei risultati ottenuti negli studi, per cui in futuro sarebbe opportuno tenere in considerazione questo aspetto.

CONCLUSIONI

In questa revisione sistematica si sono evidenziati alcuni punti sui quali sarebbe utile approfondire ulteriormente.

La diversità morfologica delle superfici della TMJ nella popolazione mondiale potrebbe avere delle implicazioni sia a livello pratico che a livello patologico. A livello clinico ci potrebbero essere delle differenze di valutazione sia qualitative che quantitative; a livello patologico ci potrebbe essere una predisposizione di alcune razze ed etnie, rispetto ad altre, a sviluppare alcune patologie osteoarticolari.

Data la grande importanza che hanno i legamenti nella stabilizzazione della TMJ sarebbe interessante ricercare se ci sono differenze anatomiche tra i vari popoli e se esiste una correlazione tra lassità legamentosa e il gesto ripetitivo in alcuni movimenti funzionali (per esempio l'uso del cellulare); inoltre sarebbe utile clinicamente conoscere se il controllo motorio influisce sull'overuse del gesto funzionale e se potrebbe prevenire o rallentare eventuali processi degenerativi.

Clinicamente è importante riuscire, oltre a valutare qualitativamente, a misurare i movimenti della TMJ con una strumentazione adeguata. Sembra che con la tecnologia odierna si riesca a misurare quantitativamente in modo efficiente, efficace e valido i vari movimenti della TMJ; esistono alcuni studi[39][44][45] che hanno descritto il tipo di strumento utilizzato per misurare il vari movimenti del pollice. Trovo che questo sia significativo in quanto può incrementare la valutazione e migliorare l'aspetto clinico non solo qualitativamente ma anche quantitativamente.

La difficoltà maggiore riscontrata in questa tesi è stata nell'identificare le strutture anatomiche descritte dagli autori in quanto non sempre viene usata la stessa terminologia nella descrizione anatomica. Sarebbe auspicabile che in futuro si usasse la terminologia latina nelle descrizioni anatomiche in modo da non creare dubbi e confusione.

KEY POINT

- ✓ La curvatura della superficie articolare biconcavoconvessa della TMJ varia tra le razze ed etnie nella popolazione mondiale.
- ✓ La TMJ ha due gradi di libertà con quattro movimenti puri: flessione, estensione, abduzione (anteposizione), adduzione (retroposizione); quelli combinati sono: supinazione, pronazione, opposizione, retroposizione e circonduzione.
- ✓ I legamenti e la loro integrità determinano la stabilità della TMJ; importanza significativa del comparto dorsale nella stabilizzazione della TMJ durante il movimento di opposizione.
- ✓ La ipermobilità e l'overuse e la lassità legamentosa della TMJ influisce sulla degenerazione osteoarticolare.
- ✓ La lassità legamentosa è prevalente nel sesso femminile
- ✓ Nella TMJ è più importante la stabilità che la mobilità.
- ✓ E' stata rilevata la presenza di meccanocettori nei legamenti, maggiormente nel comparto dorsale.
- ✓ C'è una variabilità anatomica nell'inserzione in alcuni muscoli che influiscono sulla biomeccanica della TMJ e nella coordinazione dei movimenti del pollice.
- ✓ I muscoli estrinseci del pollice influiscono nella stabilità della TMJ.
- ✓ Esiste una variabilità anatomica sull'innervazione e vascolarizzazione della TMJ.

BIBLIOGRAFIA

1. Botta MT, Rossello MI. *La riabilitazione della mano* (Masson,2004); 129
2. Tixa S, Ebenegger B. *Atlante di tecniche articolari osteopatiche degli arti* (Masson,2003);87
3. Tubiana R, Gilbert A, Leclercq C, Malek R. *Restoration of Function in Upper Limb Paralysis and Muscular Defects* (Informa Healthcare,2009);(16)209-222; (17)225-229
4. Kahle W, Leonhardt H, Platzer W. *Anatomia Umana – Vol.1 Apparato locomotore 3^{ed}* (Casa Editrice Ambrosiana,2000);125-129;162-179;388-393
5. Kapandji AI. *Fisiologia Articolare-1 Arto Superiore 5^{ed}* (Maloine,Monduzzi ed,1999);216-235
6. Jonsson P, Johnson PW, Hagberg M, Forsman M. *Thumb joint movement and muscular activity during mobile phone texting - A methodological study*. J Electromyogr Kinesiol. 2011 Apr;21(2):363-70. Epub 2010 Nov 30. PubMed PMID: 21123082.
7. <http://www.bartleby.com/107/54.html>; Grey H. *Anatomy of the Human Body* (1918);II *Osteology;6b. The Hand. 1. The Carpus;12*
8. <http://www.bartleby.com/107/55.html>; Grey H. *Anatomy of the Human Body* (1918);II *Osteology;6b. 2. The Metacarpus;5*
9. Neumann DA. *Kinesiology of the Musculoskeletal System* (Mosby,2002);194-247
10. Standring S. *Gray's Anatomy, 39th Edition. The Anatomical Basis of Clinical Practice* (CHM-Elsevier,2008);(53)
11. Lippert - *Clinical Kinesiology and Anatomy 4ed* (2006);143-145;151-161
12. Levangie PK, Norkin CC. *Joint Structure & Function - A Comprehensive Analysis* 4ed.(2005);337-341
13. <http://www.bartleby.com/107/88.html>; Grey H. *Anatomy of the Human Body* (1918);III *Syndesmology;6h. Carpometacarpal Articulations;1-3*
14. Edmunds JO. *Current concepts of the anatomy of the thumb trapeziometacarpal joint*. J Hand

- Surg Am. 2011 Jan;36(1):170-82. Review. PubMed PMID: 21193137.
15. Tan J, Xu J, Xie RG, Deng AD, Tang JB. *In vivo length and changes of ligaments stabilizing the thumb carpometacarpal joint.* J Hand Surg Am. 2011 Mar;36(3):420-7. Epub 2011 Feb 4. PubMed PMID: 21295926.
 16. Cardoso FN, Kim HJ, Albertotti F, Botte MJ, Resnick D, Chung CB. *Imaging the ligaments of the trapeziometacarpal joint: MRI compared with MR arthrography in cadaveric specimens.* AJR Am J Roentgenol. 2009 Jan;192(1):W13-9. PubMed PMID: 19098167.
 17. Marzke MW, Tocheri MW, Marzke RF, Femiani JD. *Three-dimensional quantitative comparative analysis of trapezium-metacarpal joint surface curvatures in human populations.* J Hand Surg Am. 2012 Jan;37(1):72-6. Epub 2011 Oct 28. PubMed PMID: 22037298.
 18. Colman M, Mass DP, Draganich LF. *Effects of the deep anterior oblique and dorsoradial ligaments on trapeziometacarpal joint stability.* J Hand Surg Am. 2007 Mar;32(3):310-7. PubMed PMID: 17336836.
 19. Hagert E, Lee J, Ladd AL. *Innervation patterns of thumb trapeziometacarpal joint ligaments.* J Hand Surg Am. 2012 Apr;37(4):706-714.e1. PubMed PMID:22464234.
 20. Kendall FP. *I Muscoli Funzioni e Test 4^{Ed}* (Verducci ed., 2000);237-244
 21. <http://www.bartleby.com/107/126.html>; Grey H. *Anatomy of the Human Body* (1918);*IV Myology.1f.The Muscles and Fasciae of the Hand;11-25;31*
 22. Li ZM, Tang J, Chakan M, Kaz R. *Complex, multidimensional thumb movements generated by individual extrinsic muscles.* J Orthop Res. 2008 Sep;26(9):1289-95. PubMed PMID: 18404721
 23. Kulshreshtha R, Patel S, Arya AP, Hall S, Compson JP. *Variations of the extensor pollicis brevis tendon and its insertion: a study of 44 cadaveric hands.* J Hand Surg Eur Vol. 2007 Oct;32(5):550-3. Epub 2007 Jun 12. PubMed PMID: 17950220.
 24. Jolley BJ, Stern PJ, Starling T. *Patterns of median nerve sensory innervation to the thumb and index finger: an anatomic study.* J Hand Surg Am. 1997 Mar;22(2):228-31. Review. PubMed

PMID: 9195419.

25. Kahle W, Leonhardt H, Platzer W. Anatomia Umana – Vol.2 Splancnologia 2[^]ed (Casa Editrice Ambrosiana,1987); 68-69;76-77
26. <http://www.bartleby.com/107/210.html>; Grey H. *Anatomy of the Human Body* (1918); IX Neurology.6b.The Anterior Divisiony; 53-55;67;78;91-92
27. de Jong RN. The Neurologic examination. 3rd ed. New York: Harper & Row, 1967
28. Kahle W, Leonhardt H, Platzer W. Anatomia Umana – Vol.3 Sistema nervoso e organi di senso 2[^]ed (Casa Editrice Ambrosiana,1986); 70-73;76-77
29. <http://www.bartleby.com/107/151.html>; Grey H. *Anatomy of the Human Body* (1918);VI *The Arteries.4b.2. The Radial Artery*;4-18
30. <http://www.bartleby.com/107/152.html>; Grey H. *Anatomy of the Human Body* (1918);VI *The Arteries.4b.3. The Ulnar Artery*;3-17
31. <http://www.bartleby.com/107/172.html>; Grey H. *Anatomy of the Human Body* (1918);VII *The Veins.3c. The Veins of the Upper Extremity and Thorax*;1-10
32. Goubau JF, Benis S, Van Hoonacker P, Berghs B, Kerckhove D, Patonay L. *Vascularization of the trapeziometacarpal joint and its clinical importance: Anatomical study*. Chir Main. 2012 Mar 30. [Epub ahead of print] PubMed PMID:22516028.
33. Wolf JM, Schreier S, Tomsick S, Williams A, Petersen B. *Radiographic laxity of the trapeziometacarpal joint is correlated with generalized joint hypermobility*. J Hand Surg Am. 2011 Jul;36(7):1165-9. Epub 2011 May 7. PubMed PMID: 21550184.
34. Chiavaras MM, Harish S, Oomen G, Popowich T, Wainman B, Bain JR. *Sonography of the anterior oblique ligament of the trapeziometacarpal joint: a study of cadavers and asymptomatic volunteers*. AJR Am J Roentgenol. 2010 Dec;195(6):W428-34. Erratum in: AJR Am J Roentgenol. 2011 Feb;196(2):477. PubMed PMID: 21098175.
35. Wolf JM, Oren TW, Ferguson B, Williams A, Petersen B. *The carpometacarpal stress view*

- radiograph in the evaluation of trapeziometacarpal joint laxity.* J Hand Surg Am. 2009 Oct;34(8):1402-6. Epub 2009 Sep 10. PubMed PMID: 19744803.
36. Edmunds JO. *Traumatic dislocations and instability of the trapeziometacarpal joint of the thumb.* Hand Clin. 2006 Aug;22(3):365-92. Review. PubMed PMID: 16843802.
37. Goubier JN, Devun L, Mitton D, Lavaste F, Papadogeorgou E. *Normal range-of-motion of trapeziometacarpal joint.* Chir Main. 2009 Oct;28(5):297-300. Epub 2009 Aug 13. PubMed PMID: 19762264.
38. Wu JZ, Sinsel EW, Gloekler DS, Wimer BM, Zhao KD, An KN, Buczek FL. *Inverse dynamic analysis of the biomechanics of the thumb while pipetting: A case study.* Med Eng Phys. 2011 Oct 18. [Epub ahead of print] PubMed PMID: 22015316.
39. Li ZM, Tang J. *Coordination of thumb joints during opposition.* J Biomech. 2007;40(3):502-10. Epub 2006 Apr 27. PubMed PMID: 16643926.
40. Hollister A, Giurintano DJ. *Thumb movements, motions, and moments.* J Hand Ther. 1995 Apr-Jun;8(2):106-14. Review. PubMed PMID: 7550620.
41. Wu JZ, Li ZM, Cutlip RG, An KN. *A simulating analysis of the effects of increased joint stiffness on muscle loading in a thumb.* Biomed Eng Online. 2009 Dec 16;8:41. PubMed PMID: 20015378; PubMed Central PMCID: PMC2804669.
42. Kuo LC, Chiu HY, Chang CW, Hsu HY, Sun YN. *Functional workspace for precision manipulation between thumb and fingers in normal hands.* J Electromyogr Kinesiol. 2009 Oct;19(5):829-39. Epub 2008 Sep 7. PubMed PMID: 18778954.
43. Miki RA, Kam CC, Gennis ER, Barkin JA, Riel RU, Robinson PG, Owens PW. *Ulnar nerve component to innervation of thumb carpometacarpal joint.* Iowa Orthop J. 2011;31:225-30. PubMed PMID: 22096446; PubMed Central PMCID: PMC3215140.
44. De Kraker M, Selles RW, Schreuders TA, Hovius SE, Stam HJ. *The Pollexograph: a new device for palmar abduction measurements of the thumb.* J Hand Ther. 2009 Jul-Sep;22(3):271-6;

quiz 277. Epub 2009 Mar 10. PubMed PMID: 19278827.

45. Rozmaryn LM, Bartko JJ, Isler ML. *The Ab-Adductometer: a new device for measuring the muscle strength and function of the thumb*. J Hand Ther. 2007 Oct-Dec;20(4):311-24; quiz 325. PubMed PMID: 17954352.

APPENDICE

Tavola 1

TABLE 3. Population Ranks in Average Curvatures (From Most Curved to Least Curved)		
RMS	Dorsovolar	Radioulnar
Metacarpal surface		
African	European	African
Australian/European	Asian	Australian
Asian	African	Asian
	Australian	European
Trapezoidal surface		
European	European	Australian
Australian	Australian	European
African	Asian	African
Asian	African	Asian

Tavola 2

TABLE 2. Pairwise Comparisons of Normalized Population Mean Curvatures										
Population A	Population B	RMS Curvature			Dorsovolar Curvature			Radioulnar Curvature		
		Mean A	Mean B	<i>P</i>	Mean A	Mean B	<i>P</i>	Mean A	Mean B	<i>P</i>
Metacarpal surface for trapezium										
European	Asian	0.65	0.64	.347	0.49	0.40	.006	-0.76	-0.80	.253
European	African	0.65	0.67	.434	0.49	0.35	<.001	-0.76	-0.87	.002
European	Australian	0.65	0.65	.992	0.49	0.31	<.001	-0.76	-0.86	.116
Asian	African	0.64	0.67	.045	0.40	0.35	.067	-0.80	-0.87	.004
Asian	Australian	0.64	0.65	.554	0.40	0.31	.012	-0.80	-0.86	.261
Australian	African	0.65	0.67	.586	0.31	0.35	.379	-0.86	-0.87	.831
Trapezoidal surface for metacarpal										
European	Asian	0.74	0.65	.008	-0.92	-0.81	.041	0.45	0.41	.166
European	African	0.74	0.66	.021	-0.92	-0.79	.051	0.45	0.43	.569
European	Australian	0.74	0.70	.458	-0.92	-0.82	.336	0.45	0.50	.361
Asian	African	0.65	0.66	.818	-0.81	-0.79	.766	0.41	0.43	.437
Asian	Australian	0.65	0.70	.378	-0.81	-0.82	.876	0.41	0.50	.076
Australian	African	0.70	0.66	.468	-0.82	-0.79	.756	0.50	0.43	.188

Mean A, mean of population A; Mean B, mean of population B; *P*, probability that the difference between the bootstrapped means equaled or exceeded the difference between absolute means of populations A and B. Numbers in bold indicate statistical significance at alpha = 0.008.

Tavola 3

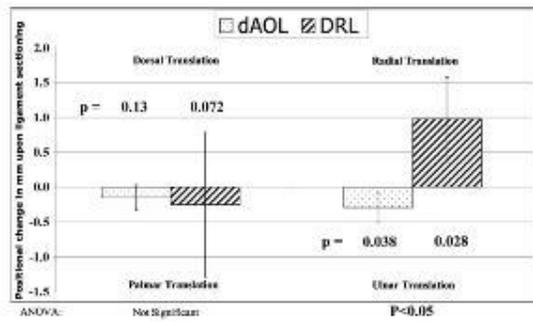


Figure 2. Mean translations (mm) observed in lateral pinch for the simulated laxity of the DRL and dAOL.

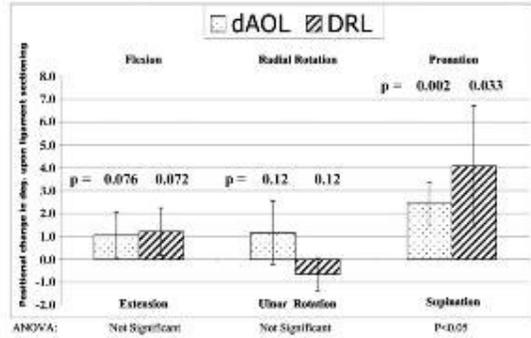


Figure 3. Mean rotations (°) observed in lateral pinch for the simulated laxity of the DRL and dAOL.

Tavola 4

MUSCOLO	GRAY[10]				PLATZER[4]				KENDALL[20]				de JONG[27]				LIPPERT[11]			
	Segm. Spinale				Segm. spinale				Segm. spinale				Segm. spinale				Segm. Spinale			
	C6	C7	C8	T1																
AbPL	X	X				X	X		X	X	X			X	X	X	X	X		
EPL	X	X	X			X	X		X	X	X			X	X	X	X	X	X	
FPL			X	X		X	X		(X)	X	X	X	X	X	X	X			X	X
FPB (sup.)	X	X			X	X			X	X	X	X	X	X			X	X		
FPB (prof.)			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X					
EPB	X	X				X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X		
AbPB			X	X			X	X	X	X	X	X	X	X			X	X		
OPP	X	X			X	X			X	X	X	X	X	X			X	X		
AdP			X	X			X	X			X	X			X	X			X	X
ID			X	X			X	X			X	X			X	X			X	X
IP			X	X			X	X			X	X			X	X			X	X
Lomb.l°			X	X			X	X	X	X	X		X	X	X	X			X	X