



# Università degli Studi di Genova

Facoltà di medicina e Chirurgica

## Master in Riabilitazione dei Disturbi Muscolo-Scheletrici

Campus Universitario di Savona

*In collaborazione con Master of Science in Manual Therapy*

*Vrije Universiteit Brussel*



# ARTROCINEMATICA DELL'ARTICOLAZIONE TEMPORO-MANDIBOLARE

Tesi di:

Andrea Polli

Relatore:

Marco Minacci

## Indice

Abstract _____	3
1. Introduzione _____	5
2. Materiali e metodi _____	8
3. Risultati _____	12
3.1. Mandibular finite helical axis e Kinematic centre _____	12
3.2. Rolling / gliding dei condili mandibolari _____	16
3.3. Variazione dello spazio intra-articolare _____	21
4. Conclusioni _____	22
Bibliografia _____	25

## ABSTRACT

**Introduzione.** L'articolazione temporo-mandibolare (ATM) è tra le articolazioni più usate del corpo umano; essa permette di eseguire molte delicate funzioni, come parlare, masticare e ridere. I movimenti di apertura e chiusura della mandibola sono eseguiti grazie ad una combinazione di movimento rotatorio e traslatorio del complesso condilo-disco lungo la superficie articolare. Analizzando la letteratura disponibile inerente l'artrocinematica dell'articolazione temporo-mandibolare sono stati individuati tre argomenti particolarmente discussi che saranno quindi oggetto della presente revisione: (a) l'individuazione di punti di riferimento per lo studio della cinematica articolare, come assi elicoidali finiti, kinematic centre, etc.; (b) le specifiche caratteristiche di rotazione e scivolamento (*rolling, gliding*) dei condili nella rispettiva fossa temporale; (c) la valutazione dello spazio intra-articolare dell'ATM durante le principali attività funzionali.

**Metodo.** Per effettuare il presente lavoro è stata effettuata una ricerca sulla banca dati elettronica di Medline, [www.pubmed.org](http://www.pubmed.org).

**Risultati e discussione.** I riferimenti cinematici utilizzati dagli autori dei vari lavori reperiti sono diversi; i più utilizzati sono due, il kinematic centre (KC) ed il finite helical axis (FHA). I due riferimenti, che servono poi per studiare in modo completo e tri-dimensionale l'ATM sono risultati entrambe piuttosto affidabili per lo studio delle articolazioni sane, che non presentano rumori articolari. Gli altri risultati del presente lavoro sono: (b) probabilmente la componente traslatoria è prevalente sul rotolamento nella fase iniziale del movimento di apertura e nella fase finale del movimento di chiusura della mandibola. La responsabilità di questo comportamento può essere ragionevolmente attribuita ai legamenti presenti nell'articolazione i quali, dopo un primo movimento traslatorio, aumentano progressivamente la loro tensione limitando il movimento traslatorio stesso; la traslazione sarà limitata per lo stesso motivo anche nelle prime fasi della chiusura della bocca, dopodiché aumenterà progressivamente fino alla completa chiusura.

(c) Durante il movimento di apertura e chiusura della mandibola esistono tra gli autori pareri contrastanti dato che alcuni risultati suggeriscono la presenza di forze maggiori durante il movimento di apertura mentre altri suggeriscono esattamente l'opposto.

Durante le attività funzionali invece i pareri sembrano più allineati e le conclusioni che si evincono dai due studi reperiti sono indubbiamente interessanti: anzitutto le forze compressive impresse sull'articolazione sono maggiori quanto più solido è il cibo che si mastica; in secondo luogo le forze compressive articolari sono maggiori, visto che la distanza tra condilo e fossa temporale è minore, sul lato contro laterale a quello che sta masticando. Lo studio dello spazio intra-articolare ricopre una parte importante, che permette di spiegare le forze che agiscono sull'articolazione, con di conseguenza alcuni interessanti risvolti clinici.



## 1. INTRODUZIONE

L'articolazione temporo-mandibolare (ATM) è tra le articolazioni più usate del corpo umano; essa permette di eseguire molte delicate funzioni, come parlare, masticare e ridere. E' composta da un compartimento superiore ed uno inferiore, divisi da un disco fibrocartilagineo che si articola superiormente con la fossa temporale ed inferiormente con il condilo mandibolare. La biomeccanica di questa articolazione è stata studiata da diversi autori già dagli anni '70; i primi studi, anche a causa delle scarse tecnologie a disposizione, focalizzavano la loro attenzione sulla misurazione della massima apertura mandibolare (*maximum mouth opening, MMO*, calcolata prendendo semplici punti di repere esterni come la linea degli incisivi. Questo tipo di analisi era probabilmente basata sulla convinzione che la MMO riflettesse la capacità di traslare dei condili all'interno dell'articolazione temporo-mandibolare. In realtà questa correlazione è stata smentita da diversi autori in studi più recenti<sup>2, 3, 12, 16, 21, 22, 23</sup> i quali hanno trovato una scarsa, o addirittura nessuna correlazione tra la MMO e la quantità di traslazione dei condili nell'articolazione. A parte ciò, la misurazione della MMO rimane un dato importante da considerare, non solo nell'ambito della ricerca scientifica ma anche per la valutazione clinica e funzionale del sistema masticatorio; nonostante questi risultati suggeriscono che essa non può essere utilizzata per determinare o calcolare lo scivolamento tra le superfici articolari.

Anche per questo motivo quindi gli studi più recenti utilizzano per le loro misurazioni specifici apparecchi opto-elettronici capaci di registrare i movimenti della mandibola su tre piani, con sei gradi di libertà,<sup>1, 4, 6, 10, 13, 14, 16, 21, 22</sup> in modo da poter

calcolare e determinare con precisione i movimenti dei condili durante il movimento della mandibola.

I movimenti di apertura e chiusura della mandibola sono eseguiti grazie ad una combinazione di movimento rotatorio e traslatorio del complesso condilo-disco lungo la superficie articolare; uno dei problemi che si sono trovati di fronte i ricercatori è stato quello di determinare un punto di riferimento cinematico sul quale basare la descrizione del movimento che sia funzionale e facilmente riproducibile. Fino ad oggi sono stati utilizzati diversi punti di riferimento, in quanto l'argomento è piuttosto controverso in letteratura, ed un pieno consenso deve ancora essere raggiunto <sup>1</sup>. Comunque, i due riferimenti che sono sembrati essere maggiormente riproducibili <sup>1, 21</sup> e di conseguenza più utilizzati sono il *kinematic centre* (KC) ed il *terminal hinge axis* <sup>1, 4, 11, 12, 14, 21, 22, 23</sup>.

L'*hinge axis* è definito come la linea passante attraverso i condili mandibolari destro e sinistro e che coincide con il centro di rotazione della mandibola; determinare questo riferimento è essenziale, per esempio, per costruire protesi dentali e correggere i problemi di mal occlusione <sup>24</sup>. In altre parole è l'asse meccanico attorno al quale la mandibola ruoterebbe se fosse presente una rotazione pura <sup>16</sup>. Il concetto di *kinematic centre* si basa invece sull'assunto che il movimento del complesso condilo-disco, che consiste in uno scivolamento anteriore e caudale, può ragionevolmente essere paragonato a quello di una sfera. Il *kinematic centre* rappresenterebbe il centro di questa sfera <sup>12</sup>. Le due definizioni sono, sotto certi aspetti, simili, tant'è che alcuni autori considerino i due riferimenti come equivalenti, <sup>12, 16</sup>: questo concettualmente sarebbe scorretto, anche se uno studio di Caltic e Naeije del 1999 <sup>1</sup> dimostra che non esiste una sostanziale differenza nella localizzazione tra *hinge axis* e *kinematic centre* nei soggetti sani. Le cose cambiano però per i soggetti con disturbi temporo-mandibolari (DTM): in

questo caso il KC si è rivelato una misura maggiormente affidabile e dovrebbe essere quindi utilizzato per lo studio dei movimenti dei condili, soprattutto in persone con disfunzioni dell'articolazione. Detto questo l'hinge axis rimane un riferimento importante e tra l'altro di relativa facile individuazione, in modo particolare per l'impianto di protesi dentarie.

Gli studi presenti in letteratura che cercano di analizzare l'artrocinematica dell'articolazione temporo-mandibolare lo fanno naturalmente su soggetti sani, i quali vengono sottoposti ad una valutazione anamnestica e clinica in modo da escludere qualsiasi tipo di disfunzione; l'analisi su questi soggetti avviene poi tramite strumentazioni stereometriche che permettono ricostruzioni tri-dimensionali dell'anatomia dell'ATM e della reale cinematica articolare.

Dall'analisi della letteratura disponibile inerente l'artrocinematica dell'articolazione temporo-mandibolare sono stati individuati tre argomenti particolarmente discussi:

- L'individuazione di punti di riferimento per lo studio della cinematica articolare, come assi elicoidali finiti, kinematic centre, etc.;
- Le specifiche caratteristiche di rotazione e scivolamento (*rolling, gliding*) dei condili nella rispettiva fossa temporale;
- La valutazione dello spazio intra-articolare dell'ATM durante le principali attività funzionali.

Questi tre argomenti saranno l'oggetto del presente studio.

## 2. MATERIALI E METODI

E' stata effettuata una ricerca sulla banca dati elettronica di Medline, [www.pubmed.org](http://www.pubmed.org) utilizzando le seguenti stringhe di ricerca:

- "Temporomandibular Joint"[Mesh] AND "Biomechanics"[Mesh]
- "tmj" OR "temporomandibular joint" AND "kinematics"
- "Temporomandibular Joint"[Mesh] AND "Physiology"[Mesh]
- "Temporomandibular Joint Disk"[Mesh] AND "Biomechanics"[Mesh]

Ad ogni stringa di ricerca sono stati applicati dei limiti in modo da selezionare articoli che avessero almeno l'abstract disponibile, in lingua inglese od italiana, e che non trattassero di animali (quindi con limite "humans"). Degli articoli così trovati sono stati analizzati gli abstract ed esclusi quelli chiaramente non pertinenti; quelli di dubbia pertinenza sono stati meglio analizzati tramite la lettura del *full text*.

Nella tabella sottostante sono riportati nel dettaglio i procedimenti ed i risultati delle ricerche.

STRINGA DI RICERCA	TROVATI	INCLUSI	PERTINENTI	ELENCO
Temporomandibular Joint[Mesh] AND Biomechanics[Mesh]	316	161	6	<a href="#">Condylar rotation and anterior translation in healthy human temporomandibular joints.</a> Salaorni C, Palla S. Schweiz Monatsschr Zahnmed. 1994;104(4):415-22  <a href="#">Quantification of translational and gliding components in human temporomandibular joint during mouth opening.</a>

				<p>Ferrario VF, Sforza C, Lovecchio N, Mian F. Arch Oral Biol. 2005 May;50(5):507-15. Epub 2004 Dec 8.</p> <p><a href="#">Relevance of mandibular helical axis analysis in functional and dysfunctional TMJs.</a></p> <p>Gallo LM, Brasi M, Ernst B, Palla S. J Biomech. 2006;39(9):1716-25. Epub 2005 Jul 5.</p> <p><a href="#">Functional state of the mandible and rolling-gliding characteristics in the TMJ.</a></p> <p>Kubein-Meesenburg D, Fanghänel J, Ihlow D, Lotzmann U, Hahn W, Thieme KM, Proff P, Gedrange T, Nägerl H. Ann Anat. 2007;189(4):393-6.</p> <p><a href="#">Translation and rotation movements of the mandible during mouth opening and closing.</a></p> <p>Mapelli A, Galante D, Lovecchio N, Sforza C, Ferrario VF. Clin Anat. 2009 Apr;22(3):311-8.</p> <p><a href="#">Relationship between kinematic center and TMJ anatomy and function.</a></p> <p>Gallo LM, Gössi DB, Colombo V, Palla S. J Dent Res. 2008 Aug;87(8):726-30.</p>
tmj OR temporomandibular joint AND kinematics	450	240	11	<p><a href="#">Measurement of condylar motion: a plea for the use of the condylar kinematic centre.</a></p> <p>Naeije M. J Oral Rehabil. 2003 Mar;30(3):225-30. Review.</p>

			<p><a href="#">The intra-articular distance within the TMJ during free and loaded closing movements.</a></p> <p>Huddleston Slater JJ, Visscher CM, Lobbezoo F, Naeije M. J Dent Res. 1999 Dec;78(12):1815-20.</p> <p><a href="#">Movements of the mandibular condyle kinematic center during jaw opening and closing.</a></p> <p>Yatabe M, Zwijnenburg A, Megens CC, Naeije M. J Dent Res. 1997 Feb;76(2):714-9.</p> <p><a href="#">The kinematic center: a reference for condylar movements.</a></p> <p>Yatabe M, Zwijnenburg A, Megens CC, Naeije M. J Dent Res. 1995 Oct;74(10):1644-8.</p> <p><a href="#">Biomechanics of the human temporomandibular joint during chewing.</a></p> <p>Naeije M, Hofman N. J Dent Res. 2003 Jul;82(7):528-31.</p> <p><a href="#">Analysis of the TMJ intraarticular space variation: a non-invasive insight during mastication.</a></p> <p>Fushima K, Gallo LM, Krebs M, Palla S. Med Eng Phys. 2003 Apr;25(3):181-90.</p> <p><a href="#">Mandibular kinematics represented by a non-orthogonal floating axis joint coordinate system.</a></p> <p>Leader JK, Boston JR, Debski RE, Rudy TE. J Biomech. 2003 Feb;36(2):275-81.</p>
--	--	--	---

				<p><a href="#">Local kinematic and anthropometric factors related to the maximum mouth opening in healthy individuals.</a></p> <p>Naeije M. J Oral Rehabil. 2002 Jun;29(6):534-9.</p> <p><a href="#">Location of the hinge axis and the kinematic centre in asymptomatic and clicking temporomandibular joints.</a></p> <p>Catić A, Naeije M. J Oral Rehabil. 1999 Aug;26(8):661-5.</p> <p><a href="#">Functional state of the mandible and rolling-gliding characteristics in the TMJ.</a></p> <p>Kubein-Meesenburg D, Fanghänel J, Ihlow D, Lotzmann U, Hahn W, Thieme KM, Proff P, Gedrange T, Nägerl H. Ann Anat. 2007;189(4):393-6.</p>
Temporomandibular Joint Disk[Mesh] AND Biomechanics[Mesh]	60	35	2	Nessun articolo è stato considerato pertinente
"Temporomandibular Joint"[Mesh] AND "Physiology"[Mesh]	31	31	0	Nessun articolo è stato considerato pertinente

Dalle bibliografie degli articoli selezionati per questa revisione sono stati selezionati altri articoli, considerati particolarmente rilevanti dagli autori degli articoli stessi, o semplicemente citati da più di un autore. Di questi articoli è stato visionato l'abstract ed il full-text, per poi essere inclusi effettivamente nel lavoro che stiamo presentando.

Gli articoli così selezionati sono riassunti nella tabella sottostante.

<p><a href="#">Associations between incisor and mandibular condylar movements during maximum mouth opening in humans.</a></p> <p>Travers KH, Buschang PH, Hayasaki H, Throckmorton GS. Arch Oral Biol. 2000 Apr;45(4):267-75.</p>
<p><a href="#">Analysis of the TMJ intraarticular space variation: a non-invasive insight during mastication.</a></p> <p>Fushima K, Gallo LM, Krebs M, Palla S. Med Eng Phys. 2003 Apr;25(3):181-90.</p>
<p><a href="#">Description of mandibular finite helical axis pathways in asymptomatic subjects.</a></p> <p>Gallo LM, Airoidi GB, Airoidi RL, Palla S. J Dent Res. 1997 Feb;76(2):704-13.</p>
<p><a href="#">Influence of mandibular length on mouth opening.</a></p> <p>Dijkstra PU, Hof AL, Stegenga B, de Bont LG. J Oral Rehabil. 1999 Feb;26(2):117-22.</p>
<p><a href="#">Temporomandibular joint mobility assessment: a comparison between four methods.</a></p> <p>Dijkstra PU, de Bont LG, Stegenga B, Boering G. J Oral Rehabil. 1995 Jun;22(6):439-44.</p>
<p><a href="#">Relationship between condylar and incisor point displacement during habitual maximum open-close movements.</a></p> <p>Lötters FJ, Zwijnenburg AJ, Megens CC, Naeije M. J Oral Rehabil. 1996 Aug;23(8):548-54.</p>
<p><a href="#">Sex differences in mandibular movements during opening and closing.</a></p> <p>Lewis RP, Buschang PH, Throckmorton GS. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2001 Sep;120(3):294-303.</p>

### 3. RISULTATI

#### 3.1. MANDIBULAR FINITE HELICAL AXIS E KINEMATIC CENTRE

Gli studi che analizzano la relazione tra componente traslatoria e rotatoria nei condili mandibolari sono piuttosto pochi; gli studi più recenti, come già accennato in precedenza, utilizzano per l'analisi di questi movimenti dei sistemi di rilevazione in tre dimensioni che permettono di analizzare tutti e sei i gradi di libertà dell'ATM. Gli studi meno recenti, al

contrario, hanno studiato l'articolazione semplicemente mediante un'analisi bi-dimensionale, che inevitabilmente ha prodotto dei risultati meno precisi rispetto a quanto sia possibile fare oggi.

Un grosso contributo alla ricerca in questo senso va riconosciuto a Gallo e coll., che con un loro lavoro del 1997<sup>8</sup>, hanno cercato di trasferire il concetto di *asse elicoidale finito* (*finite helical axis, FHA*) che già esisteva in letteratura applicato ad altri distretti articolari, all'articolazione temporo-mandibolare. Grazie a questo modello, ogni movimento di un corpo rigido può essere descritto in 3D come una combinazione di traslazione e rotazione rispetto ad un asse nello spazio: questo asse, detto *asse elicoidale istantaneo*, cambia continuamente (in modo *istantaneo*, appunto) la propria posizione ed il proprio orientamento seguendo il movimento del corpo stesso. Il *finite helical axis* rappresenta la ragionevole approssimazione degli spostamenti dell'asse elicoidale istantaneo, calcolato tramite un sistema matematico; e come spiegano gli stessi autori, conoscere l'orientamento e la posizione del *FHA* vuol dire essere in grado di calcolare il movimento di ogni punto di un corpo rigido, e di conseguenza comprendere più a fondo il comportamento artrocinematico dell'intera articolazione.

Un altro punto di riferimento altrettanto importante e altrettanto utilizzato è il *kinematic centre*<sup>22, 23</sup>: questo è definito come quel punto che è minimamente influenzato dalla componente rotatoria dei movimenti dei condili. Per determinare la sua localizzazione, gli autori<sup>16, 22, 23</sup> comparano il movimento dei condili durante una combinazione di apertura della bocca e protrusione della mandibola, cercando il punto il più possibile coincidente in questa serie di movimenti.

Gli studi di Yatabe e coll. (1995 e 1997)<sup>22, 23</sup>, mostrano alcune interessanti conclusioni: in primo luogo, gli autori hanno stimato che la posizione del KC di un

articolazione normale, e quindi che non presenti sintomi o segni clinici di disfunzione, come ad esempio rumori articolari, sia, in media 6 mm posteriormente e superiormente il polo laterale del condilo, quindi non si tratta di un punto anatomico rintracciabile radiograficamente. In secondo luogo, i risultati di questi studi indicano come la traiettoria del movimento del KC durante il movimento di apertura della mandibola non sia del tutto sovrapponibile a quella che avviene durante la chiusura; in particolare la traiettoria di apertura del KC si trova leggermente sopra quella di chiusura e di conseguenza più vicina all'eminanza articolare, suggerendo quindi che le forze articolari in gioco durante i movimenti di apertura e chiusura della mandibola siano maggiori durante l'apertura. Questo sembra essere in accordo con i risultati del lavoro di Huddleston Slater e coll. (1999)<sup>9</sup>, i quali hanno comparato le traiettorie del KC durante movimenti di apertura e chiusura della mandibola effettuati con o senza una piccola compressione articolare realizzata tramite l'applicazione di una piccola resistenza al movimento. Lo studio mostra come la traiettoria del KC durante l'apertura della mandibola sia sovrapponibile con quella di chiusura solo quando a quest'ultima venga associata la compressione articolare. Infine, la più alta compressione articolare durante l'apertura della mandibola sarebbe coerente anche con la presentazione clinica tipica dei disturbi temporo-mandibolari, dove i rumori articolari sono presenti più spesso in apertura che in chiusura<sup>18</sup>.

I risultati riportati fino adesso sono però in parte in contrasto con un recente lavoro di Gallo e coll. (2008)<sup>6</sup>, i quali hanno cercato di verificare ed eventualmente confermare le principali conclusioni dei precedenti studi: in particolare, le ipotesi da verificare che interessano al nostro lavoro erano due:

- La posizione del KC rispetto al condilo laterale;

- La variazione della traiettoria del KC nei movimenti di apertura e di chiusura;

L'osservazione che il *kinematic centre* non sia in relazione con il polo laterale del condilo era già stata riportata dagli studi di Yatabe e coll. (1997); il lavoro di Gallo e coll. conferma questa osservazione e dimostra inoltre come il KC possa addirittura trovarsi anche al di fuori dell'intero condilo. Gli autori suggeriscono che la distanza tra il KC e il centro del condilo dipenda dalla forma della parte craniale del condilo: i due punti coinciderebbero nel caso in cui la parte superiore del condilo abbia l'esatta forma di un emisfero; viceversa, più il condilo si differenzia da questa forma, più il KC si allontana dal centro del condilo. Naturalmente, visto che la variabilità inter-individuale della forma del condilo è molto elevata, e mai sferica, anche la posizione del KC è molto variabile.

Per quanto riguarda la traiettoria del KC nei movimenti di apertura e chiusura della mandibola invece i risultati di questo lavoro sono in contrasto con quelli citati fin'ora di Yatabe e coll. e di Huddleston Slater e coll.; infatti Gallo e coll. mostrano una traiettoria del KC significativamente più craniale e quindi più vicina alla superficie articolare durante i movimenti di chiusura rispetto a quelli di apertura. Per questi motivi, gli autori concludono che, sebbene il KC possa essere un riferimento per calcolare la variazione dello spazio articolare, esso non ha relazione con l'anatomia dell'articolazione stessa, visto che non rappresenta né il movimento del condilo né quello della superficie articolare; di conseguenza per gli autori il significato anatomico e funzionale del *kinematic centre* è quantomeno discutibile.

In questo contesto può essere inserito lo studio di Catic e Naeije <sup>1</sup>, i quali tentano di confrontare i due riferimenti descritti sia in soggetti asintomatici che in quelli sintomatici.

Secondo gli autori il KC, nonostante sia uno strumento relativamente sofisticato e difficile

da utilizzare, sarebbe il riferimento più corretto da utilizzare negli studi sulla cinematica articolare, soprattutto se si vuole studiare articolazioni disfunzionali. L'*hinge axis*, infatti, è un buon punto di riferimento per le articolazioni normali, ma presenta un'eccessiva variabilità quando si utilizza nello studio di articolazioni sintomatiche, quindi non è una misura così affidabile.

Questo risultato è confermato da un altro studio di Gallo e coll. del 2006<sup>7</sup>, i quali però interpretano il risultato in maniera del tutto diversa: secondo gli autori infatti l'ampia variabilità del FHA rappresenta una misura molto sensibile che rispecchia un'alterazione dell'artocinematica dei condili.

Come si evince da questi risultati le opinioni in materia non sono univoche e ogni riferimento studiato rivela vantaggi e svantaggi nell'applicabilità, nell'affidabilità e/o nella rilevanza. Inoltre, va ricordato che i due riferimenti descritti sono indubbiamente i più considerati ed i più studiati ma non sono gli unici. Ad esempio, un altro riferimento utilizzato nel passato e riproposto anche in un lavoro relativamente recente<sup>19</sup> è il *centro di rotazione istantaneo*, il quale permette di misurare in maniera bi-dimensionale un corpo rigido. Non è stato trattato nel presente lavoro perché, come concludono gli stessi autori, non si è dimostrato una misura affidabile per identificare disfunzioni dell'ATM, ed infatti non ha trovato applicazioni pratiche nella medicina dentale.

### 3.2. ROLLING / GLIDING DEI CONDILI MANDIBOLARI

I movimenti di un corpo tri-dimensionale possono essere descritti come una sequenza di traslazioni di un punto arbitrario, e di rotazioni intorno a questo punto. La scelta di un

punto o di un asse di riferimento è anch'essa arbitraria e dipende da vari fattori: la tipologia ed obiettivo dello studio (se su soggetti sani o sintomatici), l'applicabilità della strumentazione necessaria, ma anche l'opinione stessa degli autori del lavoro. In letteratura, sono quasi sempre utilizzati sia il *finite helical axis*<sup>4, 7, 8, 12, 13, 21</sup>, che il *kinematic centre*<sup>16, 17, 22, 23</sup> ma questo dato non è stato considerato importante ai fini della nostra revisione visto che è stato dimostrato come nei soggetti asintomatici i due riferimenti sono considerabili equivalenti<sup>1</sup>.

Gli studi presenti in letteratura che cercano di studiare i movimenti artrocinematici dei condili si concentrano su due fronti:

- Uno più "clinico", che cerca un eventuale correlazione tra il movimento dei condili e alcuni fattori locali facilmente individuabili durante la valutazione funzionale, come il *maximum mouth opening (MMO)*, la lunghezza o la larghezza della mandibola, ma anche alcune eventuali differenze tra i sessi<sup>12, 13, 17, 21</sup>;
- Un altro più "anatomico", che studia i movimenti dei condili con strumentazioni opto-elettroniche per determinare in modo preciso i movimenti artrocinematici presenti tra i condili mandibolari e la fossa temporale<sup>4, 10, 14, 20</sup>.

Un punto piuttosto controverso della letteratura riguarda il significato della MMO. Su questo argomento un lavoro importante è quello di Travers e coll.<sup>21</sup>, che confermando alcuni risultati di altri studi presenti in letteratura<sup>2, 3</sup>, conclude la sostanziale *non-correlazione* tra la componente traslatoria dei condili e la MMO, ridimensionando così l'utilità della misurazione della MMO nella pratica clinica. I risultati del lavoro suggeriscono una discreta correlazione del MMO solo con la componente rotatoria della mandibola. Questi due risultati sono confermati anche dallo studio di Naeije<sup>17</sup>, che quindi

propone la presenza di altre variabili importanti per determinare la *massima apertura mandibolare*. I risultati dello studio evidenziano come i due fattori che maggiormente influenzano la MMO sono la componente rotatoria dei condili e la lunghezza mandibolare; importanza secondaria invece ricoprono la componente traslatoria della mandibola (sia in senso antero-posteriore che in senso supero-inferiore) e la larghezza della mandibola.

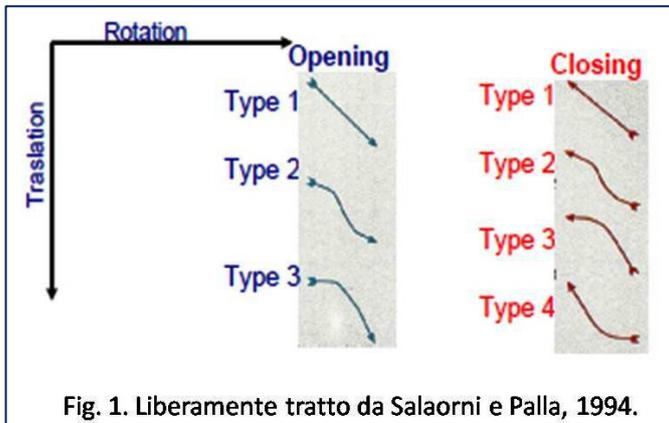
Per quanto riguarda la differenza tra il sesso maschile e quello femminile, arrivare a delle conclusioni è piuttosto difficoltoso: gli studi di Yatabe e coll.<sup>23</sup> e quelli di Salaorni e Palla<sup>20</sup> non hanno riportato differenze tra i sessi nella cinematica dei condili. Gli studi che invece propongono qualche differenza significativa nella cinematica dei condili sono piuttosto in contrasto tra loro: alcuni autori hanno trovato una differenza significativa tra uomini e donne solo nella prima fase di apertura della mandibola<sup>14</sup>, altri solo nell'ultima fase dell'apertura<sup>13</sup>, altri ancora durante tutto il movimento di apertura<sup>12</sup>. Queste differenze sono attribuite alla maggiore lassità dei legamenti sfeno-mandibolari nel sesso femminile, che permette una maggiore componente traslatoria dei condili, almeno nella fase iniziale del movimento di apertura. Lewis e coll. invece attribuiscono alle differenze morfologiche dei condili e delle superfici articolari che esistono tra uomini e donne, le differenze artrocinematiche tra i due sessi<sup>12</sup>.

Anche la differenza nelle MMO, che alcuni autori riportano come significativa tra i due sessi<sup>12</sup>, si riduce notevolmente o addirittura diventa *non-significativa* se vengono normalizzate tenendo presente le dimensioni della mandibola<sup>12, 14</sup>. Questo ultimo dato fa ragionevolmente supporre che la MMO è probabilmente più correlato alla lunghezza mandibolare che al sesso<sup>17</sup>. Infine, è bene ricordare che gli studi citati analizzano i movimenti utilizzando metodologie e strumentazioni diverse, che potrebbero influire sui

risultati finali e determinare così delle differenze quantomeno riducibili se si utilizzassero metodi di valutazione un po' più standardizzati.

La seconda parte della letteratura, come già detto, si concentra sul rapporto tra rotazione e traslazione che avviene a livello dei condili durante i movimenti della mandibola. Sul fatto che i due movimenti siano presenti, contemporaneamente, durante tutto il movimento di apertura e chiusura della bocca, gli autori sono concordi<sup>12, 13, 14, 20</sup>. Qualche discordanza esiste sul rapporto che esiste tra questi due movimenti, sia nei movimenti di apertura e chiusura, sia nelle attività funzionali.

Un primo importante risultato è riportato dal lavoro di Salaorni e Palla del 1994<sup>20</sup>; gli autori hanno trovato un'ampia variabilità intra- (tra condilo destro e sinistro) ed inter-individuale nel rapporto tra rotazione e traslazione condilare. Nei 61 soggetti inclusi nello



studio sono stati trovati tre distinti pattern di movimento durante l'apertura della mandibola, e quattro distinti pattern durante il movimento di chiusura, come riportato nella *figura 1*.

Durante l'apertura della mandibola, il 75% dei soggetti presentava un rapporto costante tra rotazione e scivolamento di 2°/mm; il 16% presentava una predominanza della rotazione all'inizio dell'apertura; mentre il restante 9% presentava una predominanza della rotazione sia all'inizio che alla fine del movimento di apertura. Durante il movimento di chiusura i quattro pattern erano così suddivisi: 34% con rapporto costante rollin/gliding, il 27% con una predominanza della componente traslatoria in direzione

posteriore, il 24% con una predominanza della rotazione all'inizio ed alla fine del movimento di chiusura, ed il restante 16% con una predominante rotazione alla fine della chiusura.

Altri autori hanno cercato di descrivere il comportamento dei condili mandibolari: Leader e coll.<sup>11</sup> riportano una prevalenza della traslazione sulla rotazione nella prima fase di apertura della mandibola; Lotters e coll.<sup>13</sup> hanno trovato una traslazione sempre presente durante il movimento di apertura e chiusura della bocca che è sempre minore rispetto alla componente rotatoria e che è inversamente proporzionale all'ampiezza dell'apertura. Gli autori attribuiscono la responsabilità di questo comportamento ai legamenti, che vengono progressivamente messi in tensione ed impediscono un'ulteriore traslazione antero-inferiore. Nel movimento di chiusura succede il contrario: dopo un primo momento in cui i legamenti mantengono la loro tensione, lo scivolamento aumenta progressivamente. Un simile risultato è confermato dal già citato studio di Yatabe e coll., del 1997 e dal recente studio di Mapelli e coll.<sup>14</sup>.

Un ultimo interessante studio è quello di Kubein-Meesenburg e coll.<sup>10</sup>, i quali discutono, dal punto di vista biomeccanico, le tre principali attività funzionali della mandibola: il serramento della mandibola, i movimenti liberi, e la masticazione. Gli autori concludono che, in situazioni di normalità, in nessuna di queste attività è permesso il movimento di rotolamento. Quando l'articolazione è intatta, spiegano gli autori, il centro di rotazione si trova al di fuori dell'articolazione e questo non permetterebbe il movimento di rotazione ma solo quello di scivolamento; il movimento di rotolamento sarebbe quindi permesso solo in situazioni non fisiologiche, come nei casi di dislocazione o degenerazione del disco articolare. In questi casi viene ostruita la traslazione anteriore e l'articolazione è obbligata a compensare mediante un movimento di rotolamento.

### 3.3. VARIAZIONE DELLO SPAZIO INTRA-ARTICOLARE

La distanza tra superficie del condilo e superficie della fossa temporale è il terzo punto oggetto dello studio. Ricopre particolare importanza perché dalla misurazione dello spazio intra-articolare si può ragionevolmente dedurre la quantità di forza compressiva che agisce sull'articolazione durante movimenti funzionali e non <sup>6,9,16</sup>.

Come già detto, anche in questo caso gli studi presenti in letteratura non sempre sono in completo accordo tra loro. Alcuni risultati <sup>9, 22</sup> evidenziano come lo spazio intra-articolare sia minore durante l'apertura della mandibola che durante la chiusura, suggerendo quindi la presenza di maggiori forze compressive durante questo movimento. Questo risultato potrebbe essere coerente con un altro dato, più clinico, evidenziato da uno studio di Okeson del 1996 <sup>18</sup> il quale ha riscontrato una maggiore frequenza di rumori articolari proprio durante i movimenti di apertura.

Questi risultati non sono però in accordo con altri importanti lavori, in particolare quello di Gallo e coll. <sup>6</sup>, nel quale si evidenzia uno spazio significativamente minore durante i movimenti di chiusura. Anche in questo gli autori propongono una spiegazione clinica che possa giustificare il risultato ottenuto: nei movimenti di chiusura i muscoli elevatori della mandibola sono probabilmente più attivi rispetto all'apertura, determinando così una maggiore forza compressiva sull'articolazione.

Fushima e coll. <sup>5</sup> hanno studiato il comportamento dell'articolazione, con particolare attenzione alla distanza intra-articolare durante un'attività funzionale come la masticazione. I risultati interessanti dello studio sono tre: intanto conferma la tesi di Gallo e coll. visto che è stato misurato un spazio intra-articolare minore durante i movimenti di

chiusura rispetto a quelli di apertura; in secondo luogo gli autori mettono in evidenza come lo spazio tra condilo e fossa temporale sia minore quando vengono masticati cibi di consistenza dura rispetto a cibi di consistenza morbida. Un terzo dato interessante è messo in luce dallo studio: la distanza tra i capi articolari è minore nel lato che non mastica attivamente, suggerendo così la presenza di maggiori forze compressive proprio nel lato che non “lavora”. Questo ultimo risultato è confermato da un altro studio di Naeije e Hofman <sup>15</sup> e, secondo gli autori spiegherebbe il motivo per cui soggetti con disturbi temporo-mandibolari tendano a masticare il cibo proprio dal lato affetto e non dal controlaterale, come ci si potrebbe aspettare.

#### 4. CONCLUSIONI

La comprensione del comportamento fisiologico di un'articolazione è indispensabile per capire fino in fondo le alterazioni patologiche della stessa articolazione. Per questo motivo l'artrocinematica dell'articolazione temporo-mandibolare è un argomento piuttosto discusso in letteratura. Fin'ora i risultati che emergono dagli studi reperiti per la presente revisione non sempre sono in accordo tra loro, anzi, alcuni punti rimangono piuttosto controversi.

Un primo problema che si pone è indubbiamente quello metodologico: anzitutto, la mancanza di un riferimento cinematico unico, sulla base del quale studiare i movimenti articolari rappresenta un limite che potrebbe condizionare i risultati finali dello studio stesso. I riferimenti cinematici utilizzati in letteratura sono diversi, ma i due che al momento risultano più utilizzati (grazie ai buoni valori di riproducibilità ed affidabilità)

sono il *kinematic centre* e il *finite helical axis*. Nonostante sia stato dimostrato <sup>1</sup> che almeno per quanto riguarda le articolazioni sane i due riferimenti non differiscono in modo significativo, è auspicabile che in futuro si riesca a trovare un accordo su questo punto in modo da eliminare queste, seppur minime, differenze.

Un secondo problema metodologico riguarda la strumentazione stessa: come fanno notare Gallo e coll.<sup>8</sup> non è da sottovalutare l'ingombro e il peso della strumentazione che viene applicata sulla mandibola e sulla testa del soggetto, dato che potrebbero determinare un carico aggiuntivo significativo per l'articolazione.

I riferimenti cinematici servono sia per studiare nel dettaglio i movimenti reciproci delle superfici articolari, sia per valutare le variazioni dello spazio intra-articolare durante le attività funzionali della mandibola.

Per quanto riguarda questi due argomenti la letteratura a disposizione ha evidenziato come il movimento artrocinematico sia composto da una componente rotatoria ed un traslatoria che sono entrambe sempre presenti durante il movimento di apertura e chiusura della bocca <sup>12, 13, 14, 20</sup>. Probabilmente la componente traslatoria è prevalente sul rotolamento nella fase iniziale del movimento di apertura e nella fase finale del movimento di chiusura della mandibola. La responsabilità di questo comportamento può essere ragionevolmente attribuita ai legamenti presenti nell'articolazione i quali, dopo un primo movimento traslatorio, aumentano progressivamente la loro tensione limitando il movimento traslatorio stesso; la traslazione sarà limitata per lo stesso motivo anche nelle prime fasi della chiusura della bocca, dopodiché aumenterà progressivamente fino alla completa chiusura <sup>13</sup>.

Un ultimo importante concetto riguarda la variazione dello spazio intra-articolare, dato che può rispecchiare le forze compressive presenti nell'articolazione durante il movimento libero o durante attività funzionali.

Durante il movimento di apertura e chiusura della mandibola esistono tra gli autori pareri contrastanti dato che alcuni risultati suggeriscono la presenza di forze maggiori durante il movimento di apertura mentre altri suggeriscono esattamente l'opposto<sup>6,9,22</sup>.

Durante le attività funzionali invece i pareri sembrano più allineati e le conclusioni che si evincono dai due studi reperiti<sup>5,15</sup> sono indubbiamente interessanti:

- Le forze compressive impresse sull'articolazione sono maggiori quanto più solido è il cibo che si mastica;
- Le forze compressive articolari sono maggiori, visto che la distanza tra condilo e fossa temporale è minore, sul lato contro laterale a quello che sta masticando;

Quest'ultimo risultato ha anche un importante risvolto clinico: il fatto che si evidenzino minori forze compressive articolari sul lato che mastica rispetto al contro laterale, può spiegare il perché alcuni soggetti con DTM riferiscano una riduzione del dolore masticando il cibo proprio dal lato affetto.

## BIBLIOGRAFIA

1. CATIĆ A, NAEIJE M.  
*Location of the hinge axis and the kinematic centre in asymptomatic and clicking temporomandibular joints.*  
J Oral Rehabil. 1999 Aug;26(8):661-5.
2. DIJKSTRA PU, HOF AL, STEGENGA B, DE BONT LG.  
*Influence of mandibular length on mouth opening.*  
J Oral Rehabil. 1999 Feb;26(2):117-22.
3. DIJKSTRA PU, DE BONT LG, STEGENGA B, BOERING G.  
*Temporomandibular joint mobility assessment: a comparison between four methods.*  
J Oral Rehabil. 1995 Jun;22(6):439-44.
4. FERRARIO VF, SFORZA C, LOVECCHIO N, MIAN F.  
*Quantification of translational and gliding components in human temporomandibular joint during mouth opening.*  
Arch Oral Biol. 2005 May;50(5):507-15. Epub 2004 Dec 8
5. FUSHIMA K, GALLO LM, KREBS M, PALLA S.  
*Analysis of the TMJ intraarticular space variation: a non-invasive insight during mastication.*  
Med Eng Phys. 2003 Apr;25(3):181-90.
6. GALLO LM, GÖSSI DB, COLOMBO V, PALLA S.  
*Relationship between kinematic center and TMJ anatomy and function.*  
J Dent Res. 2008 Aug;87(8):726-30.
7. GALLO LM, BRASI M, ERNST B, PALLA S.  
*Relevance of mandibular helical axis analysis in functional and dysfunctional TMJs.*  
J Biomech. 2006;39(9):1716-25. Epub 2005 Jul 5
8. GALLO LM, AIROLDI GB, AIROLDI RL, PALLA S.  
*Description of mandibular finite helical axis pathways in asymptomatic subjects.*  
J Dent Res. 1997 Feb;76(2):704-13.
9. HUDDLESTON SLATER JJ, VISSCHER CM, LOBBEZOO F, NAEIJE M.  
*The intra-articular distance within the TMJ during free and loaded closing movements.*  
J Dent Res. 1999 Dec;78(12):1815-20.
10. KUBEIN-MEESBURG D, FANGHÄNEL J, IHLOW D, LOTZMANN U, HAHN W, THIEME KM, PROFF P, GEDRANGE T, NÄGERL H.  
*Functional state of the mandible and rolling-gliding characteristics in the TMJ.*  
Ann Anat. 2007;189(4):393-6
11. LEADER JK, BOSTON JR, DEBSKI RE, RUDY TE.  
*Mandibular kinematics represented by a non-orthogonal floating axis joint coordinate system.*  
J Biomech. 2003 Feb;36(2):275-81
12. LEWIS RP, BUSCHANG PH, THROCKMORTON GS.  
*Sex differences in mandibular movements during opening and closing.*  
Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2001 Sep;120(3):294-303.

- 13 LÖTTERS FJ, ZWIJNENBURG AJ, MEGENS CC, NAEIJE M.  
*Relationship between condylar and incisor point displacement during habitual maximum open-close movements.*  
J Oral Rehabil. 1996 Aug;23(8):548-54.
- 14 MAPELLI A, GALANTE D, LOVECCHIO N, SFORZA C, FERRARIO VF.  
*Translation and rotation movements of the mandible during mouth opening and closing.*  
Clin Anat. 2009 Apr;22(3):311-8
- 15 NAEIJE M, HOFMAN N.  
*Biomechanics of the human temporomandibular joint during chewing.*  
J Dent Res. 2003 Jul;82(7):528-31
- 16 NAEIJE M.  
*Measurement of condylar motion: a plea for the use of the condylar kinematic centre.*  
J Oral Rehabil. 2003 Mar;30(3):225-30. Review.
- 17 NAEIJE M.  
*Local kinematic and anthropometric factors related to the maximum mouth opening in healthy individuals.*  
J Oral Rehabil. 2002 Jun;29(6):534.
- 18 OKESON JP, DE KANTER RJ.  
*Temporomandibular disorders in the medical practice.*  
J Fam Pract. 1996 Oct;43(4):347-56. Review.
- 19 SADAT-KHONSARI R, FENSKE C, KAHL-NIEKE B, KIRSCH I, JÜDE HD.  
*Mandibular instantaneous centers of rotation in patients with and without temporomandibular dysfunction.*  
J Orofac Orthop. 2003 Jul;64(4):256-64
- 20 SALAORNI C, PALLA S.  
*Condylar rotation and anterior translation in healthy human temporomandibular joints.*  
Schweiz Monatsschr Zahnmed. 1994;104(4):415-22
- 21 TRAVERS KH, BUSCHANG PH, HAYASAKI H, THROCKMORTON GS.  
*Associations between incisor and mandibular condylar movements during maximum mouth opening in humans.*  
Arch Oral Biol. 2000 Apr;45(4):267-75.
- 22 YATABE M, ZWIJNENBURG A, MEGENS CC, NAEIJE M.  
*Movements of the mandibular condyle kinematic center during jaw opening and closing.*  
J Dent Res. 1997 Feb;76(2):714-9.
- 23 YATABE M, ZWIJNENBURG A, MEGENS CC, NAEIJE M.  
*The kinematic center: a reference for condylar movements.*  
J Dent Res. 1995 Oct;74(10):1644-8.
- 24 Mosby's Medical Dictionary, 8th edition. © 2009, Elsevier.