



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA

Dipartimento di Scienze Biomediche

Chirurgico Specialistiche

Corso di studio: SCIENZE MOTORIE

“VALUTAZIONE DELLA FORZA ESPLOSIVA E RESISTENTE  
IN RELAZIONE ALLA VARIABILE OCCLUSALE”

Relatore: Marco Fogli

Laureanda: Valentina Palamin

Correlatore: Piero Malpezzi

Sessione di laurea autunnale

Anno Accademico 2016-2017

## **INDICE**

<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>4</b>
<b>CAPITOLO 1: Anatomia dell'apparato masticatorio .....</b>	<b>5</b>
a) I denti .....	5
b) La mandibola .....	6
c) L'articolazione temporo-mandibolare.....	6
d) L'osso ioide.....	7
e) I muscoli masticatori.....	8
f) I recettori dell'articolazione temporo-mandibolare.....	9
g) I recettori muscolari e tendinei.....	9
h) Il nervo trigemino.....	10
<b>CAPITOLO 2: L'occlusione.....</b>	<b>11</b>
<b>CAPITOLO 3: La malocclusione.....</b>	<b>12</b>
<b>CAPITOLO 4: Malocclusione e postura.....</b>	<b>13</b>
<b>CAPITOLO 5: Relazione tra malocclusione e forza muscolare.....</b>	<b>13</b>
<b>CAPITOLO 6: Il bite.....</b>	<b>14</b>
<b>CAPITOLO 7: Metodologia utilizzata nel test.....</b>	<b>16</b>
a) I due campioni.....	16
b) Materiale usato.....	17
c) Le variabili occlusali.....	18
d) I grafici.....	20
e) Test t di student e differenza percentuale.....	24
f) Indici di correlazione di Bravais - Pearson.....	25
<b>CAPITOLO 8: Discussione e conclusione.....</b>	<b>26</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>29</b>
<b>SITOGRAFIA.....</b>	<b>30</b>

**RINGRAZIAMENTI.....31**

## INTRODUZIONE

In questi ultimi anni la comunità scientifica sta sempre di più evidenziando come un problema a carico del complesso denti-lingua-mandibola possa avere delle ripercussioni a livello di quelle porzioni del corpo umano che sono lontane dalla bocca. È riconosciuto, ad esempio, che un problema a livello dell'articolazione temporo-mandibolare può determinare, oltre a dolori localizzati a livello della stessa articolazione, anche a diversi tipi di algie, e sembra che a questa condizione siano anche associati disturbi a livello dell'apparato uditivo e vestibolare. Poco però è noto sull'influenza che l'apparato stomatognatico, in particolare l'occlusione dentale e i muscoli scheletrici ad essa connessa, determina a livello della prestazione atletica. Alla luce delle più recenti acquisizioni sembra accertato, ad esempio, che una malocclusione possa effettivamente ripercuotersi in senso "discendente" sull'atteggiamento posturale. Negli atleti con importanti prestazioni la postura richiede un perfetto adattamento all'attività gestuale, dato che una variazione di equilibrio, anche se di modesta entità, si può tradurre in variazioni dell'intensità della forza e delle capacità di coordinazione incidendo in ultima analisi sulla prestazione sportiva. Oltre ad inficiare le prestazioni, una malocclusione può esporre l'atleta ad un maggior rischio di infortuni, come ad esempio crampi e strappi muscolari, distorsioni e lesioni ai legamenti.

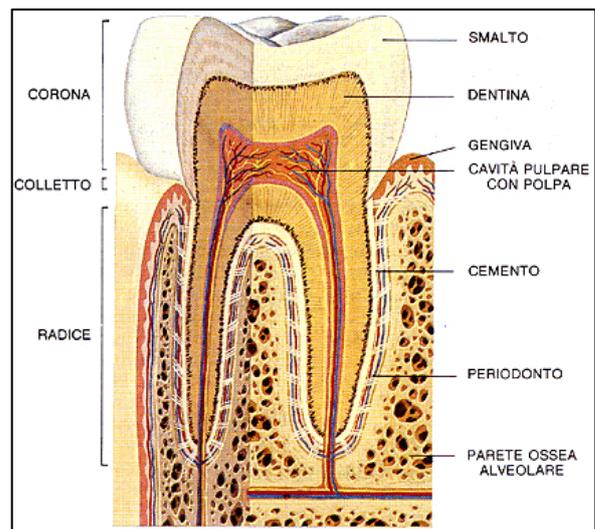
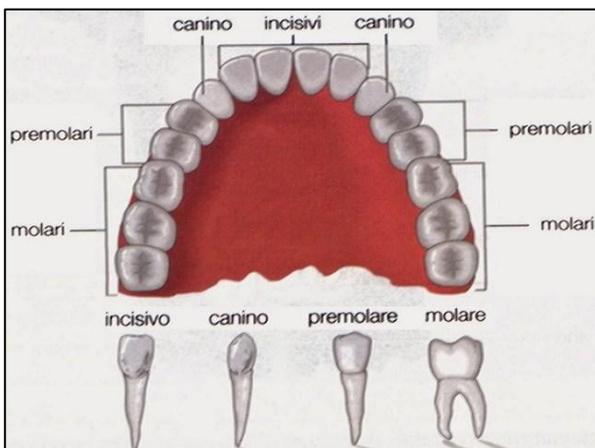
Sempre più atleti si stanno avvicinando all'utilizzo di dispositivi orali, chiamati bite o placche di svincolo, oppure al Parabite Malpezzi (14), un apparecchio in grado di equilibrare l'occlusione, per correggere la cattiva occlusione dentale, in modo tale da evitare che questa si ripercuota negativamente sulla prestazione sportiva, diminuendo il rischio di eventuali infortuni. Dal momento che, come affermato precedentemente, la qualità dell'occlusione sembra possa influenzare la prestazione atletica incidendo sulla postura e sull'equilibrio, è interessante capire e valutare quali siano invece le conseguenze dell'occlusione relativamente alla forza muscolare, in particolare la forza resistente e la forza esplosiva. L'obiettivo principale di questa tesi è quello di analizzare sperimentalmente l'influenza indotta dall'occlusione dentale sull'erogazione della forza resistente ed esplosiva, ed in particolare su come la prestazione di queste due tipologie di forza possano variare in relazione del tipo di occlusione intercuspide e con cotone tra le arcate dentarie e con l'inocclusione (mancanza di contatto dentale). L'interesse che ha determinato la decisione di concentrare il lavoro su questo argomento è nato dal desiderio d'indagare su questo tipo di relazione, e dal fatto che tuttora si sa poco al riguardo. Tutto il mio lavoro è impostato su basi teoriche e pratiche, attraverso una sperimentazione effettuata su un campione di soggetti dilettanti di diversi sport, mediamente allentati.



## ANATOMIA DELL'APPARATO MASTICATORIO:

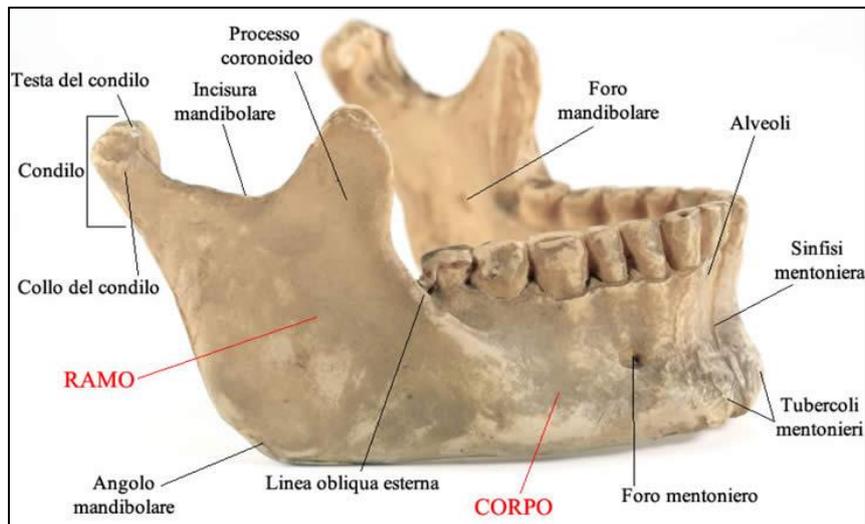
**I DENTI:** I denti sono organi destinati principalmente alla prima digestione, cioè alla masticazione, durante la quale il cibo viene triturato. I denti sono collocati in cavità dette alveoli e si distinguono in incisivi, canini, premolari e molari in base alla loro forma, per un totale di 16 denti per arcata suddivisi in: 4 incisivi, 2 canini, 4 premolari e 6 molari. Ciascun dente è specializzato in una singola specifica funzione: i canini servono per afferrare e lacerare il cibo e per guidare la mandibola nella posizione terminale del ciclo masticatorio (guida canina), gli incisivi per strapparne i pezzi, i premolari e i molari per masticarlo attraverso la triturazione meccanica. In ogni singolo dente si distinguono due parti: la corona, ossia la zona del dente al di sopra dell'alveolo e della gengiva, che assume diverse forme a seconda del tipo di dente e della sua funzione, e la radice, parte anatomica non visibile del dente situata all'interno dell'alveolo e legata all'osso tramite il legamento parodontale. La lunghezza della radice risulta essere maggiore di quella della corona. Nei canini, negli incisivi e nei premolari inferiori e superiori la radice è unica, con esclusione del primo premolare superiore dove è doppia, mentre nei molari è tripla. Il colletto, invece, è la parte dove termina lo smalto della corona nella radice, attorno alla quale s'appoggia e aderisce il margine della gengiva.

La parte esterna della corona è rivestita da uno strato di smalto dentale, l'elemento più duro del corpo umano, costituito per il 96% di minerali e per il restante 4% da sostanze organiche. Al di sotto dello smalto (che dà l'aspetto traslucido biancastro) c'è la dentina, sostanza che dà la colorazione giallastra o grigiastra al dente e che è prodotta da un particolare gruppo di cellule di origine ectodermica detti odontoblasti, contenuti nella polpa dentale. La dentina è composta da circa un 70% di materiale inorganico e per il restante 30% da materiale inorganico e acqua. La porzione più interna del dente è detta camera pulpare o canale radicolare, dove all'interno è situata la polpa dentale, parte che assicura la vitalità del dente. La polpa è un tessuto molle che comprende il nervo, i vasi sanguigni e, appunto, gli osteoblasti. La polpa si trova quindi all'interno della corona (polpa camerale) per poi proseguire lungo le radici (polpa radicolare). (16)



**LA MANDIBOLA:** è formata da un corpo orizzontale e due rami ascendenti che si uniscono al corpo a livello dell'angolo goniaco della mandibola. I denti dell'arcata inferiore sono inseriti negli alveoli dentali ricavati nell'osso alveolare sovrastante l'osso del corpo della mandibola. Al termine del ramo mandibolare troviamo:

- *il processo coronoideo* (area d'inserzione del muscolo Temporale elevatore e retrusore della mandibola)
- *Il processo condiloideo* formato dal collo e dalla testa. La testa del condilo mandibolare fa parte dell'*articolazione temporo-mandibolare* (A. T. M.). (1)

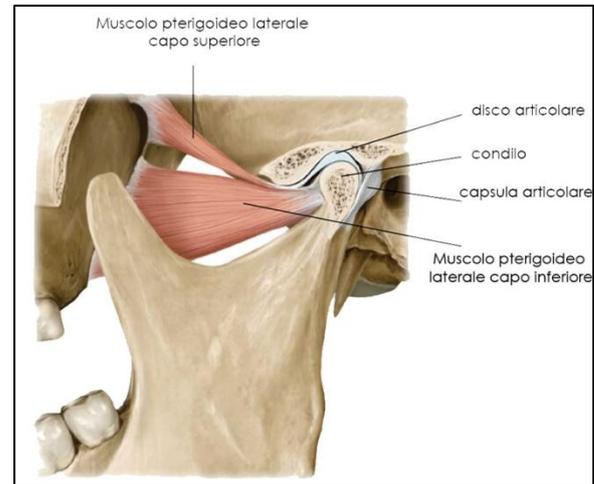
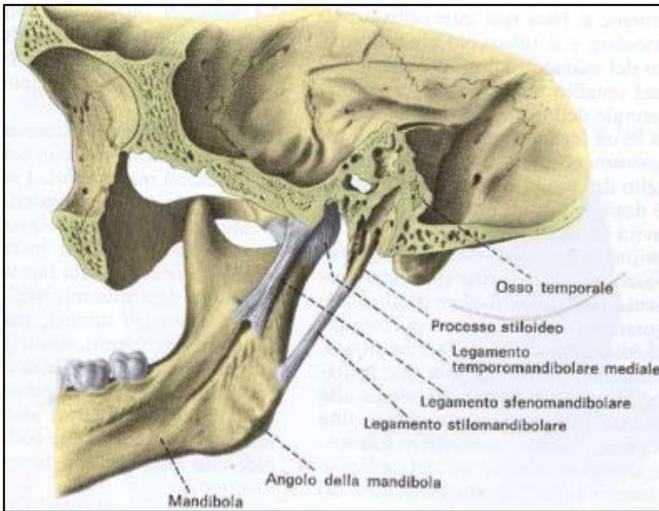


**L'Articolazione temporo-mandibolare:** è una bicondiloartrosi (formata da due condili), detta anche, per la sua azione, tetra condilartrosi (formata da quattro condili), che si realizza tra la fossa mandibolare dell'osso temporale (condilo temporale) e il condilo mandibolare. Differisce dalle altre articolazioni sinoviali in quanto le superfici articolari presenti sull'osso temporale e sulla mandibola sono ricoperte da cartilagine fibrosa (il menisco) molto resistente anziché da cartilagine ialina meno resistente. Le ossa che si articolano sono separate dal menisco articolare esteso sul piano orizzontale, che divide la cavità articolare in due cavità separate. Ne risulta che l'articolazione temporo-mandibolare è costituita da due differenti articolazioni sinoviali, una superiore tra osso temporale e menisco articolare (temporo-meniscale) con funzione traslativa, l'altra inferiore tra il menisco articolare e il condilo mandibolare, con funzione rotativa. (1)

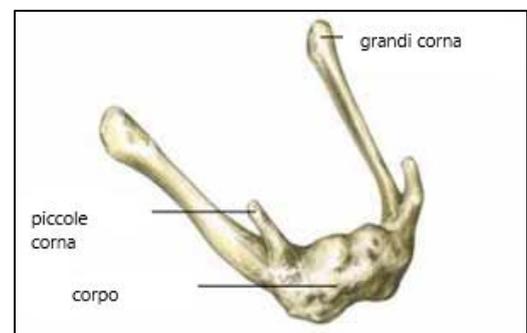
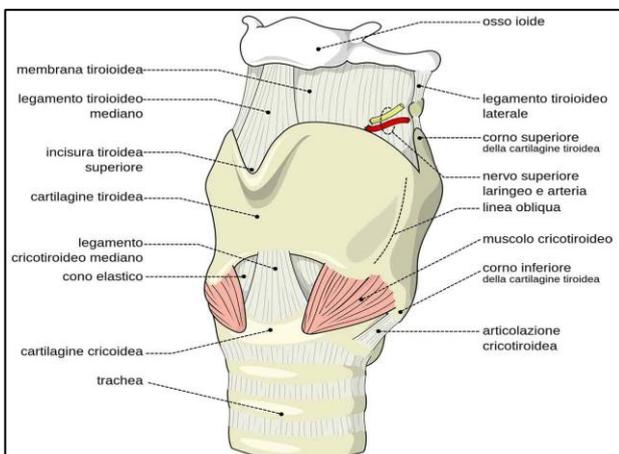
La capsula permette grande ampiezza di movimento ed è formata da diversi ligamenti con funzioni diverse in base allo scorrimento e rotazione del condilo mandibolare. È un'articolazione fortemente instabile e la sua stabilità è mantenuta dalla combinazione della muscolatura d'elevazione della mandibola e dall'occlusione dentale.

Di questa articolazione sono presenti diversi tipi di legamenti, tra cui:

- 1) *Legamento laterale (temporo-mandibolare)*;
- 2) *Legamento stilo-mandibolare*, esteso dal processo stiloideo al margine posteriore dell'angolo mandibolare;
- 3) *Legamento steno-mandibolare*, esteso dalla spina dello sfenoide alla superficie mediale del ramo mandibolare. (1)



**OSSO IOIDE:** si trova inferiormente al cranio, sospeso per mezzo dei legamenti stiloidei, ma non è a diretto contatto con le altre ossa dello scheletro. Il corpo dell'osso ioide serve come base per l'inserzione di numerosi muscoli responsabili dei movimenti della lingua e della laringe. Poiché muscoli e legamenti costituiscono la sola connessione tra l'osso ioide e le altre strutture scheletriche, l'intero complesso è molto mobile. I processi più grandi dell'osso ioide sono le grandi corna, che aiutano a sostenere la laringe e aiutano a sostenere l'inserzione per i muscoli che muovono la lingua. Le piccole corna danno inserzione ai legamenti stiloidei, attraverso i quali



l'osso ioide e la laringe sono attaccati al cranio come l'altalena in un albero. (1)

## **MUSCOLI MASTICATORI:**

I muscoli masticatori determinano il movimento della mandibola tramite l'articolazione temporo-mandibolare. Questi muscoli possono essere classificati in base ai movimenti che fanno compiere alla mandibola assieme all'omonimo controlaterale. Essi quindi si distinguono in:

### **Muscoli elevatori:**

- *Massetere superficiale e profondo:* muscolo di forma rettangolare che si fissa in alto all'arcata zigomatica, in basso alla tuberosità masseterina della faccia laterale dell'angolo della mandibola.
- *Temporale:* è un ampio muscolo a forma di ventaglio che, dalla faccia laterale del cranio si dirige in basso e, passando medialmente all'arcata zigomatica, si inserisce col tendine al processo coronoideo della mandibola. Si distinguono i fasci posteriori, che portano la mandibola indietro aiutando a riportare il condilo nella cavità articolare, i fasci medi e i fasci anteriori che innalzano la mandibola.
- *Pterigoideo interno:* origina dalla fossa pterigoidea e dalla tuberosità del mascellare e si inserisce sulla tuberosità pterigoidea, vicino alla faccia interna dell'angolo della mandibola.

### **Muscoli abbassatori:**

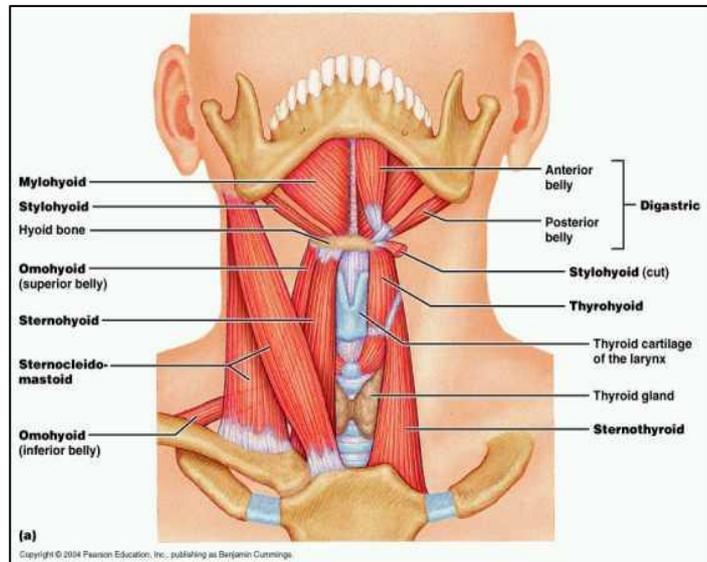
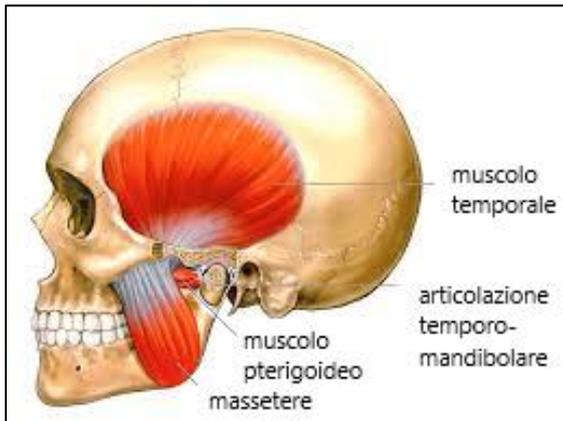
- *Digastrico:* forma un'arcata che unisce la mandibola al processo mastoideo mediante i ventri uniti da un tendine intermedio che si fissa sull'osso ioide.
- *Miloioideo:* ha origine a livello della linea miloioidea della mandibola e inserzione sul rafe mediano diretto all'osso ioide
- *Genioioideo:* ha origine sulla superficie mediale della mandibola a livello del mento e inserzione sull'osso ioide

### **Muscoli di protrusione:**

- *Pterigoideo esterno:* è composto da due corpi, uno superiore e uno inferiore.  
Il fascio superiore origina dal processo pterigoideo dello sfenoide si inserisce continuandosi nel menisco articolare. La sua funzione è quella di trascinare in avanti il menisco nella fase di protrusione.  
Il fascio inferiore origina sempre dal processo pterigoideo dello sfenoide e ha inserzione sul collo del processo coronoideo. L'attivazione di questi due muscoli con azione coordinata fanno traslare in avanti contestualmente la testa condilare della mandibola e il menisco. È il principale protrusore.
- *Temporale:* i fasci posteriori svolgono la funzione di retrusione e di rotazione antioraria con effetto decompressore sull'ATM (azione protettiva da sovraccarico).
- *Digastrico.*

### Muscoli adduttori e abduttori:

I muscoli che determinano l'adduzione e l'abduzione della mandibola sono i *pteroidei interni ed esterni*. In misura minore gli altri elevatori. (17)



### RECETTORI DELL'ARTICOLAZIONE TEMPORO-MANDIBOLARE:

Questi recettori hanno un ruolo importante nella percezione cosciente del movimento e della posizione della mandibola. Nella capsula e nei legamenti di questa articolazione sono stati identificati istologicamente quattro tipi di recettori: recettori di Ruffini, di Golgi, di Pacini e terminazioni libere di fibre mieliniche e amieliniche, molte delle quali di tipo nocicettivo.

**Recettori di Ruffini:** sono dei meccanocettori (recettori sensoriali che si attivano o inibiscono dal contatto o pressione sulla loro membrana cellulare) capsulati situati negli strati profondi del derma. Esso è un recettore a lento adattamento, ossia continua a trasmettere informazioni per tutto il tempo che questo viene stimolato. (1,10)

### RECETTORI MUSCOLARI E TENDINEI:

Appartengono a questa categoria due tipi di recettori:

**Organo muscolo tendineo del Golgi:** è un tipo di propriocettore muscolare, insieme al fuso neuromuscolare, localizzato a livello della giunzione tra i tendini e le fibre muscolari. Gli organi muscolo tendinei del Golgi controllano lo stato di tensione dei tendini durante la contrazione muscolare. Le capsule articolari sono ampiamente innervate da terminazioni nervose libere che rilevano pressione, tensione e movimenti articolari. Il senso della posizione del corpo risulta

dall'integrazione delle informazioni generate dai propriocettori con informazioni provenienti dall'orecchio interno.

**Fusi neuromuscolari:** sono dei recettori meccanici disposti in parallelo nei muscoli striati, e hanno il compito di tenere sotto controllo la lunghezza del muscolo. Un fuso neuromuscolare può essere:

- *A sacco (o a borsa):* sono fusi così chiamati per il caratteristico rigonfiamento nella regione equatoriale, e sono costituiti da un elevato numero di nuclei situati a livello di questa stessa regione
- *A catena:* questo tipo di fibre fusali sono più sottili, e i nuclei contenuti sono disposti in una singola fila centrale, allineata longitudinalmente rispetto alla fibra.

**Recettori di Pacini:** anche detti corpuscoli lamellari, sono i più grandi tra i recettori capsulati. I dendriti di tali recettori sono situati in una serie di centri concentrici di fibre collagene (lamelle), che li protegge dalla maggior parte degli stimoli, tranne che da quelli di intensità tale da deformare le lamelle e determinare una compressione su di essi. I corpuscoli lamellari rispondono anche a pressioni forti, ma sono molto sensibili a stimoli intermittenti o vibratorii e si adattano più rapidamente dei corpuscoli di Ruffini. (1,10)

I recettori sono più numerosi nelle regioni laterali e posteriori della capsula articolare, e sono innervati da fibre che decorrono nel nervo auricolo-temporale, una branca del nervo trigemino.

**NERVO TRIGEMINO:** il nervo trigemino è il quinto dei dodici nervi cranici; è un nervo misto, ossia è in grado di trasportare sia informazioni motorie, sia informazioni sensitive e parasimpatiche. Il nervo trigemino è il più voluminoso tra tutti i nervi cranici. Fornisce un'informazione sensitiva proveniente dalla testa e dalla faccia, e il controllo motorio dei muscoli masticatori. Le radici sensitive (dorsali) e le radici motorie (ventrali) originano dalla superficie laterale del ponte, una sezione di sistema nervoso centrale situata tra il mesencefalo e il midollo allungato. Come indica il nome, il trigemino è composto da tre rami principali:

**1° ramo:** *il ramo oftalmico* è solamente sensitivo. Questo nervo innerva le strutture contenute nella cavità orbitaria, le cavità nasali e i seni paranasali, la cute della fronte, delle sopracciglia, delle palpebre e del naso. Esso lascia il cranio attraverso la fessura orbitaria superiore, quindi si ramifica nell'orbita;

**2° ramo:** *il ramo mascellare* è anch'esso solo sensitivo. Innerva la palpebra inferiore, il labbro superiore, le guance e il naso. Le strutture sensitive profonde della gengiva superiore e dell'arcata dentale superiore, il palato e parte della faringe sono innervati anche dal ramo mascellare. Esso lascia il cranio a livello del foro rotondo, entrando nel pavimento dell'orbita attraverso la fessura orbitaria inferiore. Uno dei rami principali del mascellare, il nervo infraorbitario, passa attraverso il foro infraorbitario per innervare le parti adiacenti della faccia.

**3° ramo:** *Il ramo mandibolare* è il più voluminoso tra i rami del nervo trigemino, e trasporta tutte le fibre della radice motoria. Questo ramo esce dal cranio attraverso il foro ovale. La componente motoria del ramo mandibolare innerva i muscoli masticatori. Le fibre sensitive trasportano informazioni propriocettive da questi muscoli e controllano la cute delle tempie, la superficie laterale, le gengive e i denti dell'arcata laterale inferiore, le ghiandole salivari e la porzione laterale della lingua.

I rami del nervo trigemino sono associati ai gangli ciliare, pterigopalatino (o sfenopalatino), sottomandibolare e otico. Si tratta di gangli autonomi i cui assoni innervano strutture della faccia. Il nervo trigemino non contiene fibre motorie viscerali, e tutte le sue fibre passano attraverso questi gangli senza fare sinapsi. Tuttavia, rami di altri nervi cranici, come il nervo facciale e altri, possono unirsi al nervo trigemino portandosi al ganglio, e le fibre autonome post gangliari decorrono poi con il nervo trigemino verso le strutture periferiche.

Le fibre nervose entrano nella cavità dentaria attraverso il foro radicolare e si irradiano verso la zona parietale della polpa, formando un plesso nervoso al di sotto della zona ricca di cellule; si dirigono quindi perifericamente per raggiungere e inserirsi tra loro, non tutte, nello strato degli odontoblasti, cellule altamente specializzate nella formazione della dentina e situate, appunto, tra la polpa e la dentina. A questo livello le fibre emettono numerose collaterali, ed in prossimità della superficie (1,10)

### **OCCLUSIONE:**

L'occlusione è l'impatto tra l'arcata dentaria inferiore con quella superiore funzionalmente compensata.

Per occlusione si intende in generale qualsiasi rapporto tra le arcate dentali nel momento in cui anche solo alcuni dei rispettivi denti vengono a contatto tra di loro, sia con mandibola ferma che durante i movimenti funzionali delle articolazioni temporo-mandibolari. In una situazione di buon funzionamento dell'apparato stomatognatico (occlusione abituale fisiologica), quando le due arcate dentarie occludono (deglutizione, fase terminale della masticazione) lo fanno nella posizione più stabile, cioè quella caratterizzata dall'assenza di conflitti occlusali fra elementi antagonisti (in posizione di massima intercuspidação), con distribuzione uniforme dei carichi masticatori, nel rispetto delle strutture paradontali, muscoli masticatori in tono normale e articolazioni temporo-mandibolari. Questa situazione di equilibrio dipende dunque da diversi fattori collegati tra loro: la forma delle arcate dentarie, le articolazioni temporo-mandibolari, i muscoli masticatori, e il controllo neuromuscolare.

Ogni variazione a carico di una di queste componenti provoca un'alterazione nell'equilibrio che può sfociare in una situazione patologica. Una corretta occlusione risponde, nella posizione di massima intercuspidação, ai seguenti tre parametri:

- 1) I denti superiori si collocano all'esterno degli inferiori, di circa mezza cuspidi per quanto riguarda i molari e i premolari (le cuspidi di stampo superiori si oppongono alle cuspidi di stampo inferiori);
- 2) Gli incisivi superiori coprono gli incisivi inferiori di circa 2mm (Overbite);
- 3) I primi molari permanenti inferiori sono anteriori di mezza cuspidi rispetto ai primi molari superiori pertanto tutti i denti, siano essi superiori che inferiori, toccano due denti antagonisti intercuspidadosi in maniera stabile.

## MALOCCLUSIONE:

Quando questi equilibri non sono rispettati e quindi non si manifesta un corretto combaciamento dentale, è presente malocclusione.

Le cause della presenza di questo tipo di disfunzione sono, oltre alla crescita anomala dei mascellari, quelle meccaniche (incidenti stradali, colpi di frusta e altro ancora), l'impianto di protesi dentarie scorrette, trattamenti ortodontici inadeguati, una banale otturazione, un'estrazione di un dente del giudizio, così come l'estrazione senza la sostituzione del dente.

La malocclusione può dipendere, ma non sempre, da difetti circoscritti alla singola arcata (difetto intra-arcata) e/o a difetti nei rapporti tra le due arcate dentali (difetti inter-arcata). I difetti intra-arcata si manifestano solitamente con affollamenti e disallineamenti (quando manca spazio), oppure con la presenza di spaziature interdentali (nelle eccedenze di spazio). I difetti inter-arcata si manifestano come anomalie nei rapporti tra le arcate e si rappresentano sui tre piani dello spazio. In base a questi rapporti si classificano in:

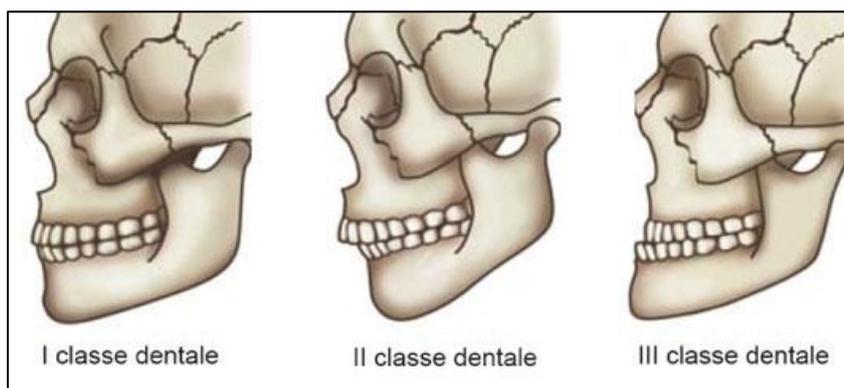
- 1) **Alterazioni sul piano frontale:** ne sono esempi il classico morso aperto, dove è presente molto spazio verticale fra i denti anteriori superiori e inferiori, e il morso coperto, dove gli incisivi superiori coprono eccessivamente quelli inferiori, a volte completamente;
- 2) **Alterazioni sul piano orizzontale:** sono alterati i rapporti tra i molari superiori e quelli inferiori: i molari superiori, che dovrebbero essere più esterni rispetto ai corrispondenti inferiori, spesso non lo sono. Rientrano nella categoria il tipico morso incrociato, dove i denti di un lato o di entrambi i lati combaciano in modo diverso rispetto alla norma, e il morso inverso, dove esiste uno spazio trasversale tra gli incisivi superiori e quelli inferiori a causa di una protrusione della mandibola;
- 3) **Alterazioni sul piano sagittale:** si intendono tutte quelle alterazioni in cui un'arcata è troppo avanzata o troppo arretrata rispetto all'altra.

I rapporti tra le arcate sul piano sagittale vengono classificati in *tre classi di Angle*:

- **1<sup>a</sup> classe:** *rapporti antero-posteriori normali.*
  - molare: la cuspidè mesio-vestibolare del I molare superiore occlude nel solco mesiale del I molare inferiore
  - canina: la cuspidè del canino superiore occlude tra canino e I premolare inferiore
  
- **2<sup>a</sup> classe:** *arcata superiore avanzata rispetto a quella inferiore (superiore troppo avanti o inferiore troppo indietro)*
  - I molare superiore e canino superiore sono mesializzati rispetto a I molare inferiore e canino superiore (mesiocclusione superiore). Si distinguono ulteriormente:
    - I divisione: incisivi esoinclinati
    - II divisione: incisivi endoinclinati
  -
  
- **3<sup>a</sup> classe:** *arcata superiore arretrata rispetto l'inferiore (superiore troppo indietro e/o inferiore troppo avanti)*

Le tre classi ortodontiche possono essere dentali, ovvero legate ai rapporti intercuspidali, oppure scheletriche, ossia legate ai rapporti tra mascellari secondo misurazioni effettuate sulla radiografia laterale del cranio. (18)

Queste cause elencate non sempre generano malocclusione, perché la malocclusione dipende dalla qualità e quantità del contatto dentale mal posizionato e dalla relativa stimolazione neuro-muscolare che ne consegue.



### **MALOCCLUSIONE E POSTURA:**

La malocclusione può portare a una serie di problematiche. Per quanto riguarda i denti, una prolungata condizione di malocclusione può provocare dolore o addirittura il danneggiamento dei denti stessi, che rischiano di spezzarsi, oppure le gengive potrebbero recedere e rendere i denti instabili. Oltre a danneggiare i denti, una cattiva malocclusione può provocare dolori a livello dell'articolazione temporo-mandibolare, alle spalle, al collo e ai muscoli preposti al movimento della mandibola. Inoltre, da tempo si collega la malocclusione alla capacità di mantenere l'equilibrio (vertigine oggettiva e soggettiva), alle problematiche posturali, e inoltre la malocclusione genera cefalee e addirittura acufeni e contratture lungo le catene muscolari. (2,14)

### **RELAZIONE TRA OCCLUSIONE E FORZA MUSCOLARE:**

Serrare i denti durante uno sforzo muscolare intenso è un'azione per lo più inconsapevole e automatica, che sembrerebbe volta a cercare di accumulare tutta l'energia potenziale necessaria e dirigerla verso l'esterno sotto forma di energia cinetica.

Tuttavia, non tutti tendono a serrare i denti durante uno sforzo fisico intenso, preferendo tenere la bocca aperta, o addirittura la lingua tra i denti. Il motivo per il quale inconsapevolmente si adotta uno specifico atteggiamento a livello dentale durante situazioni di stress muscolare e mentale è poco chiaro, e alcuni autori sembra lo colleghino alle inconsapevoli informazioni che l'apparato masticatorio è in grado di fornirci, ed in particolare se a livello di questa specifica regione corporea sono presenti o meno delle disfunzioni, come ad esempio una malocclusione.

In letteratura sono riportati numerosi test volti a capire se variazioni dei rapporti a livello dell'articolazione temporo-mandibolare possano in qualche modo influenzare la forza e, più in generale, la prestazione atletica. (2, 3, 8, 9)

Già a partire dagli anni '70 si cominciò ad indagare su questa probabile correlazione. Si cominciarono a studiare inizialmente gli sportivi praticanti sport di contatto, analizzando come e se la loro prestazione atletica potesse essere influenzata dall'utilizzo del paradenti. John Stenger, dentista della squadra di football americano della squadra di Notre Dame in Indiana, Stati Uniti, pubblicò numerosi articoli in merito alla protezione della bocca nei quali correlò molti dei suoi risultati statistici sul miglioramento della forza nel football americano, concordando, insieme ai suoi collaboratori, che l'utilizzo del paradenti andasse a lenire lo stress cervicale e influisse sulla postura.

Sull'onda di Stenger venne pubblicato un test prendendo sempre come campione un gruppo di giocatori di football americano professionisti, ai quali fu testata la qualità della forza isometrica del muscolo deltoide, utilizzando un dinamometro Cybex II, con tre atteggiamenti mandibolari: serramento dentale forzato, serramento dentale forzato mediante l'utilizzo di un bite di cera, e il serramento dentale forzato mediante l'utilizzo di un paradenti non calibrato. Il bite in cera di ciascun giocatore venne realizzato prendendo l'impronta dell'arcata dentaria inferiore, durante la posizione di riposo fisiologica della mandibola. Lo studio, comunque, venne in seguito criticato per non aver incluso un'analisi statistica dei dati.

### **IL BITE:**

Un bite, o placca di svincolo, è un apparecchio mobile costituito da uno spessore, spesso in plastica, che si appoggia a incastro tra le arcate dentarie, fatto in modo da mettere nella sua giusta posizione la mandibola quando occlude la bocca. Come prima conseguenza i muscoli masticatori vengono a trovarsi in equilibrio tra loro, di conseguenza tutta la catena muscolare attorno alla colonna vertebrale non subisce più sollecitazioni scorrette e può recuperare l'assetto. Esso può essere composto non solo da materiale plastico, ma anche da resina e metallo, anche in base alle esigenze del paziente stesso. Affinché il bite dia i risultati sperati, questo deve essere ovviamente studiato e costruito per ogni soggetto da un odontotecnico. (14)

In seguito, questi dati furono rielaborati statisticamente e si trovarono differenze significative tra i risultati ottenuti con le tre posizioni mandibolari: l'utilizzo di un paradenti generico permetteva un'espressione di forza isometrica superiore rispetto a quella ottenuta col semplice serramento dentale massimo forzato, ma l'utilizzo del bite di cera garantiva una migliore espressione di forza isometrica rispetto a quella ottenuta con un paradenti generico.

Nel 1982 venne condotto uno studio a doppio cieco su 40 giocatori di football americano del college di Westchester a White Plains, nello stato di New York, Stati Uniti. Questi 40 giocatori furono divisi in due gruppi: il primo cominciò ad utilizzare il MORA, un apparecchio ortopedico di riposizionamento mandibolare, e il secondo continuò ad utilizzare il paradenti convenzionale. A distanza di tempo, il primo gruppo, riscontrava un minor numero di infortuni seri, un minor numero di infortuni al ginocchio, un aumento percepito della forza e un miglior stato di soddisfazione; il secondo gruppo, invece, non aveva ottenuto nessun dato significativo a favore.

Un altro studio a doppio cieco venne eseguito all'Università dell'Illinois, su un gruppo di 20 studenti volontari, ai quali fu testata la forza durante tre atteggiamenti mandibolari: serramento dentale volontario, serramento dentale con il MORA, e serramento dentale con un apparecchio placebo. I risultati dimostravano differenze significative tra l'utilizzo del MORA e il serramento volontario, e non ci fu nessuna differenza significativa tra l'occlusione forzata volontaria e l'utilizzo dell'apparecchio placebo.

Altri esperimenti furono eseguiti, volti sempre ad indagare la relazione tra forza e occlusione dentale: fu eseguito uno studio su un campione di 60 giocatori di football americano, ai quali veniva chiesto, dopo una fase di riscaldamento di 10 minuti costituita da una fase di corsa leggera e una fase di allungamento muscolare passivo, di eseguire tre squat jump a bocca aperta e tre squat jump a bocca chiusa. Lo squat jump è un esercizio multiarticolare di muscolazione, molto efficace per allenare la forza esplosiva, dove a un classico movimento di squat si associa l'esecuzione di un salto. Ai partecipanti sono stati dati due minuti di recupero tra le prove, e gli squat jump vennero eseguiti senza scarpe. Durante queste prove venne valutata l'altezza del salto più alta raggiunta da

ciascun soggetto con la bocca aperta e con la bocca chiusa. Alla fine delle prove, i migliori risultati registrati furono i valori ottenuti eseguendo gli Squat Jump a bocca aperta. Questo studio quindi mise in evidenza come i fattori occlusali possano influenzare la performance atletica; in questo caso, avere la bocca aperta determinò statisticamente la possibilità di raggiungere un'altezza più elevata e quindi di generare più forza esplosiva.

Nel corso degli anni diversi test volti a dimostrare se l'occlusione effettivamente incide sui parametri della prestazione atletica: una parte di questi test, valutando sia parametri cardiorespiratori che relativi alla forza muscolare, ha dimostrato come questa relazione sia esistente a beneficio della performance; l'altra parte invece ha concluso che statisticamente il variare il grado di occlusione non determina una significativa differenza dal punto di vista prestativo.

Molti possono essere i fattori che hanno determinato delle conclusioni così discostanti tra loro: un esempio può essere l'errata progettazione del dispositivo intraorale utilizzato durante i test, che non ha determinato un efficiente riequilibrio dell'assetto occlusale, oppure errori di metodologia che portano a dichiarare tali risultati.

Al *XXVI International Conference on Sports Rehabilitation and Traumatology* (4) svolto all'interno del Camp Nou a Barcellona dal 13 al 15 maggio 2017 è stata trattata l'esperienza di un calciatore italiano di serie B, affetto da una severa forma di malocclusione.

Il calciatore soffriva di frequenti dolori muscolari a livello dei tricipiti surali e degli adduttori della coscia; in particolare accusava spesso distrazioni muscolari, che incombevano anche durante le sessioni di allenamento leggere.

Nonostante si fosse affidato alla kinesiologia applicata, l'atleta non riuscì a risolvere i suoi problemi, che cominciavano a minare la sua carriera professionistica, poiché spesso era costretto ad abbandonare il campo dolorante.

Riconosciuto dai kinesiologi come un problema odontoiatrico, è stato trattato da un punto di vista gnatologico.

Tramite esame odontoiatrico fu riscontrata una grave condizione di malocclusione dentale: andando quindi ad assestare lo squilibrio occlusale per mezzo di un Parabite Malpezzi, un dispositivo medico intraorale che distribuisce il carico sui denti secondo una tecnica che equilibra la risposta neuromuscolare occlusale, da indossare durante gli allenamenti e competizioni. L'atleta riferì in seguito che a livello dei tricipiti surali e degli adduttori della coscia non soffriva più di distrazioni muscolari. Avendo risolto questo fastidioso problema, il calciatore ha potuto protrarre la sua carriera professionistica per diversi campionati senza dover terminare precocemente la sua carriera.

Questa esperienza dimostra come ci sia stata una relazione tra la condizione patologica dei gruppi muscolari sopra citati e la malocclusione, e su come l'aver risolto il problema occlusale abbia di conseguenza risolto il problema muscolare. Questo caso è l'esempio di come un trattamento gnatologico possa quindi aiutare un atleta a ridurre gli infortuni muscolari ed eventuali recidive.

In seguito, nella rivista scientifica *The Journal of Strength and Conditioning Research* (3), vennero pubblicati i risultati di un test effettuato a Ferrara, nel reparto di biochimica dello sport, su un campione di 10 ciclisti amatori ben allenati, ai quali venne chiesto di effettuare un test incrementale da sforzo con e senza Parabite. Lo scopo di questo test era quello di valutare su atleti non abituati ad indossare il paradenti durante gli allenamenti e competizioni se e quali parametri della prestazione atletica potessero migliorare andando a riequilibrare l'assetto occlusale.

Al campione venne chiesto di effettuare un test incrementale tramite l'utilizzo di un cicloergometro freno meccanico-frizionale: la tipologia di test da sforzo prevede la valutazione di parametri quali consumo di ossigeno massimo (V02max), produzione di CO2, ventilazione polmonare, soglia ventilatoria (ventilatory treshold, VT), punto di compenso respiratorio (respiratory compensation point, RCP), frequenza cardiaca, soglia aerobica e soglia anaerobica, il tutto registrato fino all'esaurimento fisico dello stesso atleta.

Le conclusioni ottenute tramite l'elaborazione statistica dei dati sono state una miglior espressione di forza massima, potenza ed economia del gesto con Parabite Malpezzi, ma nessuna differenza statistica per quanto riguarda i parametri funzionali, cardiorespiratori e metabolici valutati durante il test con le due condizioni.

Questo esempio, come quello precedente, dimostra come l'occlusione influenzi la capacità dei muscoli di generare forza.

A partire da queste considerazioni, abbiamo deciso di effettuare un test per valutare se anche i muscoli abduttori del braccio hanno una correlazione con l'occlusione, in particolare se effettivamente i valori della forza erogata da tali muscoli può variare in base al comportamento dell'occlusione.

## **METODOLOGIA UTILIZZATA NEL TEST:**

### **I DUE CAMPIONI:**

Il test è stato effettuato su un campione di 17 soggetti, 10 uomini e 7 donne, selezionati in maniera casuale e tutti mediamente allenati, dei quali è stato registrato il nome, il cognome, l'età, l'altezza, il peso, lo sport praticato, da quanto tempo si allena, il volume di allenamento settimanale e il volume di allenamento annuo.

<b>CAMPIONE MASCHILE</b>	
<b>Età (anni)</b>	<b>25±5</b>
<b>Altezza (cm)</b>	<b>178±5</b>
<b>Peso (kg)</b>	<b>76±9</b>
<b>BMI (kg* )</b>	<b>24±2</b>
<b>Frequenza di allenamento settimanale (giorni)</b>	<b>5±2</b>
<b>Periodo di attività annuale (mesi)</b>	<b>11±1</b>

<b>CAMPIONE FEMMINILE</b>	
<b>Età (anni)</b>	<b>23±4</b>
<b>Altezza (cm)</b>	<b>165±6</b>
<b>Peso (kg)</b>	<b>59±9</b>
<b>BMI (kg* )</b>	<b>22±3</b>
<b>Frequenza di allenamento settimanale (giorni)</b>	<b>4±1</b>
<b>Periodo di attività annuale (mesi)</b>	<b>10±2</b>

Ciascun soggetto è stato sottoposto alla misurazione della forza dei muscoli implicati nell'alzata laterale del braccio (muscoli principali: deltoide e sovraspinato), attraverso una singola ripetizione volontaria massima, per un totale di nove prove: tre con serramento dentale forzato in massima retrusione non forzata mandibolare, tre con un'apertura delle arcate dentarie non forzata, e infine tre con serramento dentale utilizzando due rulli salivari (posizionati tra le arcate dentarie, uno a destra e uno a sinistra) tra i molari e premolari, per equilibrare le arcate dentarie eliminando i possibili conflitti occlusali ed errori posturali della mandibola.

Tra queste nove prove è stato rispettato il tempo di recupero tre minuti (6), per evitare errori nella valutazione correlati ad affaticamento muscolare.

Un altro accorgimento statistico adottato è stato l'aver sottoposto ciascun soggetto ad un ordine random delle prove, per evitare errori di metodica dovuti, ad esempio, all'apprendimento dell'esercizio e alla stanchezza muscolare.

## MATERIALE USATO:

Per la valutazione della forza abbiamo utilizzato un dinamometro digitale PCE 500 (PCE Instruments) e un software fornito dalla casa dalla PCE, collegato tramite una porta USB a un computer portatile.

### Specifiche tecniche:

<i>Precisione</i>	±0,1 % del range di misura
<i>Zona gravitazionale</i>	regolata manualmente
<i>Unità di misura</i>	N, g, lb, oz, kg, kgf, lbf, ozf
<i>Calibrazione</i>	possibile con peso esterno F2
<i>Sovraccarica max.</i>	+/- 20% oltre il range di misura
<i>Frequenza campionamento</i>	di 10 valori / sec. o 40 valori / sec.
<i>Funzioni di misura</i>	misura di trazione e compressione / funzione PEAK (MIN - MAX Hold) / misura con valori limite / misura in tempo reale con software display grafico 61 x 34 mm / orientamento automatico del display / retroilluminazione
<i>Display</i>	
<i>Menù</i>	multilingue: inglese / tedesco / spagnolo
<i>Memoria</i>	memoria interna e memory card mini-SD. (la memoria interna è limitata per 6.400 misure archiviate)
<i>Archiviazione</i>	manuale - premendo un pulsante automatica - 0,025 s - 99,9 s (regolabile)
<i>Interfaccia</i>	RS-232 a 9-poli e USB Opzionale: uscita contatto
<i>Software</i>	MIN / MAX / OK (vedere sotto) + 1 ingresso
<i>Condizioni ambientali</i>	software per valutazione e controllo incluso - 10 °C...40 °C
<i>Alimentazione</i>	4x batterie Ni-MH 2700 mAh AA (sostituibili) o con alimentatore ~230 V/12 V; 1,2 A incluso.
<i>Durata batterie</i>	funzione di auto spegnimento regolabile ca. 20 ore (senza retroilluminazione ca. 45 ore)
<i>Dimensioni strumento</i>	210 x 110 x 40 mm
<i>Dimensioni cella di carico interna</i>	11 mm lunghezza, M6 x 9 mm
<i>Lunghezza cavo della cella di carico esterna</i>	ca. 3 m
<i>Peso senza cella di carico</i>	ca. 400 g (senza batterie)

Identificazione Attraverso numero di serie Normative Certificato DIN EN ISO

Nel computer portatile sono stati registrati i dati dei singoli test in formato .txt e con un programma software dedicato al test della forza, abbiamo potuto osservare a video l'andamento della forza (kg) in funzione del tempo (s) e prelevati i valori riferiti al test ed eliminando quelli non utili.

Per l'elaborazione dei dati statistici abbiamo utilizzato il programma Microsoft Excel 2013.  
Essendo il test eseguito a Ferrara la g è 9,80447, pertanto  $N = F \cdot g = \text{kg} \cdot 9,80447 = \text{Newton}$

Prima di sottoporre il campione al test, i soggetti hanno firmato il consenso informato per la privacy e il trattamento dei dati.



*La foto riportata a sinistra mostra come i soggetti hanno effettuato le misurazioni;*

### **ESECUZIONE DEL TEST:**

Il soggetto ha eseguito le prove da seduto, con un braccio esteso lateralmente e la mano che afferrava il dinamometro, mentre l'altro braccio doveva essere lungo il fianco, con la mano che afferrava l'estremità laterale della sedia per garantire stabilità al momento della prova.

Le piante dei piedi dovevano essere completamente a contatto col pavimento, e lo sguardo fisso in avanti.

I soggetti hanno potuto scegliere quale braccio usare per effettuare il test, e una volta deciso dovevano utilizzare lo stesso fino alla fine delle misurazioni.

La mano che afferra la maniglia del dinamometro doveva essere il più possibile in linea con il treppiede e lo strumento di

misurazione.

Al momento della trazione, una terza persona aveva il compito di posizionarsi con i piedi sopra il treppiede, in modo tale da tenerlo saldo al pavimento.

Il soggetto ha eseguito il test con una contrazione rapida e isometrica, e gli è stato chiesto di non tirare progressivamente.

I valori di forza di ogni prova venivano prontamente registrati nel computer portatile tramite il software e inseriti in apposite cartelle, classificate per cognome del soggetto preso in esame, numero della prova e variabile di occlusione.

### **Scopo:**

L'obiettivo di questa tesi è stato quello di valutare se esiste una differenza e una correlazione tra i muscoli implicati nell'abduzione frontale del braccio e l'occlusione. Per fare questo è stato condotto un test dove variava solo la condizione occlusale, mentre tutto il resto (il luogo, l'orario, la giornata, la dieta, ecc.) è rimasto costante.

### **VARIABILI OCCLUSALI**

Il test si basa sull'esecuzione di prove di forza con le seguenti tre variabili occlusali:

1. CLE: Occlusione dentale forzata;
2. APE: Condizione inoclusale (senza variabile occlusale);
3. COT: Occlusione dentale forzata con il posizionamento di rulli salivari a livello dei molari e premolari.



Il diametro dei cotoni salivari è stato regolato in base alla **dimensione verticale** dei denti di ciascun soggetto.

La **dimensione verticale** è la distanza tra le cuspidi di stampo dei denti superiori e le cuspidi di stampo dei denti inferiori, con la mandibola in posizione di riposo, meno lo spazio libero che deve essere presente tra le due arcate dentali, il “free way space”, indicato in letteratura come  $1,5 \div 2$  mm. (19)

Per ogni variabile occlusale sono stati eseguiti tre test, in successione random, per un totale di 9 test per soggetto.

Tramite il programma Excel sono state calcolate la media e la mediana dei valori di ogni individuo per ciascuno dei tre test, e successivamente sono state calcolate anche la Media e la Mediana generale dell'intero campione maschile e quello femminile.

La Media e la Mediana, insieme alla Moda, sono le misure di **tendenza centrale**; la **tendenza centrale** fa riferimento a quei valori numerici tipici che danno un'idea approssimata dell'ordine di grandezza dei valori esistenti in un data set.

La Media è stata ottenuta dividendo la somma di tutti i valori per il numero dei valori stessi; la Mediana, invece, è il valore situato nella posizione centrale di un data set ordinato secondo ordine crescente, e divide lo stesso data set in due parti uguali.

A volte un data set può contenere alcuni valori che si differenziano notevolmente dalla maggior parte degli altri perché sono molto più piccoli o molto più grandi. Questi valori sono detti Outliers o Valori Estremi. La Media dipende fortemente dalla presenza di Outliers, soprattutto se viene calcolata a partire da un data set di piccole dimensioni, come nel nostro caso. Per questa ragione non è sempre possibile usare questo indicatore come misura di tendenza centrale di un campione. Se in un campione sono presenti Outliers, quindi, valori calcolati della media non riescono a descrivere la tendenza centrale del campione.

La scelta di calcolare anche la Mediana, perciò, è data dal fatto che questa è meno influenzabile, rispetto al valore medio, dalla presenza di Outliers, ed è quindi più rappresentativa dei risultati.

La terza misura di tendenza centrale, la Moda, rappresenta il valore che appare con frequenza più elevata nel data set: essa non è stata presa in considerazione perché poco utile a rappresentare l'obiettivo ricercato nel test. (12)

Si sono potuti ricavare quindi i valori massimi delle medie e delle mediane totali di ciascun campione, che sono poi stati classificati per variante occlusale nella seguente tabella:

<b>Valori di media e mediana dei due campioni</b>	<b>APE</b>	<b>CLE</b>	<b>COT</b>
<b>(Media=Mediana) MAX uomo (kg)</b>	16,19	16,30	16,54
<b>(Media=Mediana) MAX uomo (N)</b>	158,73	159,81	162,17
<b>(Media=Mediana) MAX donna (kg)</b>	8,33	7,92	8,14
<b>(Media=Mediana) MAX donna (N)</b>	81,67	77,65	79,81

*I valori relativi alla Media e alla Mediana, riportati in questa tabella, sono risultati essere coincidenti, perciò è presente l'indicazione “(Media=Mediana)”.*

## GRAFICI:

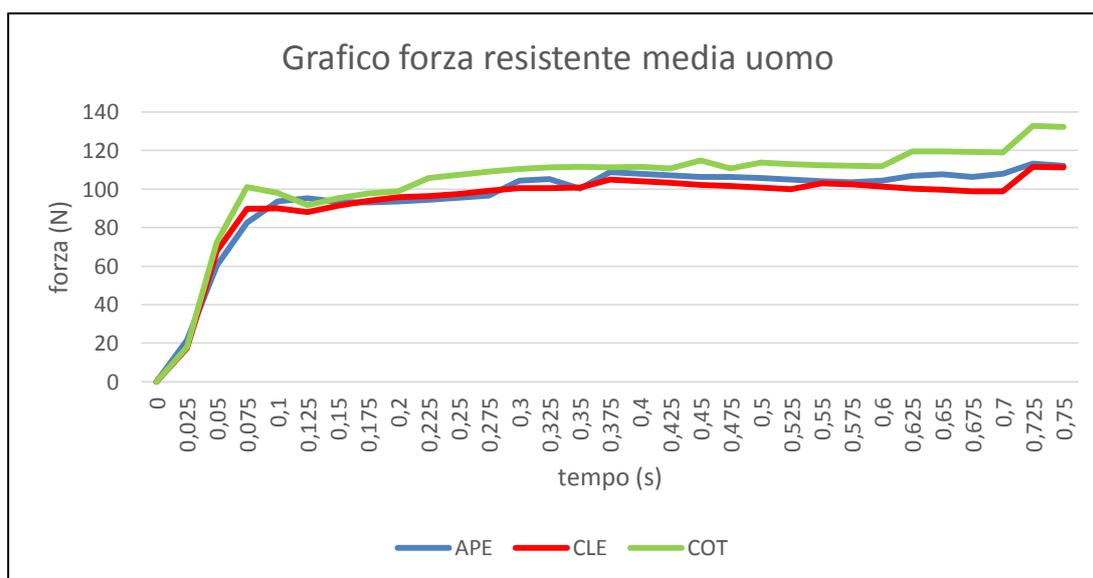
Attraverso l'elaborazione dei dati raccolti si sono potuti ricavare i seguenti grafici:

- Grafico delle medie di forza resistente del campione femminile;
- Grafico delle mediane di forza resistente del campione femminile;
- Grafico delle medie di forza esplosiva del campione femminile;
- Grafico delle mediane di forza esplosiva del campione femminile;
- Grafico delle medie di forza resistente del campione maschile;
- Grafico delle mediane di forza resistente del campione maschile;
- Grafico delle medie di forza esplosiva del campione maschile;
- Grafico delle mediane di forza esplosiva del campione maschile.

Su ciascun piano cartesiano sono stati riportati i valori della forza (N), indicata sull'asse delle ordinate, per il tempo (s), rappresentato sull'asse delle ascisse e suddiviso in unità di 0,025 secondi, rispettivamente in condizione di apertura delle arcate (APE), serramento dentale forzato (CLE), e serramento dentale con rulli di cotone (COT).

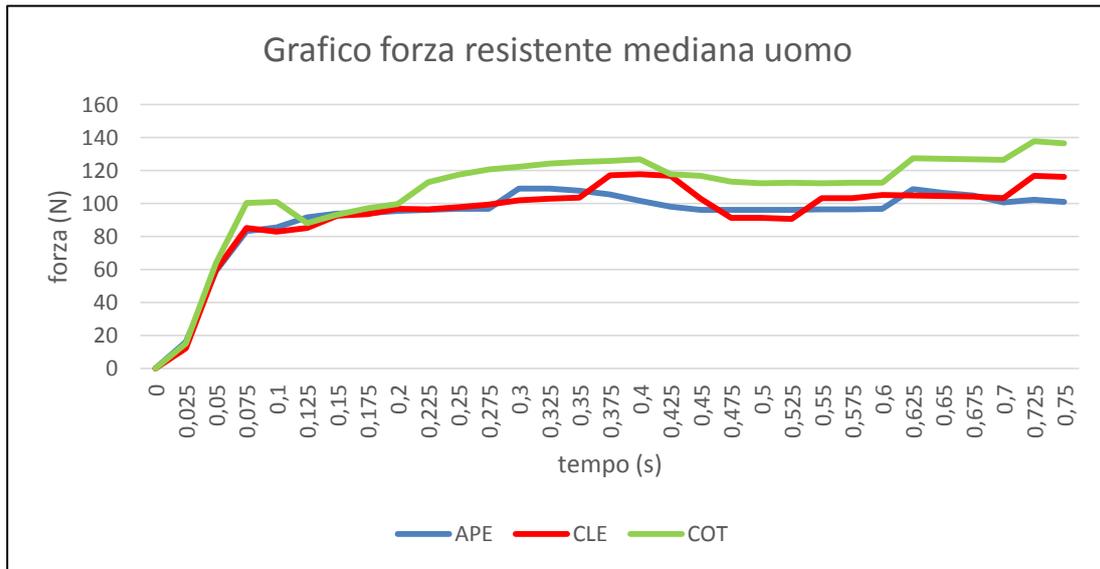
Per rendere più chiari i grafici, abbiamo tolto le code discendenti, ovvero ci siamo limitati a rappresentare i valori della forza per ogni 0,025 secondi da un valore minimo di 0 secondi a un valore massimo di 0,2 secondi per la forza esplosiva, e da 0 secondi a 0,75 secondi per la forza resistente.

### Grafico delle medie della forza resistente del campione maschile:



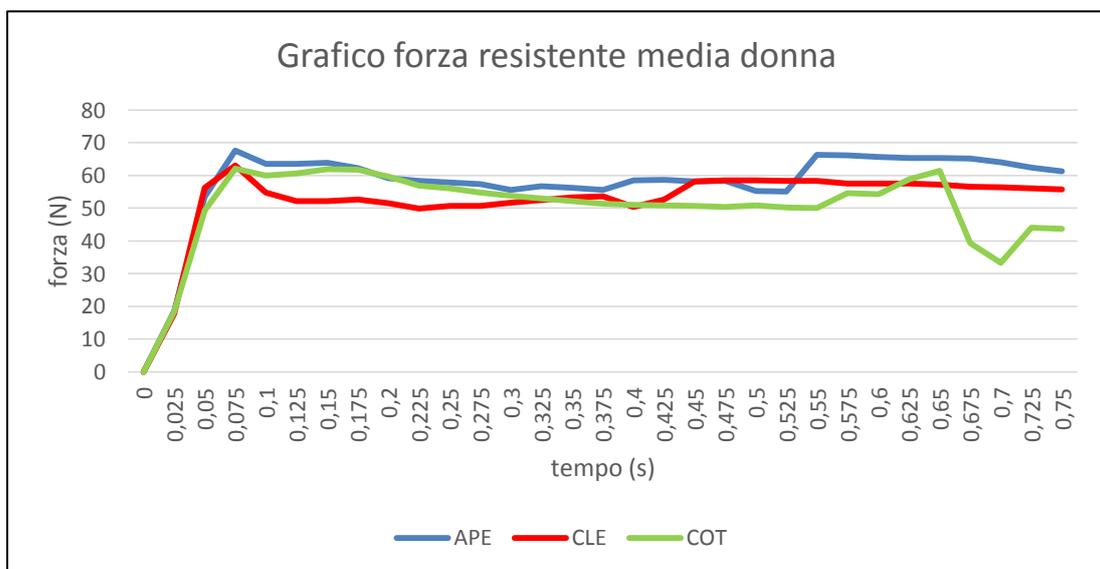
A 0,1s le code raggiungono un plateau dove COT mantiene i valori più alti e l'andamento di APE e CLE sembra quasi coincidere. A 0,075 COT ha un valore di 132,4N, APE 110,8N e CLE 111,7N.

Grafico delle mediane della forza resistente del campione maschile:



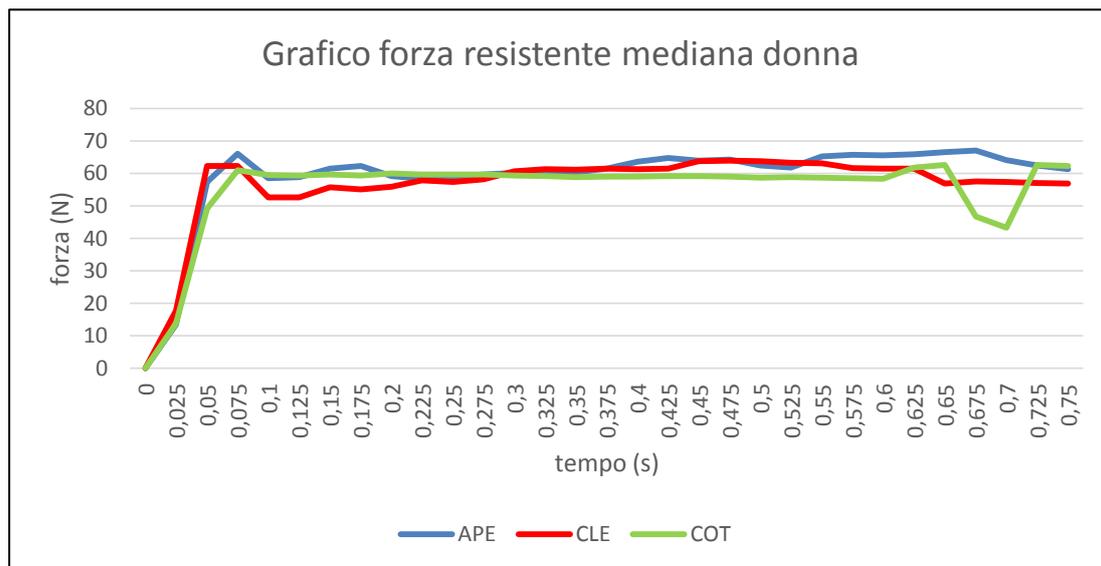
A 0,075s il valore più alto è COT con 100 N, a seguire CLE con 85,3N, mentre APE è il più basso con 82,3N. Da 0,1s a 0,15s COT ha un breve andamento decrescente per il quale raggiunge a 0,15 i valori di CLE e APE, dopodiché riprende a salire fino a stabilizzare il suo andamento tra 0,25s e 0,3s, mantenendo dei valori superiori a CLE e APE. A 0,75S COT termina con 136,3N, CLE con 115,7N e APE con 101N.

Grafico delle medie della forza resistente del campione femminile:



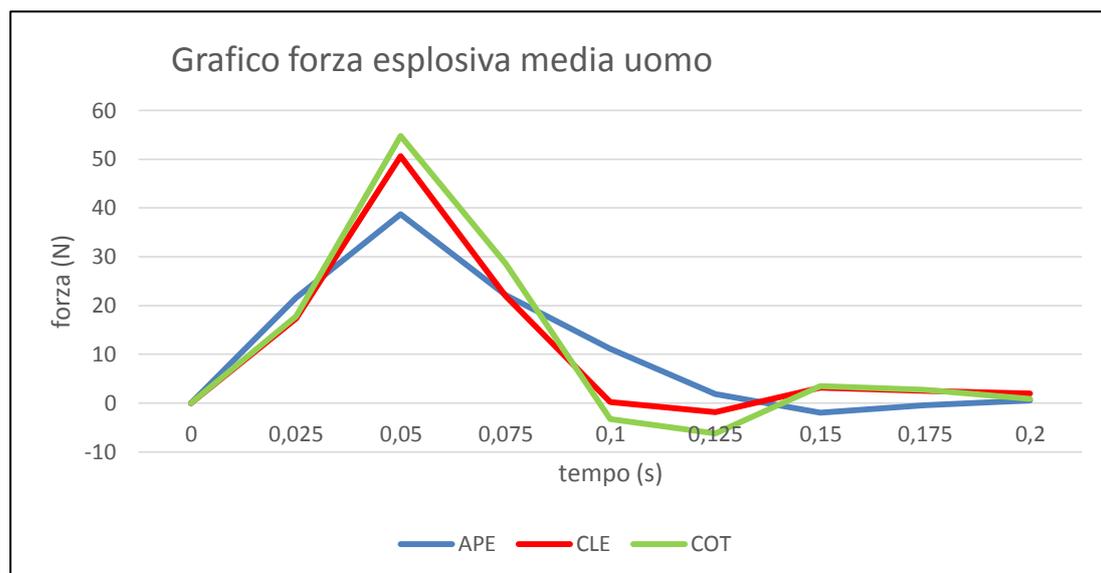
A 0,075s APE è il valore più alto con 67,6N, a seguire CLE con 63N e COT con 61,7N. Da 0,075s CLE decresce debolmente, mentre APE e COT raggiungono valori simili. Da 0,175s COT e APE decrescono lentamente, mentre COT stabilizza il suo andamento.

Grafico delle mediane della forza resistente del campione femminile:



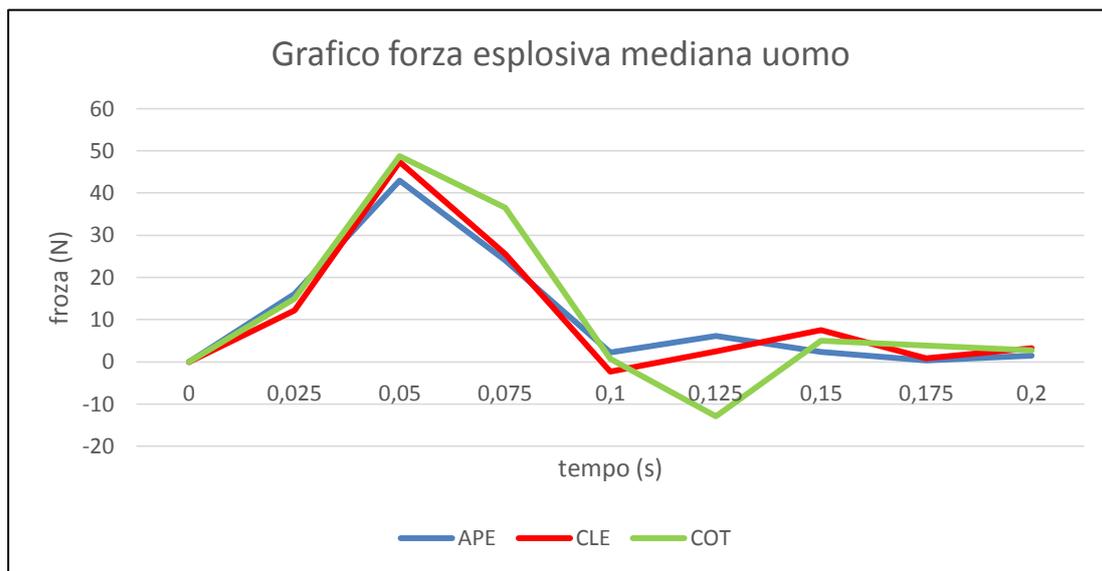
A 0,075s APE è il valore più alto con 65,7N, a seguire CLE con 61,7N e COT con 60,7N. Da 0,275s le code si stabilizzano; COT ha una brusca discesa a livello di 0,65s, fino a raggiungere un valore di 43,1N, per poi tornare a 62,7N a 0,725s.

Grafico delle medie della forza esplosiva del campione maschile:



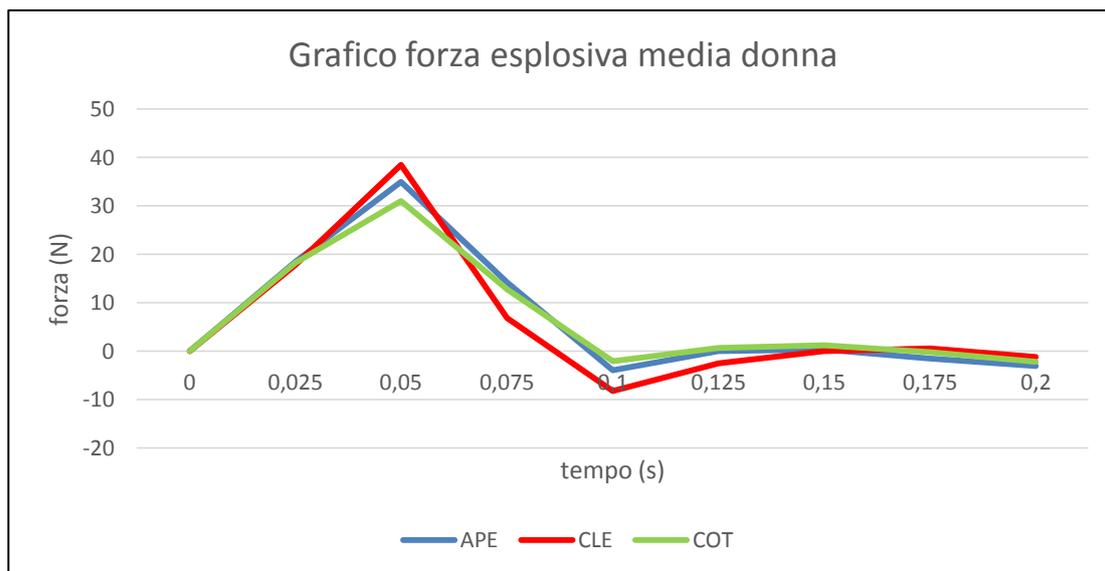
A 0,05s il valore più alto risulta quello di COT, a seguire CLE e il valore più basso è quello di APE, così come a 0,075s. Dopo 0,075s, l'andamento discendente di APE risulta il meno rapido e a 0,075s persiste rispetto a CLE e COT, che continuano con progressione costante.

Grafico delle mediane della forza esplosiva del campione maschile:



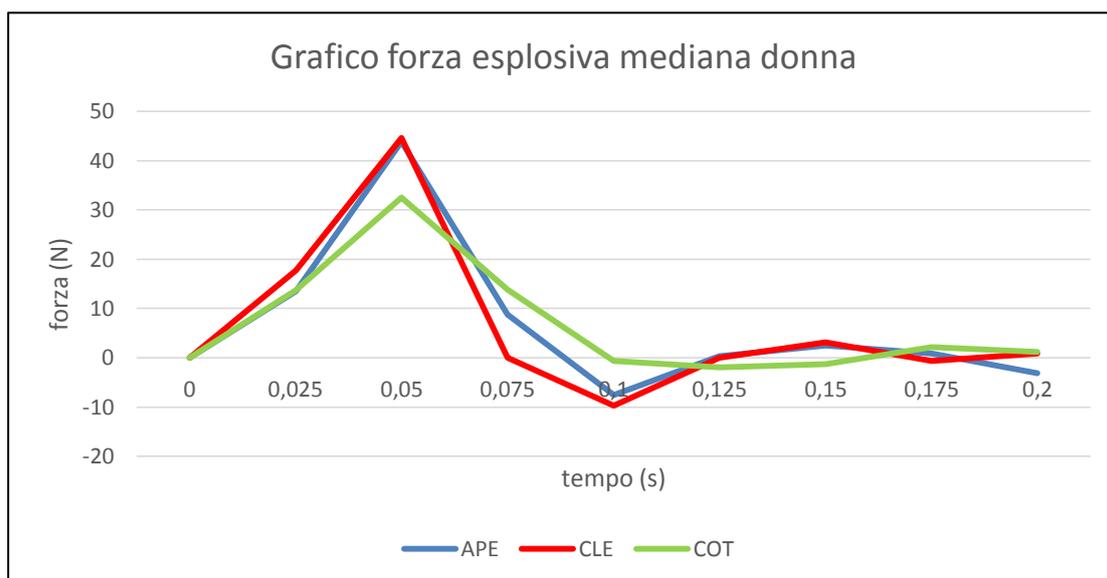
A 0,05s COT è il valore più alto con 48,2 N a seguire CLE con 48N e APE con 43,1N. A 0,075s COT persiste, mentre CLE e APE calano decisamente. Con la mediana, i valori discendenti terminano tutti a 0,1s, dopo continua con progressione costante.

Grafico delle medie della forza esplosiva del campione femminile:



A 0,05s il valore più alto è CLE con 38,2N, a seguire APE con 34,3N e COT con 31,3N. In seguito tutte e tre le code calano vertiginosamente fino a 0,1s, dopo continua con progressione costante.

Grafico delle mediane della forza esplosiva del campione femminile:



A 0,05s CLE e APE raggiungono quasi lo stesso valore (APE con 43,1N e CLE con 44,1N), mentre il valore di COT è 32,3N. I valori si azzerano a 0,075s per CLE, tra 0,075s e 0,1s per APE e 0,1s per COT. Successivamente tutti e tre continuano con progressione costante.

Qui di seguito sono state calcolate, relativamente alla forza resistente e alla forza esplosiva, le percentuali di differenza tra le medie e le mediane del campione maschile e del campione femminile, e il valore di p relativo al **test t di student**, calcolato per valutare se differenze delle matrici di valori, nelle tre condizioni, dipendessero o meno dal caso.

**PERCENTUALI DI DIFFERENZA DEL CAMPIONE MASCHILE (FORZA RESISTENTE):**

- APE e COT = M 116%      p = 0,1      Me 119%      p= 0,004
- APE e CLE = M 97%      p = 0,008      Me 102%      p= 0,008
- CLE e COT = M 119%      p = 0,0005      Me 117%      p = 0,00005

**PERCENTUALI DI DIFFERENZA DEL CAMPIONE FEMMINILE (FORZA RESISTENTE):**

- APE e COT = M 90%      p=0,0000001      Me 90%      p=0,0000008
- APE e CLE = M 91%      p=0,005      Me 91%      p=0,03
- CLE e COT = M 98%      p=0,0003      Me 96%      p=0,0001

**PERCENTUALI DI DIFFERENZA DEL CAMPIONE MASCHILE (FORZA ESPLOSIVA):**

- APE e COT = M 156%      Me 113%
- APE e CLE = M 130%      Me 110%
- CLE e COT = M 108%      Me 103%

**PERCENTUALI DI DIFFERENZA DEL CAMPIONE FEMMINILE (FORZA ESPLOSIVA):**

- APE e COT = M 88%      Me 73%
- APE e CLE = M 110%      Me 101%
- CLE e COT = M 80%      Me 72%

Infine, è stato calcolato l'**indice di correlazione di Bravais-Pearson**:

INDICE DI CORRELAZIONE FORZA RESISTENTE MEDIA UOMO	
APE/COT	0,980929
CLE/COT	0,983789
INDICE DI CORRELAZIONE FORZA RESISTENTE MEDIANA UOMO	
APE/COT	0,965231
CLE/COT	0,968733

INDICE DI CORRELAZIONE FORZA RESISTENTE MEDIA DONNA	
APE/COT	0,841876
CLE/COT	0,805362
INDICE DI CORRELAZIONE FORZA RESISTENTE MEDIANA DONNA	
APE/COT	0,928905
CLE/COT	0,920716

INDICE DI CORRELAZIONE FORZA ESPLOSIVA MEDIA UOMO	
APE/COT	0,91538
CLE/COT	0,940484
INDICE DI CORRELAZIONE FORZA ESPLOSIVA MEDIANA UOMO	
APE/COT	0,91538
CLE/COT	0,940484

INDICE DI CORRELAZIONE FORZA ESPLOSIVA MEDIA DONNA	
APE/COT	0,998525
CLE/COT	0,969586
INDICE DI CORRELAZIONE FORZA ESPLOSIVA MEDIANA DONNA	
APE/COT	0,954454
CLE/COT	0,898185

I valori dei seguenti indici sono risultati essere tutti vicini al valore 1, indicando una altissima correlazione tra le matrici analizzate.

Quando si parla di correlazione bisogna prendere in considerazione due aspetti: il tipo di relazione esistente tra due variabili e la forma della relazione. Per quanto riguarda il tipo di relazione, essa può essere lineare o non lineare.

- La relazione è di tipo **lineare** se, rappresentata su assi cartesiane, si avvicina alla forma di una retta, come nel nostro caso.
- Per quanto riguarda la forma della relazione, si distinguono l'**entità** e la **direzione**. La direzione può essere: positiva, se all'aumentare di una variabile aumenta anche l'altra. La direzione è negativa se all'aumentare di una variabile diminuisce l'altra. Nel nostro caso è positiva, pertanto è direttamente proporzionale.

## DISCUSSIONE E CONCLUSIONE

La statistica delle matrici della forza resistente ed esplosiva ottenute con il variare della variabile occlusale hanno evidenziato la variazione della forza muscolare dei muscoli del braccio.

I valori di p riportati dal **test t di student** sono risultati tutti minori di 0,05 tranne per il valore di p relativo al confronto delle medie maschili della variabile occlusale APE/COT ( $p=0,1$ ); dal confronto delle mediane APE/COT, però, p risulta uguale a 0,004, quindi, statisticamente, la differenza tra matrici risulta comunque non dovuta al caso, suggerendo che il variare della variabile occlusale influisce statisticamente sulla forza muscolare.

Il **confronto percentuale** tra i valori massimi di forza resistente e forza esplosiva, dato dalla comparazione tra le variabili occlusali, ha dato come risultato generale una sostanziale differenza percentuale, suggerendo quindi come ci sia stata, nel test effettuato, un'effettiva differenza di forza muscolare erogata tra le variabili occlusali.

Per quanto riguarda le differenze percentuali relative alla **forza resistente**, nel **campione maschile** i valori della media totale di COT sono risultati percentualmente più alti rispetto ai valori medi totali di APE e CLE (rispettivamente del 16% e del 19% più elevati), mentre APE è percentualmente più elevato di CLE del 3%; anche per quanto riguarda le Mediane totali, c'è una evidente percentuale di differenza generale: COT è più elevata di APE e CLE rispettivamente del 19% e del 17%, mentre CLE è percentualmente più elevato di APE del 2%.

	APE/COT	APE/CLE	CLE/COT
MEDIA	116%	97%	119%
MEDIANA	119%	102%	117%

Per quanto riguarda la **forza esplosiva**, sempre nel **campione maschile**, le percentuali di differenza sono state in generale più elevate: nel confronto tra i valori medi COT supera APE e CLE rispettivamente del 56% e dell'8%, mentre CLE supera APE del 30%. Nel confronto tra le Mediane, COT supera APE e CLE del 13% e del 3%, mentre CLE supera APE del 10%.

	APE/COT	APE/CLE	CLE/COT
MEDIA	156%	130%	108%
MEDIANA	113%	110%	103%

Nel **campione femminile** si assistono a delle percentuali diverse, tutte a sfavore della variabile COT: nella **forza resistente**, per quanto riguarda il confronto dei valori medi, COT è inferiore ad APE e CLE del 10% e del 2%, e CLE è inferiore ad APE del 9%. Nel confronto tra le Mediane le percentuali sono le stesse ad eccezione di CLE/COT, dove COT è inferiore a CLE del 4%.

	APE/COT	APE/CLE	CLE/COT
MEDIA	90%	91%	98%
MEDIANA	90%	91%	96%

Per quanto riguarda la **forza esplosiva**, invece, il confronto delle Medie mostra come COT sia inferiore ad APE e CLE rispettivamente del 12% e del 20%, e CLE sia superiore ad APE del 10%. Per quanto riguarda il confronto tra le Mediane, COT è inferiore ad APE e CLE rispettivamente del 27% e del 28%, mentre CLE supera APE dell'1%.

	APE/COT	APE/CLE	CLE/COT
MEDIA	88%	110%	80%
MEDIANA	73%	101%	72%

Nel complesso, tutte le differenze percentuali riscontrate testimoniano l'esistenza di una effettiva differenza tra le variabili occlusali in termini di forza muscolare erogata.

È interessante però notare come, a differenza del campione maschile, il campione femminile non abbia reagito al test dando una risposta positiva con la variabile COT. In riferimento al calcolo delle differenze percentuali infatti si nota come la variabile COT determini i risultati percentualmente più bassi rispetto alle altre due variabili. Mentre nel campione femminile COT risulta la variabile percentualmente più penalizzante, sia nella forza resistente che nella forza esplosiva, nel campione maschile è la condizione inocclusale (APE) a risultare la variabile con la peggior risposta, fatta eccezione per il confronto tra i valori medi delle variabili APE/CLE nella forza resistente.

**Il test di Bravais - Pearson, invece,** ha messo in chiaro che le relazioni tra le tre variabili occlusali sono fortemente correlate e direttamente proporzionali; i valori relativi agli indici di correlazione infatti risultano tutti vicini al valore 1: questo significa che c'è una forte correlazione statistica direttamente proporzionale tra le matrici correlate.

Riteniamo che i risultati ottenuti dal test diano come risultato l'evidenza statistica che il variare della variabile occlusale influenza la forza muscolare.

Il risultato di questo studio su persone allenate mette in luce come le variabili dell'occlusione influenzano la forza resistente e la forza esplosiva sia in forma positiva (aumento della forza muscolare) che in forma negativa (diminuzione della forza muscolare), come si è osservato nel campione femminile (vedi confronto differenze percentuali e i grafici del campione femminile).

Questo dipende dalla variabile occlusale: generare un'occlusione ottimale garantisce l'aumento della forza, ma se è presente una malocclusione, al contrario, si assiste alla sua diminuzione.

L'utilizzo dei rulli salivari tra le due arcate dentarie a livello dei premolari e molari è stato concepito per normalizzare l'occlusione; tuttavia, questo utilizzo può determinare una risposta peggiore di quella data in condizione inocclusale e occlusale senza cotone, come si può osservare nei grafici della forza del campione femminile e nel confronto percentuale APE/COT e CLE/COT. A tal proposito, alcune soggette testimoniavano di non gradire la sensazione data dai rulli in bocca durante l'occlusione forzata: si potrebbe dunque supporre che il risultato negativo della variabile COT nel campione femminile sia dovuto a questo aspetto, e si può ipotizzare che, probabilmente, se le soggette non avessero provato questa sgradevole sensazione al momento del test, probabilmente avrebbero dato dei risultati migliori, come si vede per il campione maschile.

La **suddivisione per sesso** del campione è stata concepita per valutare se in entrambi i casi al variare della variabile occlusale si assiste al variare della forza muscolare erogata.

Alla fine del test, data l'analisi dei risultati, si può affermare che in entrambi i campioni si è manifestata la variazione della forza muscolare in relazione alla variabile occlusale.

Dal punto di vista clinico, l'oggetto di questa tesi è senz'altro un argomento importante, sul quale si potrà indagare meglio in futuro e che senza dubbio darà la possibilità di garantire, soprattutto in ambito sportivo, enormi vantaggi, non solamente legati al miglioramento delle prestazioni, ma anche alla non sottovalutabile prevenzione agli infortuni.

Un vantaggio relativo allo studio di questo tipo di relazione è, come affermato precedentemente, il miglioramento della prestazione sportiva. Un atleta in grado di generare non solo più forza, ma

anche più potenza, come riportato negli articoli precedentemente citati, è senza dubbio in grado di raggiungere risultati sportivi più che soddisfacenti.

Un altro vantaggio rappresenta quindi la prevenzione degli infortuni: è riconosciuto quanto possa essere invalidante un infortunio nello sport ad alti livelli; di conseguenza, anche solo garantire maggior stabilità ad un'articolazione limita senz'altro il rischio che questa subisca infortuni.

Il motivo per il quale, nel nostro caso, si possono prevenire problematiche di questo tipo è presto detto: dal test abbiamo capito che agendo sull'occlusione in maniera adeguata si può ottenere un aumento della forza muscolare; nella stabilizzazione di una articolazione, i muscoli che la avvolgono agiscono come dei tiranti: più saldi sono questi tiranti, più la struttura sorretta è stabile. Un'articolazione, quindi, se è stabilizzata da muscoli capaci di generare un buon grado di tensione nel momento in cui essa è sollecitata, è più solida e meno soggetta a movimenti passivi che non rispettano la sua meccanica, e che minacciano di generare lesioni a livello della stessa.

Ciò che non è stato osservato sono variazioni di tempo nelle risposte muscolari: la differenza tra variabili presa in esame mostra la generazione di maggior forza muscolare, mentre non avviene nessuna modificazione per quanto riguarda gli intervalli di tempo nei quali si sviluppa la contrazione: dove la contrazione muscolare raggiunge valori maggiori nella stessa unità di tempo, ad esempio, il periodo di tempo nel quale si manifesta l'apice della forza esplosiva (0,050s) è comune a entrambi i campioni e in tutte e tre le variabili.

Riassumendo, nonostante la variazione della forza muscolare tra variabili sia stata evidente in entrambi i campioni, non c'è stata coerenza nei risultati tra maschi e femmine. Probabilmente era necessario scegliere dei campioni più numerosi, oppure fare in modo che tutti i soggetti fossero a loro agio mentre avevano i cottoni in bocca.

Ad ogni modo, l'esperienza data da questo test ci suggerisce che non basta un generico Bite o paradenti per migliorare la prestazione, ma è indispensabile che ogni soggetto abbia un proprio bite personalizzato ed equilibrato occlusamente.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. F. H. Martini, M. J. Timmons, R. B. Tallitsch “Anatomia Umana”, quinta edizione, casa editrice EdiSES 2016
2. H. Gelb, N. R. Mehta, A. G. Forgione, articolo “The Relationship Between Jaw Posture and Muscular Strength in Sports Dentistry: A Reappraisal”, pubblicato in “The Journal of Craniomandibular Practice”, 1996
3. P. Malpezzi, S. Uliari, J. Mayers, M. Spiridonova, G. Grossi, F. Terranova, G. Collini, L. Amabile, E. Bernardi, G. Mazzoni, F. Conconi, G. Grazi, articolo “Influence of a Custom-Made Maxillary Mouthguard on Gas Exchange Parameters During Incremental Exercise in Amateur Road Cyclists”, pubblicato in “The Journal of Strength and Conditioning Research”, 2015
4. G. Biolo, P. Malpezzi, articolo “Effect of Cervical Stabilization Using Malpezzi Parabite in a Professional Football Player”, presentato al *XXVI International Conference on Sports Rehabilitation and Traumatology*, 2017
5. F. Salvio, articolo “I tanti infortuni in serie A sono solo colpa del caso?” pubblicato in “SportWeek”, 2017
6. B. F. de Salles, R. Simão, F. Miranda, S. Jda Novaes, A. Lemos, J. M. Willardson, articolo “Rest interval between sets in interval training”, pubblicato in “Sports Medicine”, 2009 (PubMed)
7. Y. Sasaki, T. Ueno, H. Taniguchi, T. Ohama, articolo “Effect of teeth clenching on isometric and isokinetic strength of ankle plantar flexion” pubblicato in “Journal of Medical and Dental Sciences”, 1998 (PubMed)
8. A. M. Chakfa, N. R. Mheta, A. G. Forgione, E. A. Al-Badawi, S.L. Lobo, K. H. Zawawi, articolo “The effect of stepwise increases in vertical dimension of occlusion on isometric strength of cervical flexors and deltoid muscles in nonsymptomatic females” pubblicato in “Cranio: the Journal of Craniomandibular Practice”, 2002 (PubMed)
9. A. Patti, A. Bianco, G. Messina, A. Paoli, M. Bellafiore, G. Battaglia, A. Iovane, M. Traina, A. Palma, articolo “The influence of the stomatognathic system on explosive strength: a pilot study”, pubblicato in “Journal of Physical Therapy Science”, 2016 (PubMed)
10. Appunti delle lezioni di “Fisiologia”, facoltà di Scienze Motorie di Ferrara, A. S. 2015-2016
11. Appunti delle lezioni di “Psicobiologia”, facoltà di Scienze Motorie di Ferrara, A. S. 2015-2016
12. Appunti delle lezioni di “Analisi dei dati”, facoltà di Scienze Motorie di Ferrara, A. S. 2014-2015
13. O. M. Esquerdo, “Enciclopedia degli Esercizi di Muscolazione”, Erika editrice, 2011

## **SITOGRAFIA**

14. <https://www.dentalnext.ch/occlusione-postura-e-performance-sportiva-1/>
15. <http://www.malpezziamabile.it/dispositivi-intraorali/parabite-malpezzi/>
16. <https://freesmile.com/anatomia-della-bocca/anatomia-dei-denti/>
17. <http://it.anthropotomy.com/muscoli/muscoli-della-testa/muscoli-masticatori>
18. <http://www.aifimm.it/correlazione-tra-alterazioni-posturali-e-problemi-di-occlusione-dentale/>
19. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1678-77572005000400018](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-77572005000400018)

## **RINGRAZIAMENTI:**

Ringrazio il professor Marco Fogli, il quale, durante il periodo di tesi, è stato per me esempio di professionalità e disponibilità, qualità del professore che ho da subito potuto apprezzare durante la mia carriera universitaria, frequentando il suo corso “Il Laureato in Scienze Motorie nel Recupero delle Lesioni Muscolo-Scheletriche”;

Sento il dovere di esprimere profonda gratitudine nei confronti del dottor Piero Malpezzi, mio correlatore, per l’infinita disponibilità che mi ha offerto ma soprattutto per l’entusiasmo che mi ha saputo trasmettere in merito a questo oggetto di studio; lo ringrazio, perché in lui ho visto cos’è la passione per il proprio lavoro e il piacere della scoperta e della conoscenza. Perciò, dei suoi insegnamenti terrò un meraviglioso ricordo per tutta la vita;

Ringrazio i ragazzi della sala pesi Nuovo Body Club di Ferrara: grazie a tutti gli istruttori, specialmente il mio tutor Stefano, che mi hanno insegnato tanto durante il mio periodo di tirocinio e che mi hanno concesso la possibilità di eseguire il mio test all’interno della loro struttura;

Un grazie a coloro senza i quali questo test non si sarebbe potuto fare, i soggetti del mio lavoro: Emanuele, Marcella, Celia, Francesca, Stefano, Linda, Abdu, Giusy, Leila, Alessandro, Desireè, Edoardo, Tommaso, Enrico, Guglielmo, Cristiano e Nicolò;

Ringrazio i professori Roberto Roveri, Chiara Fergnani, Marinella Fabbri, Giovanni Grazi, Stefano Chinaglia, e anche la dottoressa Elisa Bronzin, il dottor Riccardo Breda e la dottoressa Elisa Susana, che mi hanno gentilmente aiutato e consigliato durante le mie ricerche;

Ringrazio il pugile dottor Alessandro Caccia per la sua gentilezza e per i suoi preziosi consigli;

Vorrei soprattutto ringraziare tutti i miei parenti, in particolare i miei genitori, perché mi sono sempre stati accanto e non mi hanno mai fatto mancare il loro sostegno e il loro aiuto durante tutti questi anni;

Ringrazio Nicolò che, oltre a sostenermi nei momenti più difficili, mi sopporta quotidianamente, e la mamma Manuela, gli zii Maria Grazia, Silvana e Filippo, per la bontà e l’amore che dimostrano sempre nei miei confronti.