



**Università
degli Studi
di Ferrara**

DIPARTIMENTO DI NEUROSCIENZE E RIABILITAZIONE

*Corso di Laurea Magistrale in
Scienze e Tecniche dell'Attività Motoria Preventiva e Adattata*

Tesi di Laurea in
Interazione fra occlusioni dentali e capacità di esercizio fisico negli Atleti

**STUDIO SPERIMENTALE SULL'IMPATTO DELLE VARIABILI OCCLUSALI NELLA DINAMICA
DELLO SQUAT: COME GLI ADATTAMENTI POSTURALI NE CAMBIANO L'ESECUZIONE**

RELATORE

Chia. mo prof.

Piero Malpezzi

CORRELATORE

Chia. mo prof.

Lorenzo Caruso

LAUREANDO

Solarino Fabio

Matricola 143749

INDICE

INTRODUZIONE	Pag. 3
CAPITOLO 1: LA POSTURA	Pag. 4
1.1 LA POSTURA IN EQUILIBRIO STATICO E DINAMICO	Pag. 4
1.2 IL CONTROLLO DELLA POSTURA	Pag. 5
1.3 AGGIUSTAMENTI POSTURALI E STIMOLI ESTERNI	Pag. 5
1.4 POSTURA E OCCLUSIONI DENTALI	Pag. 8
CAPITOLO 2: ANATOMIA DELL'APPARATO STOMATOGNATICO	Pag. 10
2.1 L'ARTICOLAZIONE TEMPORO-MANDIBOLARE	Pag. 13
CAPITOLO 3: LO SQUAT	Pag. 15
3.1 ARTICOLAZIONI COINVOLTE	Pag. 16
3.2 COME EFFETTUARE LO SQUAT IN MODO CORRETTO	Pag. 16
CAPITOLO 4: METODI E STRUMENTI UTILIZZATI	Pag. 17
4.1 I TEST EFFETTUATI	Pag. 17
4.2 L'ELETTROMIOGRAFIA DI SUPERFICIE	Pag. 18
4.3 LA SCANNERIZZAZIONE INTRAORALE 3D	Pag. 19
4.4 L'ESECUZIONE DEGLI SQUAT E LE VARIABILI OCCLUSALI	Pag. 21
4.5 LA SCELTA DELL'AMBIENTE LAVORATIVO	Pag. 24
4.6 GLI OBIETTIVI DELLO STUDIO	Pag. 24
CAPITOLO 5: ANALISI DEI DATI OTTENUTI	Pag. 25
CAPITOLO 6: I RISULTATI	Pag. 51
CAPITOLO 7: CONCLUSIONI E CONSIDERAZIONI PERSONALI	Pag. 53
RINGRAZIAMENTI	Pag. 55
BIBLIOGRAFIA	Pag. 57
SITOGRAFIA	Pag. 57

INTRODUZIONE

Recentemente, riguardo il benessere e la salute del nostro corpo, sono incrementati gli studi sull'interazione tra la postura corporea e le occlusioni dentali, suscitando l'interesse dei professionisti del settore nel comprendere meglio come l'una incida sull'altra e viceversa. La postura è un fattore che influenza non solo la qualità della vita di tutti i giorni, ma anche la performance atletica in atleti professionisti e non. L'occlusione dentale è, invece, il modo in cui l'arcata dentale superiore e l'arcata dentale inferiore s'impattano durante la chiusura della bocca; questa risulta fondamentale sia per le attività meccaniche come la masticazione che per il loro coinvolgimento nella stabilizzazione del capo durante le accelerazioni positive e nelle successive variazioni posturali. Nella presente tesi sperimentale, sono due gli obiettivi principali che si vogliono raggiungere:

1. Come le diverse varianti occlusali (normo e mal occlusione) possano modificare la biomeccanica muscolare della mandibola ed esercitare un impatto positivo o negativo sulla catena mio-fasciale (LPF DI T. Myers) e sulla colonna vertebrale durante l'esecuzione di uno squat dinamico;
2. Dopo aver effettuato l'analisi dello squat, qualora dovesse presentarsi una mal occlusione, capire come intervenire e quale consiglio dare al paziente per ottenere dei miglioramenti progressivi sia dal punto di vista occlusale che posturale.

Lo studio mira a far comprendere quanto determinate varianti occlusali, messe in atto durante l'esercizio fisico, possano avere un impatto a livello posturale, oltre che analizzarne le differenze.

L'idea nasce insieme al Prof. Piero Malpezzi che, con la sua materia e il suo corso a scelta sull'argomento in questione, mi ha spinto ad intraprendere un percorso di tesi sperimentale con lui e uno studio in grado di trarre delle conclusioni valide al fine di migliorare la ricerca sul campo di questa relazione tra due mondi apparentemente lontani, dimostrando quanto in realtà ci sia un importante legame. Per fare questo, ci siamo serviti di un campione di 26 soggetti: 12 di sesso femminile e 14 di sesso maschile; l'età media del campione è risultata di $25,1 \pm 3,7$ per i soggetti femminili e di $28,5 \pm 3,9$. I soggetti sono stati sottoposti all'esecuzione di squat dinamici, in condizioni ambientali isolate da stimoli esterni che potessero influenzarne l'esecuzione e in tre varianti occlusali:

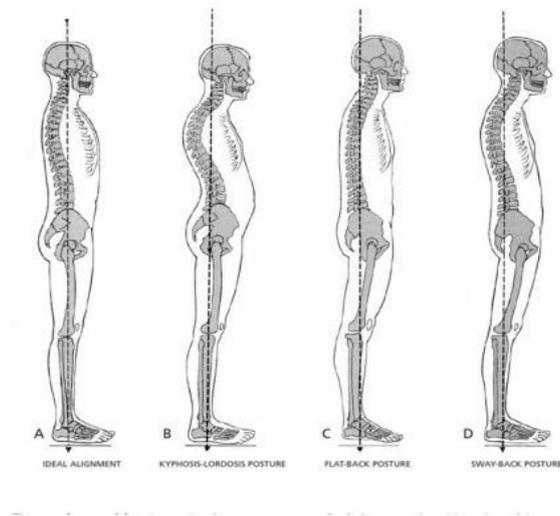
- A bocca aperta (inocclusale)
- A denti stretti, in completa occlusione (massimo serramento volontario)

- Con dei rulli salivari di cotone stretti tra i denti (massimo serramento volontario)

CAPITOLO 1. LA POSTURA

La postura rappresenta la posizione assunta dalle varie parti del corpo le une rispetto alle altre, rispetto all'ambiente circostante e al sistema di riferimento del campo gravitazionale.

La postura in equilibrio ideale (postura standard) è quella che consente la massima efficacia del gesto in assenza di dolore e nella massima economia energetica: tutte le forze che agiscono sul corpo sono bilanciate e, quindi, rimane nella posizione di equilibrio statico oppure è in grado di eseguire in equilibrio dinamico, un movimento finalizzato.



Naturalmente la postura corporea è determinata da tanti fattori, tra cui il posizionamento della testa, l'allineamento di gambe e piedi. Inoltre, qualsiasi variazione nell'angolazione delle articolazioni che sostengono il peso corporeo (colonna vertebrale, anca, ginocchio, caviglia) causa uno spostamento del peso, provocando di conseguenza un eguale e opposto spostamento in un'altra articolazione per mantenere in linea il corpo. (12)

1.1 LA POSTURA IN EQUILIBRIO STATICO E DINAMICO

La posizione stabile eretta è garantita da un equilibrio statico che si realizza grazie al sistema mio-fasciale. Le forze muscolari agiscono sulle fasce connettivali e correggono ogni spostamento dal centro di gravità corporeo e recuperano la stazione eretta qualora essa venga persa.

Invece, la capacità di stabilizzare le varie parti del corpo per permettere il movimento di altre, assicura l'esecuzione del movimento finalizzato in equilibrio dinamico. Il controllo dinamico della postura è essenziale per un qualsiasi atto motorio volontario, come nel caso dell'esecuzione dello squat dinamico. L'esecuzione di un atto motorio con intensità e complessità anche minima, esiterebbe nella perdita di equilibrio se non fosse accompagnato da una serie di movimenti che sono volti a controbilanciare gli effetti dell'atto motorio stesso sulla postura. (9)

Ogni atto motorio, quindi, comporta l'azione di molti muscoli verso il comune obiettivo del mantenimento dell'equilibrio e, per l'esecuzione di ognuno di esso, i sistemi motori devono tener conto della distribuzione della massa corporea. (7)

1.2 IL CONTROLLO DELLA POSTURA

Il controllo posturale ha lo scopo di orientare le diverse parti del corpo le une rispetto alle altre e rispetto al mondo esterno senza che venga persa la stabilità posturale. La postura deve perciò essere controllata sia quando il corpo non si muove (equilibrio statico) sia quando vengono eseguiti dei movimenti (equilibrio dinamico), inoltre, gli aggiustamenti posturali necessitano di meccanismi anticipatori e compensatori. Il sistema posturale viene considerato un sistema complesso aperto. Il controllo neurologico della postura si sviluppa schematicamente in tre fasi:

- Fase di acquisizione, in cui i rettori periferici informano costantemente i centri superiori sullo stato osteo-mio-fascio-articolare e sull' ambiente circostante;
- Fase d'integrazione delle informazioni a livello del SNC;
- Fase effettrice che determina la risposta del sistema nervoso agli stimoli ricevuti.

Ha quindi un ruolo fondamentale per il mantenimento della stabilità posturale l'attività riflessa, dove per riflessa si intende una risposta motoria coordinata ed involontaria (cellule inibitorie di Renshaw), di tipo muscolare o ghiandolare, evocata da stimoli applicati ai recettori periferici.

Importanti nel controllo della postura sono anche le afferenze spinali, inviando informazioni ai centri sovraspinali, alle stazioni intermedie del tronco encefalico, al sistema vestibolare e a quello cerebellare.

1.3 AGGIUSTAMENTI POSTURALI E STIMOLI ESTERNI

La postura, in relazione agli stimoli ambientali esterni e interni, prevede una complessa interazione tra i vari segmenti spaziali, compreso il cranio e le reazioni vincolari. Queste reazioni rappresentano l'insieme delle forze che agiscono sul corpo limitandone il moto, come avviene nella verticalizzazione

del rachide, nel cammino (per la reazione suolo-piede) e nel serramento occlusale (per la stabilizzazione del capo nelle accelerazioni positive) (1). L'interazione tra le varie componenti è funzionale, globale e sempre adeguata all'ambiente, conferendo alla postura una capacità adattativa. Questo fenomeno sinergico della postura avviene attraverso l'integrazione per vie riflesse, sottocorticali o corticali tra le afferenze visive, oto-vestibolo-occlusali, propriocettive (artromuscolo-tendineo-legamentoso-fasciali), esterocettive (cutanee) ed enterocettive (sistema viscerale) e le afferenze motorie che si realizzano per mezzo dei motoneuroni di moto di tipo α permettendo l'adattamento strategico dell'equilibrio corporeo, statico e dinamico, più consono alla situazione in essere. (8)

Gli aggiustamenti della postura, a conseguenza di un atto motorio, sono il risultato di informazioni provenienti da diversi tipi di recettori sensoriali che consentono al sistema motorio di generare risposte:

Anticipatorie:

- Elaborazioni a *feed forward*: meccanismi che generano risposte pre-programmate, in grado di contribuire al mantenimento della stabilità e, modificati dall'esperienza, aumentano l'efficacia con l'esercizio; il comando centrale relativo a un movimento volontario si associa con un comando simultaneo a feed-forward il quale anticipa una perturbazione posturale attesa.

Compensatorie automatiche (perturbazione inattesa):

- Elaborazioni a *feed-back*: meccanismi estremamente rapidi, dotati di intensità adeguata al raggiungimento dello scopo e di un'organizzazione spazio-temporale relativamente stereotipata e perfezionati dall'esercizio e dall'apprendimento.

I principali recettori sensoriali a indurre questi cambiamenti posturali sono i propriocettivi, i cutanei, i vestibolari, i visivi, gli occlusali e quelli dell'A.T.M. (articolazione temporo-mandibolare).

1. I **propriocettori** sono meccanocettori locati nei muscoli e nei tendini, sensibili al grado di allungamento (fusi neuromuscolari) o di tensione delle strutture in cui si trovano (organi tendinei del Golgi). Sono inoltre disposti anche nelle articolazioni, sensibili al grado di flessione-estensione (capsule articolari). I propriocettori più comuni sono quelli per lo stiramento, detti fusi neuromuscolari, strutture di forma allungata sparse tra le fibre extrafusali del

muscolo, orientate parallelamente ad esse. Con la loro attività sono in grado di captare lo stato di allungamento dei muscoli e inviare le informazioni raccolte al midollo e all'encefalo. L'attività dei fusi ha quindi una funzione fondamentale sia per la prevenzione di infortuni legati appunto ad un eccessivo allungamento muscolare, sia per il mantenimento del tono muscolare e l'esecuzione di movimenti in maniera controllata. Gli organi tendinei del Golgi situati a livello della giunzione muscolo-tendine, sono coinvolti nella genesi del riflesso miotatico inverso: quando i muscoli sono contratti, soprattutto se in maniera isometrica, gli organi del Golgi rilevano il grado di tensione sviluppato innescando un riflesso che porta al riscaldamento muscolare. Questo processo protegge le fibre dai danni da eccessiva contrazione.

2. I **recettori cutanei o esterocettori** sono terminazioni di fibre sensitive che terminano nel derma o nel sottocutaneo. Questi recettori inviano continuamente, tramite i cordoni laterali della sostanza bianca del midollo spinali, informazioni sullo stato di tensione dei muscoli, dei legamenti e delle capsule articolari. In base alle sensazioni ricevute i centri nervosi inviano poi ai muscoli stimoli per apportare le correzioni del caso sia in statica che in dinamica. Ad esempio, quando una persona si trova in piedi, i recettori cutanei della pianta dei piedi forniscono informazioni sulla pressione esercitata sulla superficie, aiutando il cervello a regolare la distribuzione del peso corporeo per mantenere l'equilibrio. Questo è il sistema che regola la postura. Questi recettori inviano milioni di flussi informativi al sistema sottocorticale per informarlo della posizione del corpo nello spazio. In un'atleta, una propriocezione fine induce ad un grande risparmio energetico dato dalla precisione di movimento che non ha bisogno di faticosi aggiustamenti. Il corretto funzionamento dei recettori cutanei è cruciale per un'efficace risposta del corpo all'esercizio fisico, garantendo la sicurezza, la termoregolazione e una consapevolezza adeguata durante l'attività fisica.
3. L'**apparato vestibolare** è il meccanismo più tardivo ad entrare in azione perché ha una soglia di attivazione più elevata. Situato in profondità nell'osso temporale, dietro l'orecchio interno, è predisposto per rispondere al meglio ad accelerazioni rapide e di breve durata mentre si lascia facilmente ingannare da accelerazioni lunghe. Anche informazioni contrastanti con quelle derivanti dalla percezione visiva possono essere causa di disagi, come ad esempio il mal di mare o la vertigine. Alcune alterazioni posturali, propriocettive muscolari ed esterocettive podaliche e occlusali (1), possono provocare problemi di equilibrio oltre che cefalee. Oramai è un dato di fatto che la muscolatura cervicale possa

condizionare l'equilibrio e la postura. Spesso pazienti con disfunzioni del sistema cranio-mandibolo-vertebrale presentano infatti problemi di equilibrio. Le ossa temporali, infatti, costituiscono il supporto osseo degli organi vestibolari; un ipertono dei muscoli masticatori (massetere e ventre posteriore del digastrico) e sternocleidomastoidei possono contribuire a una controrotazione delle ossa stesse e quindi degli organi vestibolari tale che le informazioni posturali trasmesse diventano incomprensibili al sistema dell'equilibrio a causa della loro non coordinazione.

1.4 POSTURA E OCCLUSIONI DENTALI

Per anni il legame meccanico ed energetico tra denti, malocclusione e postura è stato sottovalutato. La postura è influenzata da molti fattori e l'occlusione dentale sembra avere il suo ruolo sulla stabilizzazione posturale (3). Oggi, questa relazione intrinseca è stata più o meno accettata grazie alla dimostrabilità attraverso strumenti specifici come pedane baropodometriche e stabilometriche. Ricerche scientifiche hanno dimostrato come partendo dalla creazione artificiale di precontatti dei denti e valutandone la variazione di pressione, il corpo sia stato in grado di mettere in atto dei sistemi di difesa e di antalgismo, modificando completamente l'assetto posturale, portando ovviamente a delle conseguenze.

L'osso ioide è un osso sesamoide situato nella parte anteriore del collo, appena sotto la mandibola. È un importante ripartitore di forze tra la mandibola, la testa e il collo, ed è collegato al processo stiloideo dell'osso temporale tramite il legamento stiloioideo, oltre ad essere anatomicamente e funzionalmente legato alla lingua. È invece considerato come **punto di riferimento corporeo il manubrio dello sterno** (1), precisamente situato sulla L.P.F. (linea profonda frontale) anteriore (9). In questo punto dello sterno si innestano i muscoli sottoioidei e indirettamente i sopraioidei, i muscoli masseteri, i muscoli temporali e pterigoidei interni ed esterni, tutti muscoli che stabilizzano il capo. Lo spostamento, seppur lieve, della mandibola comporta una variazione della tensione delle catene mio-fasciali che regolano la postura statica del corpo e l'equilibrio. Possono pertanto verificarsi la variazione dell'inclinazione del bacino oppure il disallineamento delle spalle. Anche la mancanza di un dente può generare mal-occlusione e portare a sintomi importanti; quali portare la lingua ad assumere una posizione anomala. Ciò causa difficoltà nella deglutizione, tensione sotto al mento e di conseguenza alterazioni posturali. (10)

Un'altra causa di squilibri posturali è sicuramente la disfunzione dell'ATM (articolazione-temporo-mandibolare). È la disarmonia delle componenti stomatognatiche ad eziologia multifattoriale, che può provocare adattamenti di alcune parti del corpo, soprattutto a livello del rachide cervicale e dorsale alto, modificando la struttura sotto stress e provocando dolore e sconforto. (13)

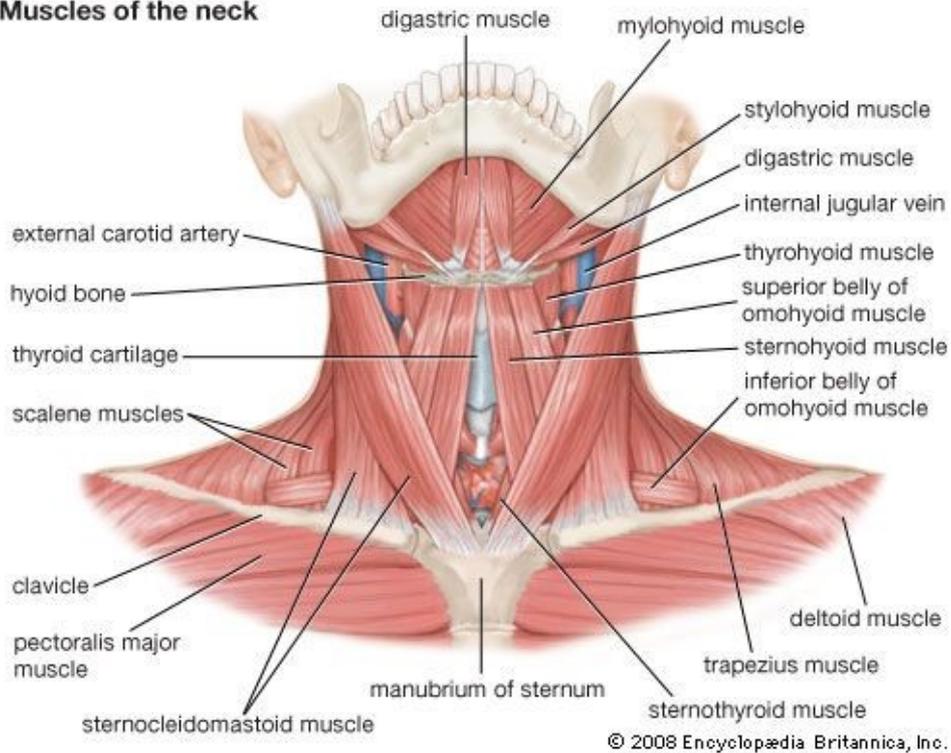
Alla base dell'utilizzo in questo studio dei cotonei per l'esecuzione dei test somministrati, c'è un argomento di dibattito nella comunità scientifica, dove è anche nostro compito cercare di trovare delle evidenze utili per la ricerca futura. Nella variazione dell'occlusione dentale, l'uso di cotonei posti tra le due arcate dentarie, può influenzare la postura attraverso il sistema stomatognatico e il suo legame con il sistema nervoso centrale. Questo fenomeno è spesso associato alla teoria dell'occlusione neuro-muscolare, che suggerisce che le relazioni tra i denti, la mandibola e i muscoli della testa e del collo possono influenzare la postura corporea. Tuttavia, è importante notare che questa teoria è ancora oggetto di dibattito nella comunità scientifica. Tra le possibili spiegazioni, gli studi indicano che le variazioni nell'occlusione potrebbero influenzare i muscoli della mandibola, del collo, della testa, che a loro volta possono avere effetti sulla postura corporea. Questa relazione viene descritta spesso come una catena mio-fasciale posturale, dove le variazioni nella regione cranio-mandibolare possono influenzare la postura del corpo. L'occlusione dentale è associata a numerosi recettori nervosi, e i cambiamenti nella stimolazione di questi recettori possono condizionare il feedback neurologico al sistema nervoso centrale. Questo feedback, a sua volta, può incidere sulla postura. Gli adattamenti continui del corpo umano alle condizioni ambientali e interne possono portare il corpo, nel momento in cui subisce una variazione dell'occlusione, a ricercare un equilibrio posturale ottimale in risposta ai cambiamenti nella dinamica cranio-mandibolare. Per di più alcune ricerche scientifiche suggeriscono un coinvolgimento da parte del sistema nervoso autonomo, che regola le funzioni automatiche del corpo in cui è compresa la postura.

CAPITOLO 2. ANATOMIA DEL SISTEMA STOMATOGNATICO

L'apparato stomatognatico o masticatorio è un sistema anatomico e funzionale altamente complesso, che coinvolge diverse strutture nella regione della testa e del collo. Tra le principali strutture coinvolte ci sono:

- **I Denti:** sono le strutture le strutture anatomiche più importanti del sistema stomatognatico, responsabili della masticazione e triturazione del cibo. Tutti i denti della nostra bocca, siano essi incisivi, canini, premolari o molari sono costituiti dalla corona, che è la porzione visibile del dente e dalla radice che, al contrario, è alloggiata nell'osso alveolare tramite il legamento alveolo-dentale. Vi è poi la zona di passaggio tra corona e radice che viene denominata colletto. Sono inoltre costituiti da diversi tessuti, ognuno con caratteristiche e funzioni specifiche; possiamo differenziare lo **Smalto**, strato più esterno del dente, non innervato e tessuto più duro del corpo umano perché mineralizzato al 98%, **la Dentina**, strato posto sotto lo smalto, di consistenza più tenera e contenente i prolungamenti del nervo, infine nella parte centrale del dente c'è la **Polpa camerale e radicolare**. Nella polpa dentale troviamo il **nervo** e i vasi, arteriole e venule, che hanno il compito di portare nutrienti ai tessuti endodontici. (11)
- **La lingua:** formata da 22 muscoli intrinseci ed estrinseci, è un organo mobile situato nella parte inferiore della bocca. Essendo costituita da **muscoli striati**, ha una notevole mobilità volontaria e può modificare la sua forma per effetto della contrazione dei diversi muscoli che la costituiscono. Essa contribuisce alla prensione, alla masticazione, al mescolamento del cibo con la saliva e alla deglutizione; concorre inoltre all'articolazione delle parole ed è dotata di una fine sensibilità tattile, oltre a essere la sede dell'organo del gusto. Il palato, porzione superiore, separa le cavità nasali dalla bocca. (19)
- **Muscoli e Articolazioni:** sono i responsabili del movimento delle strutture del sistema stomatognatico. Le articolazioni temporo-mandibolari sono invece le articolazioni che connettono la mascella inferiore all'osso temporale del cranio. I muscoli masticatori sono situati nella regione cranio-facciale e sono costituiti dai seguenti cinque muscoli: il massetere, il temporale, lo pterigoideo interno, lo pterigoideo esterno.

Muscles of the neck



Ogni muscolo dell'apparato stomatognatico ha delle caratteristiche ben precise e permette di svolgere determinati movimenti:

- Il **muscolo temporale** è un muscolo a forma di ventaglio, con fibre orizzontali, verticali e oblique. Origina dalla fossa temporale e la sua inserzione è a livello del processo coronoide della mandibola. La sua azione è quella di elevare la mandibola, è un retrusore nel ciclo masticatorio di chiusura e detensione l'A.T.M. dai sovraccarichi masticatori. Inoltre, è protrusivo nella fonazione. (1)
- Il **muscolo massetere** è considerato il più forte dei muscoli masticatori e si compone di tre fasci di fibre; fascio superficiale, intermedio e profondo (6). Origina dal margine inferiore dell'arcata zigomatica e si inserisce a livello della branca montante e nell'angolo della mandibola. Ha un'azione di forte elevatore della mandibola, retrusivo nella masticazione ed è attivo nella protrusione.
- Lo **pterygoideo esterno** è composto da due fasci, superiore ed inferiore, che hanno due origini diverse ma un'unica inserzione. il fascio inferiore origina dalla faccia esterna della lamina laterale del processo pterigoideo, mentre il fascio superiore origina dalla grande ala dello sfenoide. L'inserzione, in comune per entrambi i fasci, è invece nella parte anteriore del

condilo e del menisco articolare dell'A.T.M. L'azione di questo muscolo è protrusiva e controlla la retrusione dei muscoli elevatori della mandibola durante il ciclo di chiusura della masticazione. (1)

- Lo **ptorigoideo interno** è un muscolo di forma rettangolare, che ha origine nella fossa pterigoidea dello sfenoide e nella tuberosità del mascellare superiore, inserzione, invece, nella faccia interna della mandibola. Svolge le stesse funzioni del massetere, è un elevatore della mandibola, retrusore e medializzante della mandibola nel ciclo di masticazione. (1)
- Il **digastrico**, appartenente ai sopraioidei, è un muscolo abbassatore della mandibola, costituito da due ventri collegati da un tendine intermedio che scorre in un anello fibroso del muscolo stiloioideo che è a sua volta collegato all'osso ioide. Ha origine nell'incisura digastrica della parte mastoidea del temporale e inserzione a livello della fossetta digastrica, sulla superficie interna della mandibola. La sua azione, a mandibola fissa è di innalzamento o spostamento indietro e in alto dell'osso ioide. Quando invece l'osso ioide è fisso, si occupa dell'abbassamento della mandibola e in particolare, se si attiva il ventre posteriore scarica la zona dei molari, viceversa se attiva il capo anteriore scarica la zona anteriore del tavolo occlusale (premolari, canini e incisivi). Interviene anche nella retrusione se la mandibola è protrusa in avanti. (17)
- Lo **stiloioideo** è un fissatore dell'osso ioide, con origine dal processo stiloioideo del temporale e inserzione nella faccia anteriore dell'osso ioide. A mandibola fissa ha la funzione di innalzare indietro e in alto l'osso ioide. A osso ioide fisso, invece, collabora alla fissazione dell'osso ioide.
- Il muscolo **miloioideo**, abbassatore della mandibola, costituisce il pavimento della bocca insieme al controlaterale, cui è unito da tessuto connettivo. Origina dalla linea miloioidea, sulla superficie interna della mandibola, mentre si inserisce nella faccia anteriore dell'osso ioide. Ha la funzione di innalzare l'osso ioide in avanti a mandibola fissa. A osso ioide fisso è un forte abbassatore della mandibola, in particolare nel settore anteriore del tavolo occlusale (1).
- Il **genioioideo** è un altro muscolo abbassatore della mandibola, di forma cilindrica. Origina dalla spina mentoniera della mandibola e si inserisce nella faccia anteriore dell'osso ioide. A mandibola fissa ha azione di innalzamento e trazione in avanti dell'osso ioide. A osso ioide fisso invece è un abbassatore della mandibola. Fa parte dell'asse muscolare anteriore intermedio (AMAI) che stabilizza il capo nelle accelerazioni positive (1).

- I muscoli **sottoioidei** hanno il ruolo di bloccare l'osso ioide, permettendo ai sopraioidei l'azione di abbassamento mandibolare. Anche questi muscoli fanno parte dell'asse muscolare anteriore superficiale, intermedio e profondo stabilizzano il capo nelle accelerazioni positive. (1)

Tutti questi muscoli sono presenti simmetricamente dai due lati delle strutture ossee cranio mandibolari e funzionano sotto controllo del sistema nervoso centrale (S.N.C.).

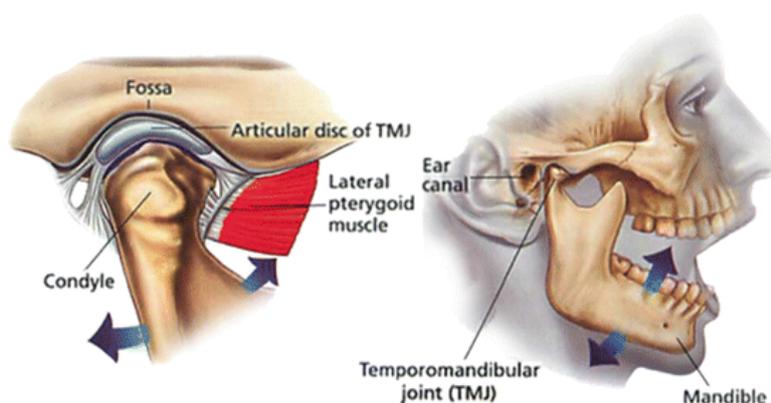
Superficialmente troviamo invece i così detti muscoli mimici o pellicciai, che partecipano indirettamente alla funzione dei muscoli dell'apparato stomatognatico e, pertanto, vengono frequentemente coinvolti clinicamente e sintomatologicamente anche in caso di una sua disfunzione. Essi sono specializzati nel permettere e garantire l'espressione e la fisiognomia facciale.

2.1 L'ARTICOLAZIONE TEMPORO-MANDIBOLARE (ATM)

L'articolazione temporo-mandibolare è una diartrosi condiloidea doppia che si occupa di articolare i due condili mandibolari con le fosse mandibolari delle due ossa temporali. L'articolazione viene considerata doppia perché tra il condilo mandibolare e le fosse mandibolari o condilo temporale si inserisce un menisco (disco fibroso e molto resistente) che va a suddividere l'articolazione in:

- Temporo-meniscale;
- Mandibolo-meniscale

Entrambe le due porzioni sono rivestite da tessuto sinoviale e non comunicanti tra loro (bicondiloartrosi).



L' A.T.M. comprende due tipi di articolazioni sinoviali, a cardine e a scivolamento, ed è composta da:

- **Porzione temporale meniscale**, tra il condilo temporale e il menisco. Svolge l'azione di movimento traslativo.
- **Porzione condilo meniscale**, tra il condilo della mandibola e il menisco. L'azione è molto simile alla rotazione.
- Legamenti

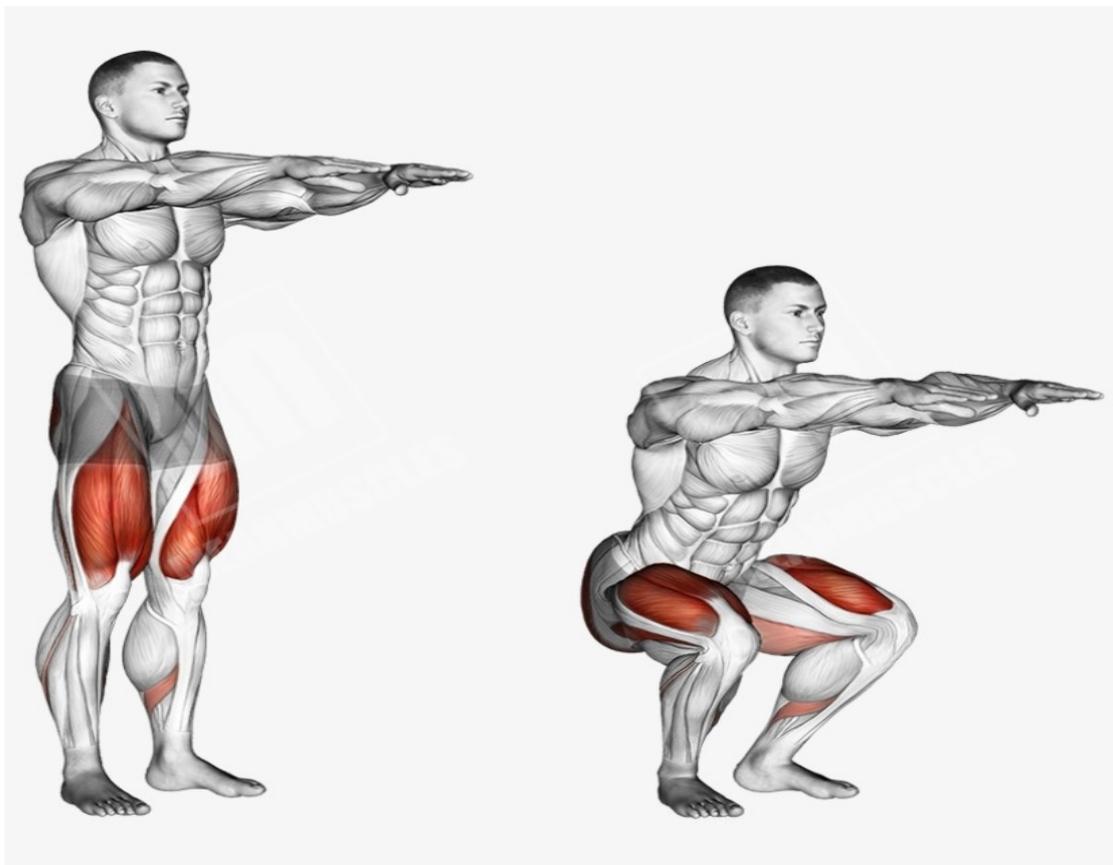
L'A.T.M. è un'articolazione soggetta a grandi sforzi, dati dall'attività intensa durante la masticazione o alla tensione accumulata in posizione errata dell'articolazione durante la notte ed il giorno (es. Bruxismo e serramento). (16)

Le disfunzioni a carico di questa articolazione hanno una forte correlazione con la postura; un'alterazione dei muscoli del collo e dei muscoli masticatori va ad alterare di conseguenza la dinamica dell'articolazione mandibolare che a sua volta si ripercuote sulla muscolatura di tutto il rachide. Sotto la mandibola si trova l'osso ioide che funge da ripartitore di forze; quindi, un'alterazione mio-funzionale stomatognatica provoca il modificare della tensione nelle catene mio-fasciali L.P.F. discendenti e ascendenti, ciò può provocare disallineamento, rotazioni del bacino e delle spalle. (14) Quest'articolazione permette di compiere movimenti di:

- **Apertura**: movimento che permette di spalancare la bocca, determinando un movimento di roto-traslazione anteriore del condilo mandibolare.
- **Chiusura**: movimento che invece viene usato per tritare il cibo una volta inserito nella bocca. È eseguito attraverso il continuo e forzato movimento di avvicinamento della zona dei molari e premolari verso l'arcata dentale superiore.
- **Protrusione**: il movimento anteriore che compie l'arcata inferiore (mandibola) andando avanti sul piano sagittale ed eseguendo quindi un'anteposizione dei denti inferiori rispetto ai superiori.
- **Retrusione**: è il movimento contrario della protrusione, cioè il portare verso la mandibola in posizione caudale. (15)

CAPITOLO 3. LO SQUAT

Lo squat è uno dei principali esercizi **multi-articolari** a catena cinetica chiusa, ed in grado di rinforzare gli arti inferiori e può essere eseguito a corpo libero o con sovraccarichi. Il coinvolgimento di più articolazioni e la conseguente attivazione di numerosi fasci muscolari, fanno sì che questo esercizio inneschi un grande interesse ormonale, neuromuscolare e biomeccanico. L'esecuzione richiede una collaborazione di tutti i numerosi gruppi muscolari, ognuno dei quali si rilassa e si contrae in determinate fasi del movimento. Questo è un esercizio che richiede una buona **mobilità articolare**; molte volte viene fatto eseguire a persone che non hanno ancora una buona preparazione e propriocezione del proprio corpo, ed è per questo che viene considerato il principale colpevole di infortuni alle ginocchia e alla zona lombare del rachide. Ma bisogna dire che se è ben eseguito lo squat, è un esercizio straordinariamente efficace, che apporta **enormi benefici**. In ambito riabilitativo si applica per rafforzare i muscoli degli arti inferiori e i tessuti connettivi in seguito ad infortuni. È utilizzato soprattutto come trattamento terapeutico per lesioni ai legamenti, per diverse patologie che interessano il ginocchio e per l'instabilità della caviglia.



3.1 LE ARTICOLAZIONI COINVOLTE

Le articolazioni coinvolte nel movimento dello squat sono:

- Articolazione **tibio-tarsica**: questo complesso articolare assume un ruolo sostanziale nell'ottica globale dell'esecuzione, perché il grado di mobilità in flessione dorsale è fondamentale per una corretta distribuzione del lavoro nelle leve articolari superiori.
- Articolazione del **ginocchio**: l'articolazione del ginocchio ricopre un ruolo importantissimo oltre che delicato nell'ambito dell'intera esecuzione. Se da un lato il grado di flessione evidenzia soprattutto il grande lavoro del muscolo quadricipite, dall'altro è inutile negare i rischi di stress a cui sono sottoposte le sue strutture ossee, cartilaginee, legamentose e tendinee. L'attivazione del muscolo degli arti inferiori può cambiare in base all'allineamento del ginocchio durante l'esecuzione dell'esercizio. (2)
- Articolazione **coxo-femorale**: articolazione che durante l'esecuzione passa da una posizione di estensione relativa alla posizione eretta e ad una flessione di circa 120°. (20)

3.2 COME ESEGUIRE LO SQUAT IN MODO CORRETTO

Per eseguire uno squat in modo efficace e corretto bisogna seguire delle semplici linee guida:

- Posizionare i talloni ad una larghezza leggermente superiore a quella delle spalle, ruotando le punte leggermente verso l'esterno;
- Contrarre per tutto l'esercizio i muscoli addominali;
- Piegare le gambe scendendo verso il basso, senza lasciarsi cadere ma mantenendo i muscoli in tensione ed evitando movimenti laterali delle ginocchia;
- Scendere fino a quando le cosce sono parallele al terreno:
- Non alzare i talloni;
- Mantenere la schiena dritta;
- Raggiunta questa posizione spingere con forza sui talloni raddrizzando le gambe.

CAPITOLO 4. METODI E STRUMENTI UTILIZZATI

Per dare inizio alla realizzazione di questo studio, è stata fondamentale la ricerca e la collaborazione del campione, composto da 26 soggetti sani, di cui 12 donne e 14 uomini. Lo studio ha coinvolto una popolazione giovane, compresa tra i 19 e i 32 anni, con un'età media di $26,5 \pm 5$. Prima dello svolgimento dei test, ad ogni soggetto del gruppo oggetto di studio è stato chiesto di:

- Firmare un modulo di acquisizione del consenso informato riferito all'acquisizione dei dati biometrici, a scopo scientifico e di acquisizione del consenso al trattamento dei dati personali e della loro elaborazione.
- Compilare un questionario gnatologico, contenente ventinove domande a cui rispondere in modo personale. Questo documento ci ha permesso di valutare eventuali problematiche che non avrebbero permesso una normale esecuzione del test, oltre che di visionare congruenze nel caso in cui una volta analizzati i dati ci fossero dei casi simili.
- compilare un'ultima scheda anagrafica, strutturata da una prima parte in cui sono stati nome e cognome, il proprio peso, la propria altezza, da cui successivamente il rilevatore ne ha determinato il BMI. Inoltre, è stato specificato se pratica uno sport, il numero di anni di attività, menzionando il volume di allenamento settimanale e annuale. Nella seconda parte è dedicata ai dati da inserire una volta eseguiti i singoli test.

4.1 I TEST EFFETTUATI

Ogni soggetto, insieme alla supervisione professionale del Prof. Malpezzi, del Dott. P. Fugazzola e di Federico Malpezzi, è stato sottoposto ai seguenti test:

- Elettromiografia di superficie (EMG)
- Scannerizzazione intraorale delle due arcate dentali, superiore ed inferiore
- Misurazione della massima e minima apertura della bocca
- Compiere tre squat dinamici per ognuna delle varianti occlusali proposte (bocca aperta, bocca chiusa e completa occlusione con dei cotone salivari). Questo percorso di esecuzioni, si è ripetuto a sua volta in tre piani anatomici differenti; sul piano frontale, sul piano sagittale e sul piano posteriore.

I test dell'elettromiografia di superficie e della scannerizzazione intraorale sono stati svolti come **criterio di identificazione ed inclusione della popolazione in esame**, per confermare la presenza di mal occlusione asintomatica e passare alla successiva valutazione tecnica del gesto motorio dello squat. La diagnosi della mal occlusione è stata fatta dal Prof. Malpezzi.

4.2 L'ELETTROMIOGRAFIA DI SUPERFICIE

L'elettromiografia di superficie odontoiatrica o EMG è uno strumento che ha lo scopo di dare quantificare i conflitti occlusali, così da verificare l'influenza che ha il contatto dentale sull'attivazione dei muscoli dell'apparato masticatorio. È riconosciuta come una delle analisi più semplici, indolori e funzionali all'ottenimento immediato di risultati chiari e comparabili nel tempo.

Vengono posizionati degli elettrodi bipolari monouso, per cancellare il cross talk (onde elettriche che non fanno parte di quel muscolo, sulla superficie della pelle in corrispondenza del ventre dei muscoli masseteri superficiali, dei temporali anteriori, S.C.O.M. e muscoli trapezi.

Viene aggiunto pure un ultimo elettrodo mono-polare di riferimento che genera lo zero elettronico. Il temporale anteriore controlla la parte anteriore del piano occlusale, che comprende premolari, canini e incisivi. L'elettrodo posizionato sul massetere controlla la parte posteriore del tavolo occlusale composto dai molari. (21)

I parametri che è possibile estrapolare tramite l'elettromiografia sono:

- 1) Il P.O.C. o **coefficiente di sovrapposizione**, è un valore percentuale del potenziale destro e sinistro dei muscoli temporali e masseteri. Se è inferiore all'80%, potenzialmente un muscolo domina sull'altro e genera una asimmetria funzionale.
- 2) Il **coefficiente di asimmetria** è la differenza del carico occlusale sull'arcata destra vs la sinistra. È l'indicatore del baricentro del carico occlusale, in cui di solito il range fisiologico varia tra 0 e $\pm 10\%$. Con valori superiori al 20% si possono riscontrare casi di vertigine oggettiva.
- 3) Il **coefficiente di attivazione** è invece l'indicatore del baricentro del carico occlusale antero-posteriore. Se viene caricata eccessivamente la zona anteriore, risulteranno molto attivi i muscoli temporali. In caso di carico eccessivo nella zona posteriore invece saranno molto attivi i muscoli masseteri. Il range fisiologico rientra tra 0 e 10%.
- 4) Il **Torque**, valore che invece indica la torsione a cui viene sottoposta la mandibola in corso di serramento. Un carico positivo indica una prevalenza verso l'A.T.M. destra. Viceversa, se il carico è negativo, indica una prevalenza di carico verso l'A.T.M. sinistra

Il campione è stato sottoposto a questo esame, seguendo le procedure necessarie, cercando di mantenere dei margini di errore minimi. Ai soggetti maschi al fine di svolgere un esame più preciso ed evitare problemi di applicazione con gli elettrodi, è stato chiesto a chi provvisto di barba di accorciarla o toglierla del tutto se possibile. Sono stati utilizzati solo ed esclusivamente elettrodi monouso. (7)

4.3 SCANNERIZZAZIONE INTRAORALE 3D

La scanner intraorale è un dispositivo medico-odontoiatrico che permette in pochi minuti di fare una panoramica in 3D delle arcate dentarie. Lo strumento non è altro che uno scanner con un manipolo monouso che viene posizionato sulle superfici dei denti e sulle mucose orali, associato ad un computer, che permette di ottenere immagini tridimensionali ad alta definizione sui monitor. All'interno del manipolo monouso dello scanner, dei componenti effettuano le acquisizioni delle immagini effettuando sedici fotogrammi al secondo e trasmettendo le informazioni al computer che con un software dedicato ricostruisce un modello mesh 3D delle arcate dentali. Si tratta quindi di fotogrammi e non radiazioni. Il dispositivo emette un fascio luminoso polarizzato che cattura le forme e angolazioni del dente con cui viene in contatto. Le informazioni che vengono rilevate potranno essere utilizzate per molteplici utilizzi di tipo diagnostico e terapeutico. È una metodica meno invasiva, che ha una minor incidenza di errori e di conseguenza porta a dei risultati migliori nel lavoro odontoiatrico. (22)

Per la scannerizzazione intraorale del campione preso in esame, è stato utilizzato uno scanner "**Carestream CS 3600**", con pc associato per la visualizzazione delle immagini 3D. Per ogni singolo trattamento, il dispositivo intraorale è stato prontamente disinfettato con cura, mantenendo sempre l'attenzione all'igiene.

CARATTERISTICHE TECNICHE DEL CARESTREAM CS 3600



Componenti	Caratteristiche tecniche
Tecnologia del sensore	1/2 poll. CMOS
Illuminazione	LED: ambra, blu, verde
Campo visivo	13 x 13 mm 13 x 7 mm (punta posteriore)
Profondità di campo	Da -2 mm a +12 mm
Tecnologia anti-appannamento	Punta riscaldata attivamente, funzionamento senza appannamento garantito nell'impiego intraorale
Lunghezza del cavo	2,7 m (1,8 m + 0,9 m)
Collegamento digitale	USB 2.0 alta velocità
Dimensioni senza cavo	220 x 38 x 58 mm Per punte normali e laterali
Peso	325 g (esclusa scatola di alimentazione)
Dispositivo manuale	Input 12 V --- 2 A
Scatola di alimentazione	75 x 21 x 21 mm Input 12 V --- 2 A Output: 12 V --- 2 A
Adattatore	Input 100-240 V ~ 50/60 Hz, 600 mA Output 12,0 V --- 2,0 A

Successivamente, appena dopo la scannerizzazione intraorale, tramite un calibro è stata misurata la massina e la minima apertura della bocca. I risultati sono stati appuntati nella scheda apposita.

4.4 L'ESECUZIONE DEGLI SQUAT E LE VARIABILI OCCLUSALI

Prima di effettuare le riprese video è stato allestito un laboratorio mobile. È stata utilizzata una macchina fotografica Canon EOS 550D, posizionata su un supporto a 1,20 m di altezza e successivamente livellata. A 3 m di distanza frontalmente è stato posizionato per terra un asse cartesiano cartaceo di 1,19 x 0,90 m. L'asse permetterà di dare un riferimento sul posizionamento plantare del soggetto, oltre che permettere un'analisi statistica più accurata durante il processamento dei video sul programma di riferimento per lo studio.



Fig.6 La livellatura della macchina fotografica utilizzata per la

In ciascuno dei tre piani (sagittale, frontale e posteriore) sono stati selezionati e analizzati diversi punti di repere corporei.

Punti di repere valutati sul **piano frontale**:

- Nasion: punto centrale più alto della testa

- Acromion destro e sinistro: punto laterale più sporgente del margine laterale del processo acromiale
- Punto di riferimento: corrispondente al manubrio dello sterno
- Cresta iliaca destra e sinistra: riferimento ai processi superiori della cresta iliaca
- Processo patellare: riferimento ai processi superiori della patella
- Malleolare destro e sinistro: riferimento ai malleolari mediali

Punti di reperi valutati sul **piano posteriore**:

- C7: punto corporeo corrispondente alla vertebra cervicale numero 7
- Acromion destro e sinistro: punto laterale più sporgente del margine laterale del processo acromiale
- Sottoscapolare destro e sinistro: punto corporeo di riferimento individuato nell'angolo inferiore della scapola
- Cresta iliaca destra e sinistra: riferimento ai processi superiori della cresta iliaca
- Linea interpubica: solco presente nel margine superiore che separa i due glutei.
- Malleolare destro e sinistro: riferimento ai malleolari mediali
- Tendine d'Achille: prendendo come riferimento l'inserzione del tendine.

Punti di reperi valutati sul **piano sagittale**:

- Nasion: punto centrale più alto della testa
- Acromion destro: punto laterale più sporgente del margine laterale del processo acromiale
- Cresta iliaca destra: riferimento al processo superiore della cresta iliaca
- Polso destro: individuando come punto di reperi il processo ulnare dell'epifisi distale.
- Processo patellare destro: riferimento al processo superiore della patella
- Fossa poplitea destra: individuando il margine laterale della fossa poplitea

Tutti i seguenti punti corporei interessati sono stati riportati sul soggetto grazie all'utilizzo di un tape chinesiologico di colore rosso, che è stato applicato con precisione, marcando al di sopra con un pennarello indelebile i punti ricercati. Questo processo è stato ripetuto per ogni partecipante del campione.

Prima della partenza con la ripresa e del test stesso, l'esaminato è stato informato sui dettagli di esecuzione:

1. Posizionarsi in modo ottimale con i piedi sull'asse sottostante

2. Prima di eseguire qualsiasi variante di squat fare una piccola passeggiata nella condizione oclusale che si intende indagare
3. Ricordarsi di chiudere totalmente gli occhi durante lo svolgimento dell'esercizio.

Dall'altra parte, il gruppo di lavoro è stato attento ad altre specifiche da controllare prima, durante e dopo l'esecuzione:

4. Assicurarsi che la capigliatura del soggetto non copra il punto C7
5. Controllare che nessun marker si stacchi tra uno squat e l'altro
6. Far attenzione che nell'inquadratura della ripresa video siano compresi i piedi
7. Specificare la condizione oclusale in atto ogni ripresa.
8. Fornire quando necessario il materiale per l'esecuzione delle variabili oclusali (rulli salivari), conservandoli su dei panni appositi sterilizzati in modo da poterli riutilizzare nelle successive prove con lo stesso metodo di esecuzione.
9. Il test deve avvenire nel silenzio ambientale
10. Le fonti luminose non devono essere percepite con gli occhi serrati.

I test sono stati eseguiti in tre varianti oclusali diverse:

- in condizione di **massimo serramento oclusale volontario (CLE)**
- utilizzando dei **rulli salivari tra le arcate dentarie in massimo serramento (COT)**
- a **bocca aperta inoclusale (APE)**.

Per ciascuna variabile oclusale sono stati richiesti tre squat, per un totale di nove. Ogni gruppo di esecuzioni è stato ripetuto nei tre diversi piani anatomici, raggiungendo un totale di ventisette squat completati. Per l'ordine di esecuzione è stato assegnato ad ogni soggetto una successione stocastica di nove numeri, pari al numero totale di squat da svolgere.



Fig. 7 Inquadratura squat frontale: fase di discesa

4.5 LA SCELTA DELL'AMBIENTE LAVORATIVO

Per effettuare al meglio tutti i test previsti, si è concordato di trovare ambienti che avrebbero permesso un lavoro più preciso e coordinato, ovvero un luogo al chiuso, lontano da fonti di disturbo acustico che potessero interferire sulla ripresa video e dare riferimenti sensoriali al soggetto durante l'esecuzione del test con squat. Sono state allestite diverse postazioni di lavoro all'interno del luogo scelto, così da condurre più misurazioni contemporaneamente. Inoltre, i test sono stati svolti in tre giornate diverse, per permettere ad ognuno di adattarsi in base alle proprie esigenze ma allo stesso tempo di completare il lavoro in un tempo ottimale.

4.6 OBIETTIVI DELLO STUDIO

L'intento dello studio è verificare in che modo, la variabile inoclusale (APE), insieme alle variabili oclusali CLE, in massimo serramento volontario e COT in massimo serramento volontario con due rulli salivari di cotone tra le arcate dentali, influiscono sulla catena cinematica dello squat. Di conseguenza verranno osservati i differenti adattamenti posturali, in modo da definirne l'effettiva variazione, prendendo come riferimento la condizione inoclusale APE.

CAPITOLO 5. ANALISI DEI DATI OTTENUTI

Per lo studio e l'estrapolazione dei dati riguardanti i test con squat, ci siamo serviti di "Tracker vers. 6.1.3.", uno strumento gratuito di analisi e modellazione video costruito sul framework Java Open Source Physics (OSP). È progettato per essere utilizzato nell'educazione fisica. Questo programma consente il tracciamento manuale o automatizzato di oggetti o punti precisi selezionati all'interno del video caricato, indicandone diversi parametri, come velocità, accelerazione e dati sulla posizione. Ciò ha permesso di analizzare e avere dati nel tempo di esecuzione sui vari punti di repere corporei precedentemente applicati durante i test.

Il primo passo è stato caricare singolarmente le riprese video su Tracker, rinominando il file con nome, cognome e numero di esecuzione insieme alla relativa variabile occlusale. Successivamente viene applicato al video un'asse cartesiano bidimensionale xy, facendo riferimento per calibrarlo al punto 0 dell'asse cartaceo su cui è posto il soggetto. Al termine di questo procedimento, viene eseguita un'ulteriore calibrazione dell'asse x, inserendo tramite l'opzione "paio di punti di calibrazione" la lunghezza esatta dell'asse cartesiano cartaceo per terra (1,19 m), misurata prima dell'inizio dei test. Dopo aver calibrato il video, si può iniziare a valutare l'esecuzione inserendo i "punti di massa" corrispondenti ai punti corporei evidenziati in rosso con il tape. Lo studio dei dati è stato fatto regolando il passo del video a 3(frame per sec.).

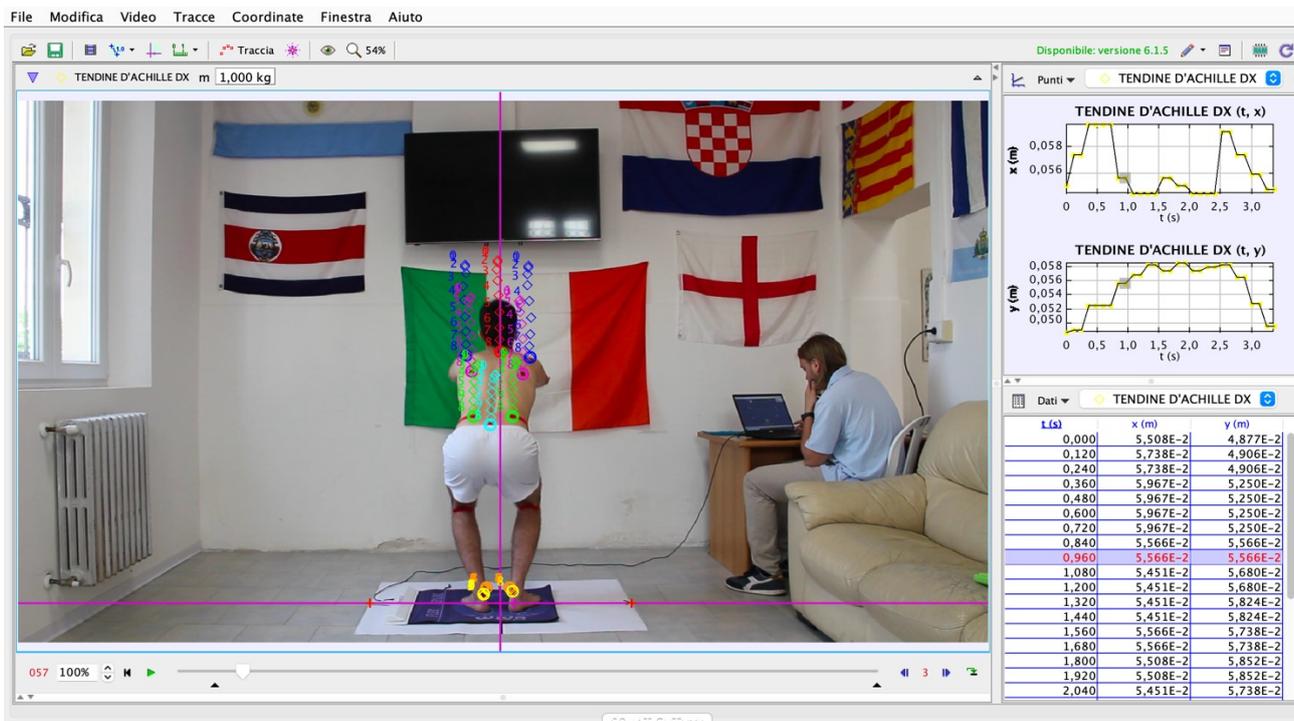


Fig.8 L'interfaccia del programma Tracker con a lato la scansione dei dati ottenuti

Si otterranno alla fine dell'elaborazione un insieme di numeri, tra dati di asse x e asse y, che rappresentano l'evoluzione del completo movimento dello squat nel tempo. Questo processo è stato ripetuto per tutti i video del campione di soggetti studiati. (principalmente asse x)

Per la rappresentazione grafica dei risultati, è stata utilizzata un altro software, **Past4** - PAleontological STatistics, Version 4.14, University of Oslo 1999-2023, mediante il quale sono stati ricavati tutti grafici e dati necessari per arrivare ad analizzare nello specifico i singoli casi. Sono stati utilizzati in modo particolare il Grafico XY, in grado di rappresentare una traccia del punto di repere d'interesse per tutta la durata dello squat e per ognuna delle tre variabili occlusali studiate, insieme al Box Plot, in grado di spiegare quanto lo squat è stato preciso in termini di variazione dei valori, dividendoli in quattro quartili in cui figura un range interquartile centrale (box).

IL GRAFICO BOX PLOT

Gli elementi fondamentali di un box plot sono:

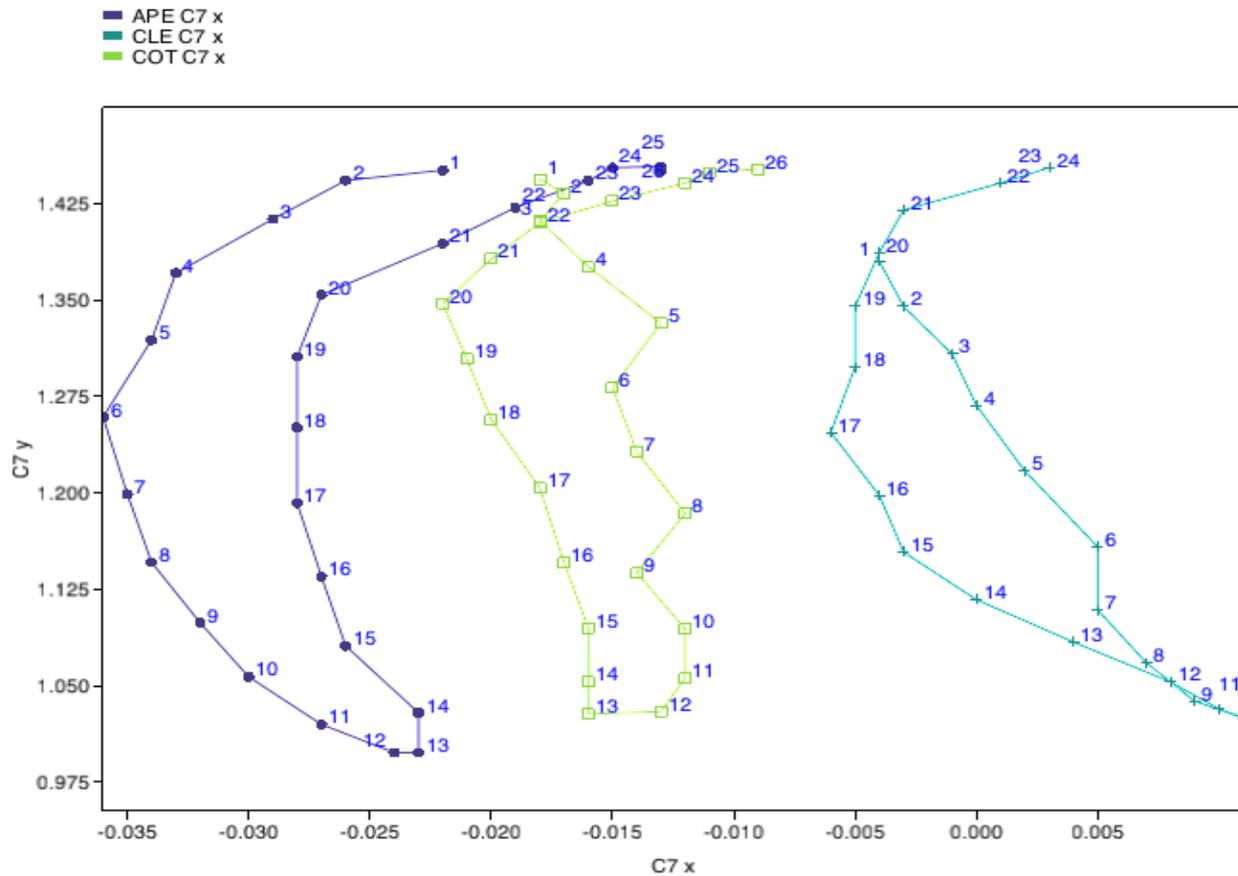
- La linea centrale nella scatola rappresenta la mediana dei dati. La metà dei dati si trova sopra questo valore, l'altra metà sotto. Se i dati sono simmetrici, la mediana è al centro della scatola. Se, invece, i dati sono asimmetrici, la mediana sarà più vicina alla parte superiore o a quella inferiore della scatola.
- La parte inferiore e superiore della scatola mostrano il 25° e il 75° quartile, o percentile. Questi due quartili sono chiamati anche quartili, poiché ciascuno di essi esclude un quarto (25 %) dei dati. La lunghezza della scatola è la differenza tra i due percentili e si chiama range interquartile (IQR).

Le linee che si estendono a partire dalla scatola sono chiamate baffi. I baffi rappresentano la variazione dei dati attesa e si estendono per 1,5 volte dall'IQR dalla parte superiore e inferiore della scatola. Se i dati non arrivano fino alla fine dei baffi, significa che i baffi si estendono fino ai valori di dati minimi e massimi. Se, invece, i dati ricadono sopra o sotto la fine dei baffi, sono rappresentati come punti, denominati spesso outlier. Un outlier è più estremo della variazione attesa. Vale la pena esaminare questi punti di dati per determinare se sono errori o outlier. I baffi non comprendono gli outlier. (24)

Soggetto 1: età 20, sesso femminile con mal occlusione asintomatica.

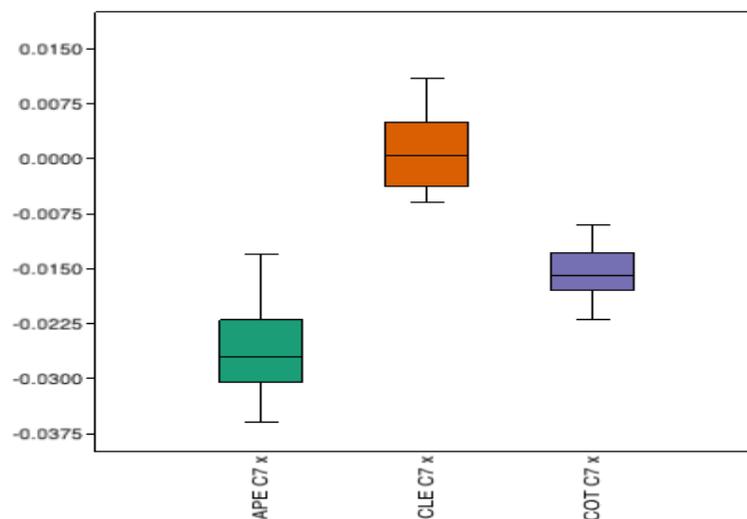


Grafico ottenuto osservando il punto C7 in prospettiva posteriore.



Nella seguente rappresentazione del grafico X Y, si differenziano le risposte diverse in fase eccentrica (discesa) e concentrica (salita). Nel grafico a sinistra, ottenuto in condizione inocclusale (APE), si osserva uno spostamento di C7 verso sinistra, causato da una minore forza muscolare sull'arto sinistro. La fase concentrica è stata eseguita sempre con uno spostamento con prevalenza dell'arto di destra, con un punto di arrivo di C7 leggermente traslato sulla destra. Si evidenzia anche una certa costanza di esecuzione tra i vari punti, in entrambe le fasi, provando di fatto una fluidità del movimento. Nella condizione occlusale CLE, invece, vediamo un'esecuzione diversa, dove c'è un maggior equilibrio tra i due arti nelle due fasi. Nella fase eccentrica si nota un atteggiamento di discontinuità nella forza impressa dai due arti. In preparazione alla salita si nota inoltre una traslazione sulla sinistra prima della fase di risalita, ipotizzabile al caricamento dell'arto sinistro in un

tempo di circa 0,120 s. In fase concentrica c'è un maggior equilibrio tra i due arti con un leggero sbilanciamento finale sulla destra, dovuto a una fase di assestamento in seguito all'estensione del tronco. Nell'ultimo grafico, raffigurante la condizione occlusale COT, si maggior sicurezza di esecuzione nel movimento, con un cedimento dell'arto destro in fase eccentrica e una maggior spinta dell'arto destro nella fase iniziale del movimento di risalita, raggiungendo in seguito una buona stabilità fino alla fase finale. Nel seguente soggetto, considerando le medie delle tre esecuzioni per variabile, ottenute con una successione stocastica, vediamo come si evidenzia la diversità di esecuzione dei tra squat.



Questo grafico riassume i tre squat medi, ottenuti con APE (verde), CLE (arancione) e COT (viola). La mediana ottenuta con il CLE è risultata quasi uguale a zero (0,0005). Con APE si posiziona su un valore equivalente a -0,027 e il COT su -0,016. Nel caso del COT, si osserva come i valori dei quartili sono molto ravvicinati, con il primo e il quarto quartile equidistanti. Nel caso del CLE si ha una simmetria dei valori negativi nel range interquartile, con una disposizione del box più sul primo quartile che sul quarto. Nella condizione APE, i valori negativi del range interquartile si collocano leggermente più vicini al primo quartile e si ha un valore asimmetrico dei dati nel range interquartile. **Anche in questo grafico si confermano le differenze dell'esecuzione nello squat con le tre variabili occlusali.**

Test for equal means

	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	0,00924279	2	0,00462139	169,1	3,991E-28
Within groups:	0,00199546	73	2,73351E-05		Permutation p (n=99999)
Total:	0,0112383	75			1E-05

Components of variance (only for random effects):

Var(group):	0,00018147	Var(error):	2,73351E-05	ICC:	0,869088
-------------	------------	-------------	-------------	------	----------

omega2: 0,8156

Levene's test for homogeneity of variance, from means	p (same):	0,009123
Levene's test, from medians	p (same):	0,02134

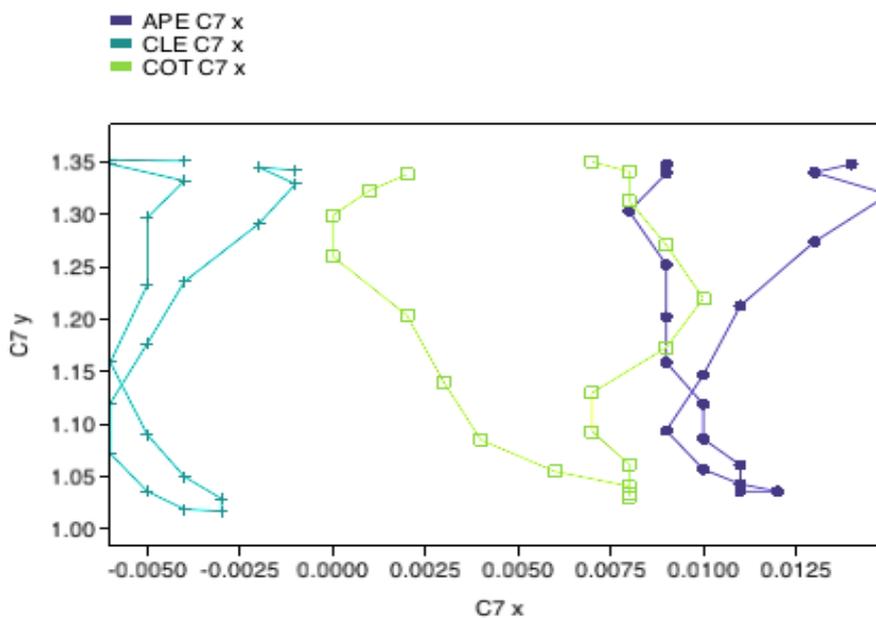
Welch F test in the case of unequal variances: F=143,2, df=44,15, p=5,03E-20

Bayes factor: 1,015E25 (decisive evidence for unequal means)

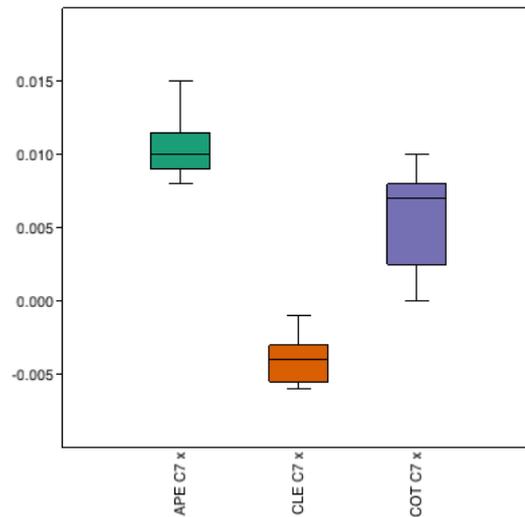
Il test statistico ANOVA (Analysis of Variance) conferma la differenza tra le popolazioni di valori ottenuti da APE, CLE e COT.



Soggetto 2: età 33, sesso femminile con mal occlusione asintomatica.



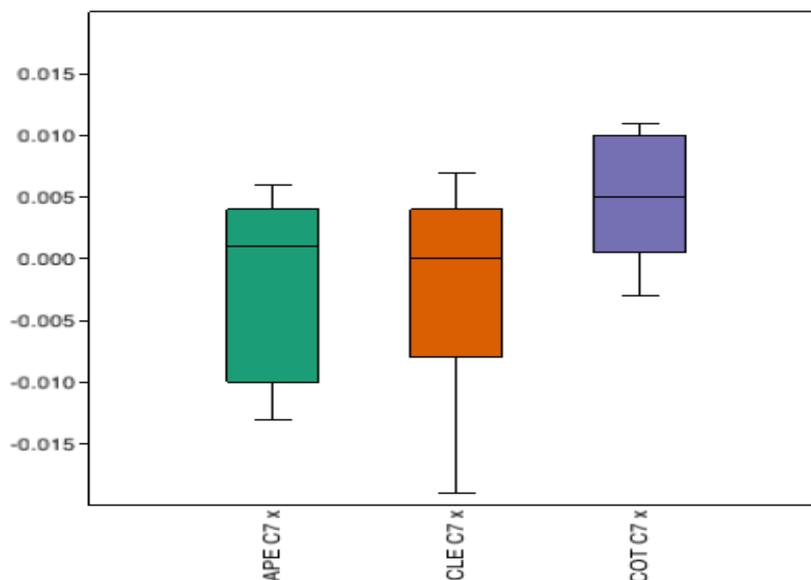
Nei seguenti grafici, si osserva come con le variabili occlusali CLE e APE il soggetto ha svolto uno squat molto controllato sia in fase di discesa che nella risalita. Con la variabile COT invece, si ha una notevole differenza tra le due fasi del movimento, con conseguente maggior dispersione di dati.



Nel box plot si evidenziano, per le tre variabili occlusali, delle mediane che si discostano dallo zero di riferimento con la variabile occlusale CLE che si posiziona poco più vicina rispetto alle altre.



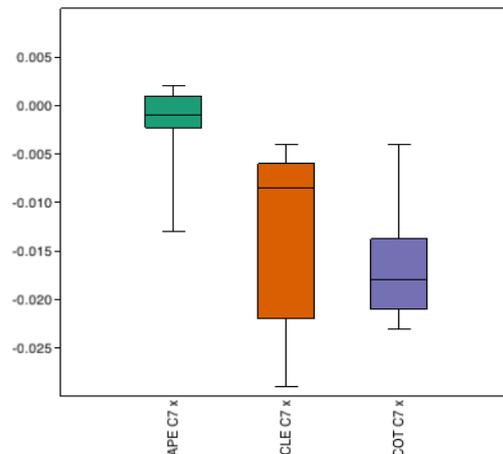
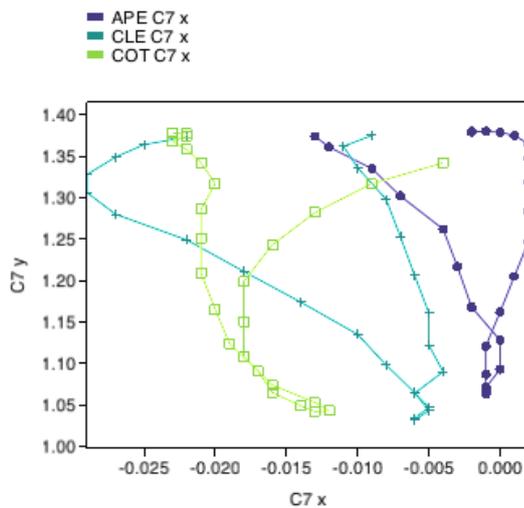
Soggetto 3: età 25, sesso femminile con mal occlusione asintomatica.



In questo soggetto risalta una similitudine tra gli squat con variabili occlusali APE e CLE, con un valore della mediana quasi equivalente allo zero. Nell'esecuzione con la variabile occlusale COT si ha invece la minor variazione dei dati, ma una mediana più lontana dal valore zero di riferimento.



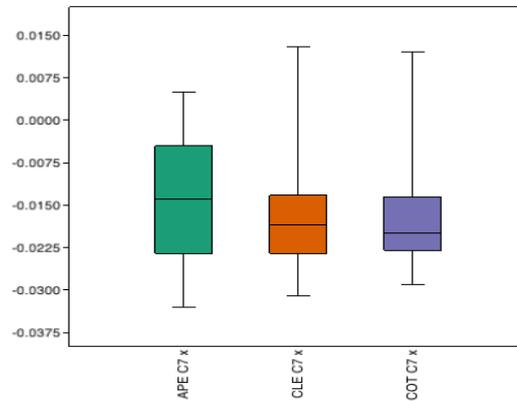
Soggetto 4: età 26, sesso femminile con mal occlusione asintomatica.



Nel seguente soggetto, i grafici raffigurano un andamento disomogeneo in tutte le tre medie di squat eseguite per le tre variabili occlusali. Nel box plot risalta un valore della mediana molto vicino allo zero per la variabile occlusale APE, con i valori del secondo e terzo quartile centrali che risultano molto concentrati. La variabile occlusale CLE, al contrario, ha dei valori del secondo e terzo quartile molto dispersi. L'esecuzione con variabile occlusale COT risulta essere quella con la mediana più lontana dal punto zero di riferimento.



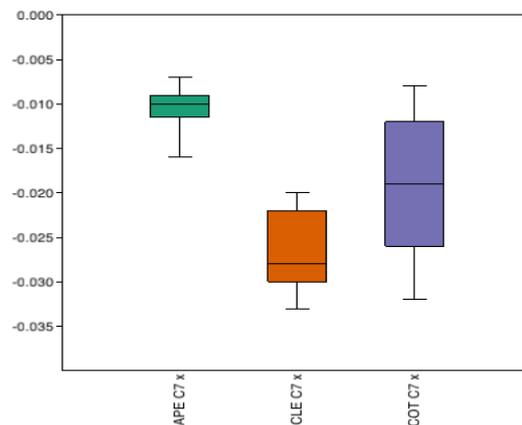
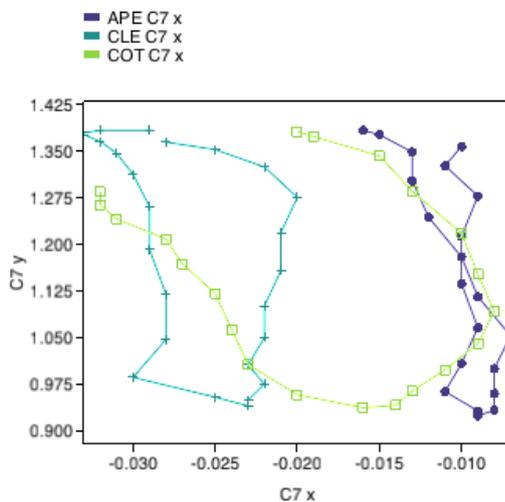
Soggetto 5: età 20, sesso femminile con mal occlusione asintomatica.



In questo grafico si evidenzia come il seguente soggetto ha mantenuto una certa costanza di esecuzione in tutte le tre variabili, con uno spostamento della mediana verso il quarto quartile nel caso del COT e del CLE.



Soggetto 6: età 25, sesso femminile con mal occlusione asintomatica.

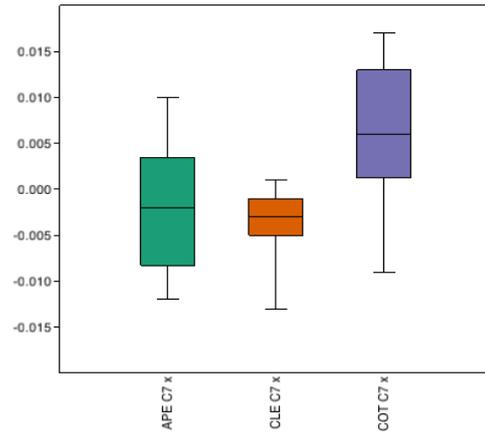
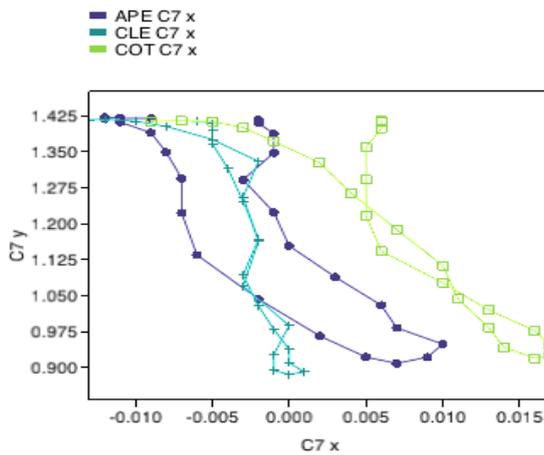


Il grafico mostra delle nette differenze di esecuzione con le tre variabili occlusali. Si osserva soprattutto la maggior difficoltà nello squat con la variabile occlusale COT e una media delle esecuzioni con la variabile inoclusale APE molto controllata, insieme ad una variazione dei dati

minima. Nella variabile CLE si osserva una traslazione in preparazione alla risalita verso la parte sinistra.



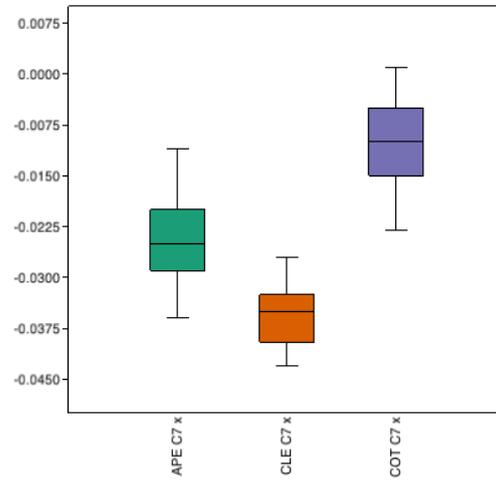
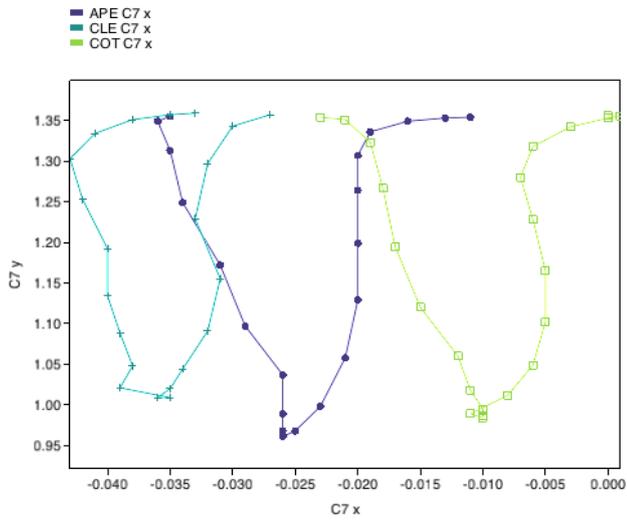
Soggetto 7: età 26, sesso femminile con mal occlusione asintomatica.



In questo soggetto i grafici mostrano un andamento uniforme nelle esecuzioni con variabile occlusale CLE, mentre con le variabili COT e APE si sono ottenuti dei risultati che rappresentano una prevalenza di movimento sulla sinistra, ipotizzabile ad una maggior forza impressa dell'arto destro nel movimento.



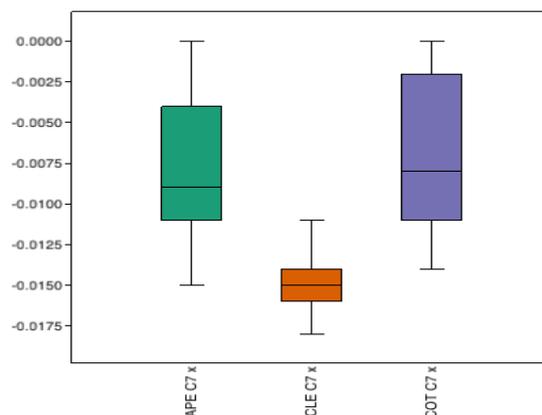
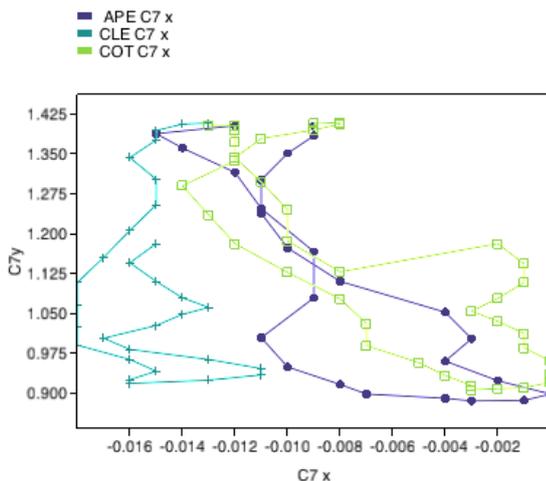
Soggetto 8: età 24, sesso femminile con mal occlusione asintomatica.



Si osservano per le tre variabili occlusali delle esecuzioni molto simili tra loro. In tutte e tre: APE, CLE e COT, possiamo vedere come il soggetto compie un movimento a v, passando da una fase di partenza a destra ad una conclusione del movimento più a sinistra rispetto all'asse di riferimento.



Soggetto 9: età 26, sesso femminile con mal occlusione asintomatica.

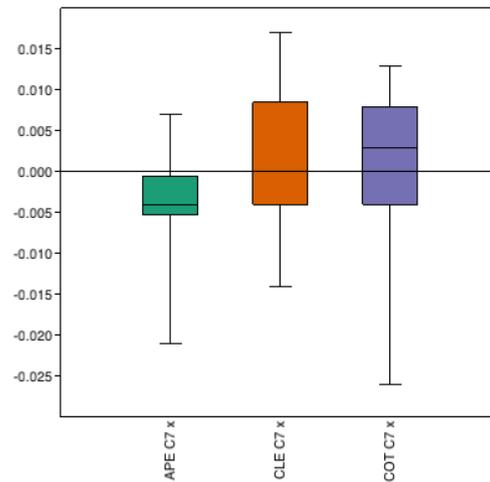
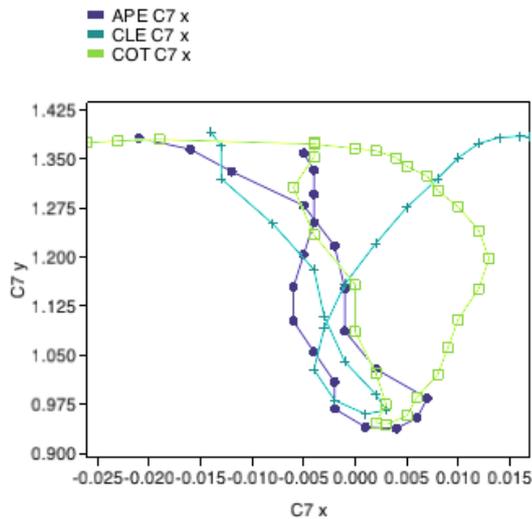


I seguenti grafici rappresentano un caso dove il soggetto ha avuto con la variabile CLE una risposta migliore rispetto alle esecuzioni con le variabili COT e APE, con una maggior precisione e minor

variazione di dati. Nel grafico XY in particolare osserviamo una forte discontinuità di movimento, con numerosi cambi di direzione in tutte le variabili (APE, COT e CLE).



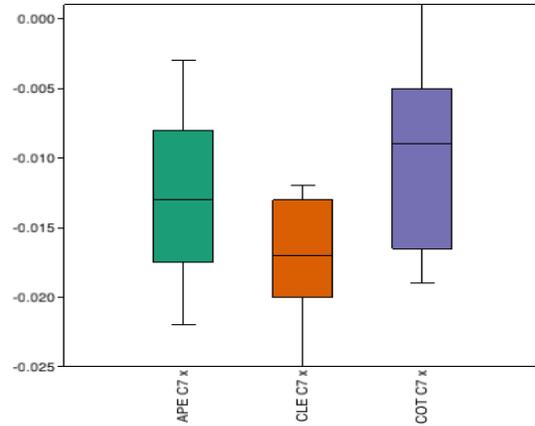
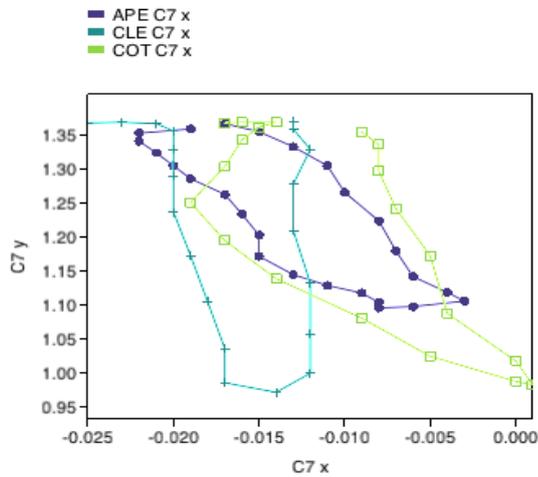
Soggetto 10: età 20, sesso femminile con mal occlusione asintomatica.



Analizzando questo caso del campione, si osserva un buon controllo nel movimento dello squat con la variabile inoclusale APE, ad eccezione di un assestamento finale che conclude il movimento sulla sinistra del centro di riferimento. Con la variabile occlusale COT si nota una discesa omogenea e una fase di ritorno difficoltosa che si sbilancia primariamente sulla destra e successivamente si amplia completamente sulla sinistra fino alla conclusione, mostrando un assestamento e una variazione di dati netta. Con il CLE risalta una mediana che coincide con il punto zero di riferimento e un'attivazione muscolare maggiore nel movimento da parte dell'arto sinistro.

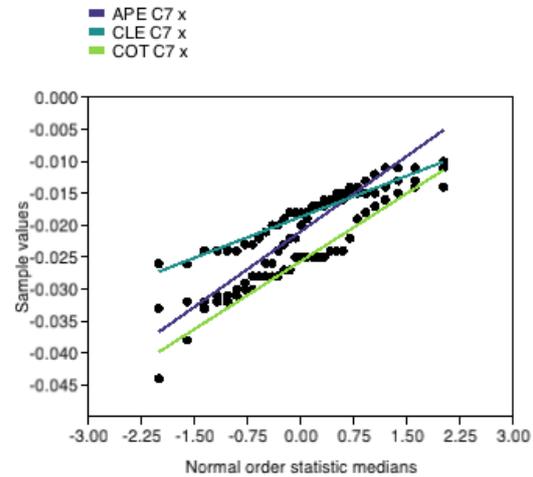
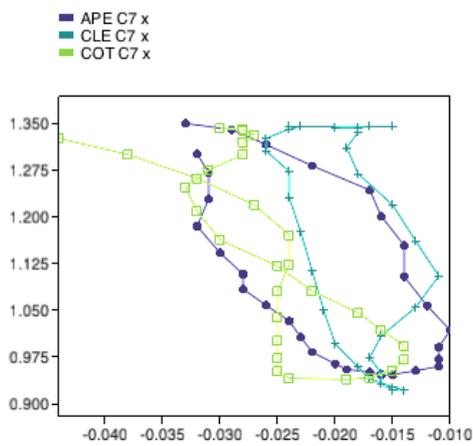


Soggetto 11: età 29, sesso femminile con mal occlusione asintomatica.



Il seguente grafico rappresenta un soggetto del campione che con la variabile occlusale CLE ha eseguito un movimento quasi lineare in fase concentrica ed eccentrica, spostando solo il baricentro sulla sinistra in fase di caricamento per la risalita. Con le variabili occlusali COT e APE il soggetto ha risposto con un approccio del movimento molto simile. Si evidenzia una sostanziale discesa media minore negli squat effettuati con la variabile APE.

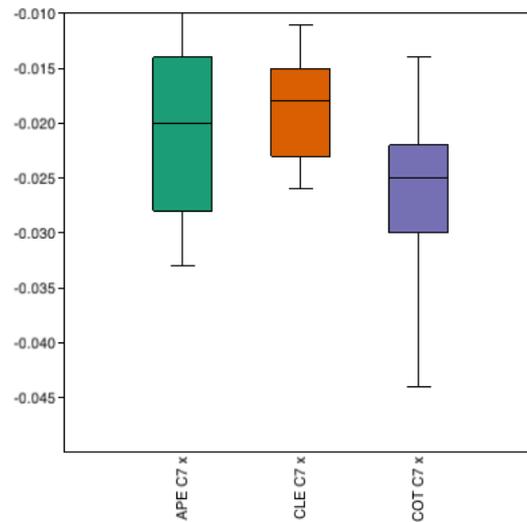
Soggetto 12: età 26, sesso femminile con mal occlusione asintomatica e in gravidanza al quinto



Per il seguente soggetto gli squat sono stati analizzati mediante questi due grafici. Nel primo grafico XY a sinistra si osserva una marcata discontinuità di movimento, presente in tutte le variabili oggetto di studio (APE, CLE e COT). In particolare, si osserva come con la variabile occlusale COT si una molteplice oscillazione, ipotizzabile ad un disequilibrio muscolare tra i due arti inferiori. Con la variabile APE si percepisce un movimento medio dello squat che in fase eccentrica tende a spostarsi obliquamente verso destra, continuando con una fase concentrica in cui il corpo compie lo stesso movimento obliquo ma verso sinistra fino al ricongiungimento con il punto d'inizio. Con la variante CLE si mostra invece un movimento complessivo più lineare e perpendicolare all'asse X, in particolare in fase eccentrica. In fase concentrica, invece, il soggetto compie un'unica oscillazione verso destra per poi tornare progressivamente in asse e completare il movimento in modo ottimale. Nel grafico a destra si presenta un Normal Probability Plot dove, in relazione alle variazioni di movimento effettuate per ogni media squat con le tre variabili considerate, vengono rappresentati dei punti che rappresentano l'andamento dello squat rispetto ad una retta che ne indica la normale. Dal grafico appena descritto derivano i coefficienti di correlazione per ciascuna media squat con la propria variabile occlusale associata.

Coefficienti di Correlazione risultanti:

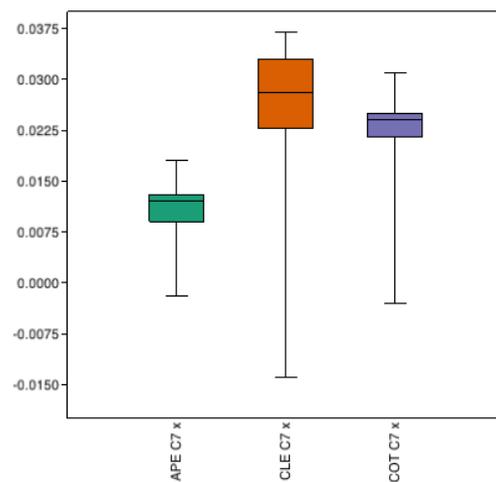
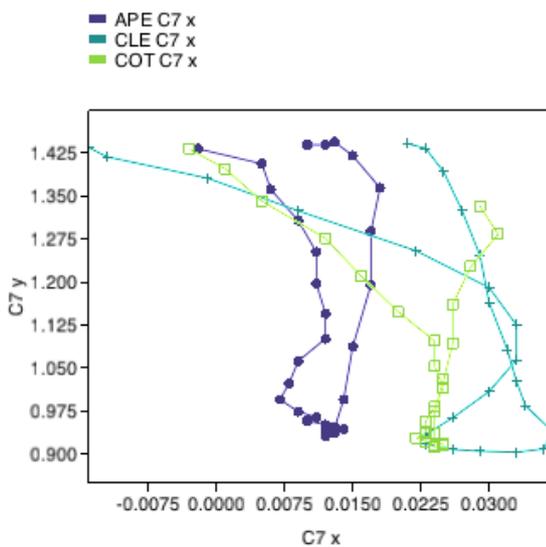
- APE C7 x: 0,9693
- CLE C7 x: 0,9814
- COT C7 x: 0,9751



Si osserva nel box plot, come tutti i valori tendono ad andare in negativo, con una variazione dati alta nel grafico relativo alla condizione occlusale COT e in quella innoclusale APE. I range interquartili risultano tutti asimmetrici rispetto alla mediana. Nel complesso si può confermare il soggetto ha avuto una risposta migliore negli squat con variabile occlusale CLE.



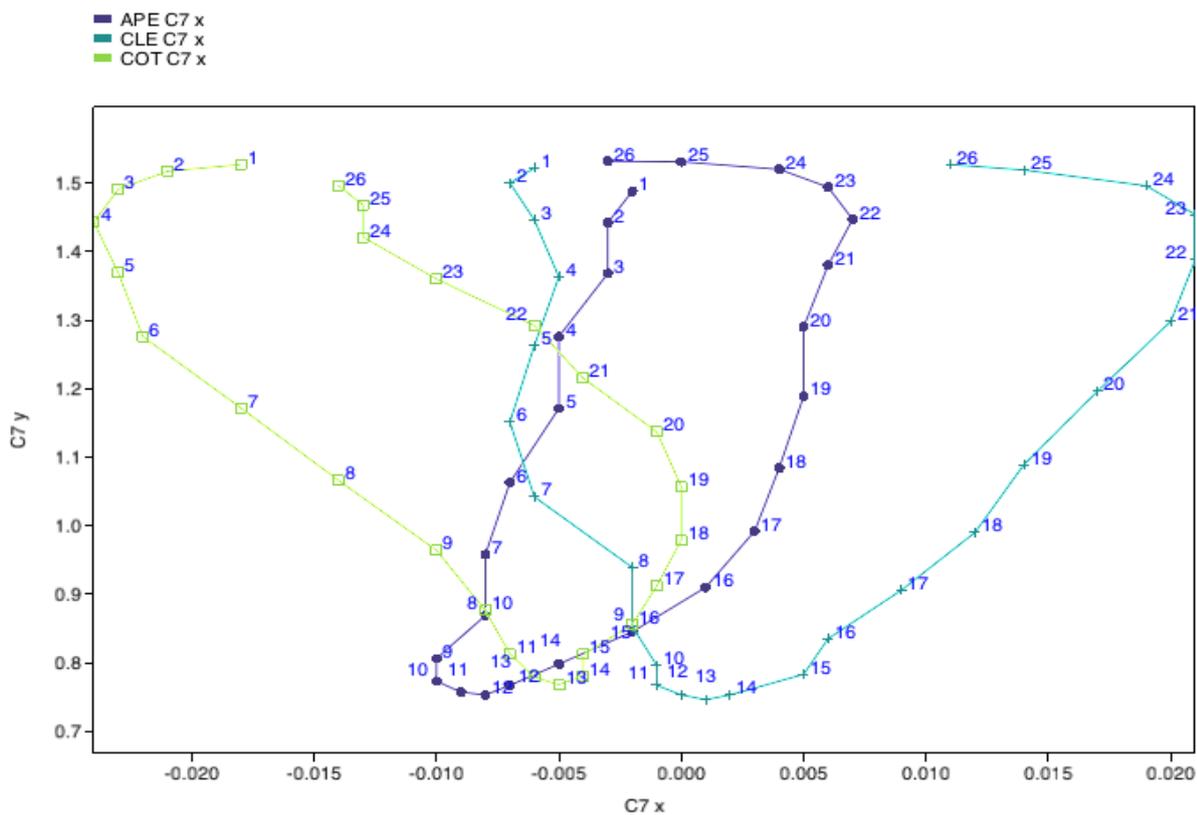
Soggetto 13: età 31, sesso maschile con mal occlusione asintomatica.



Si osservano nel primo grafico XY a sinistra, i tre tracciati risultanti dagli squat con le variabili occlusali APE, COT e CLE. Nella condizione occlusale COT, il soggetto ha eseguito uno spostamento iniziale sulla destra, per poi proseguire con una netta correzione posturale fino alla fine, in modo controllato. Nel caso della condizione occlusale CLE, il grafico raffigura come il soggetto in fase eccentrica compie un'ampia curvatura sulla destra, con una fase concentrica lineare. Con la variabile APE, la media del gesto motorio risulta nel complesso quella con più stabilità, nonostante qualche correzione posturale in fase concentrica. Il grafico sulla destra, nella condizione occlusale CLE ci conferma un'importante variazione di dati, nonostante la simmetria. Nelle condizioni occlusali APE e COT, invece, si hanno dei valori asimmetrici con una variazione di dati minore.

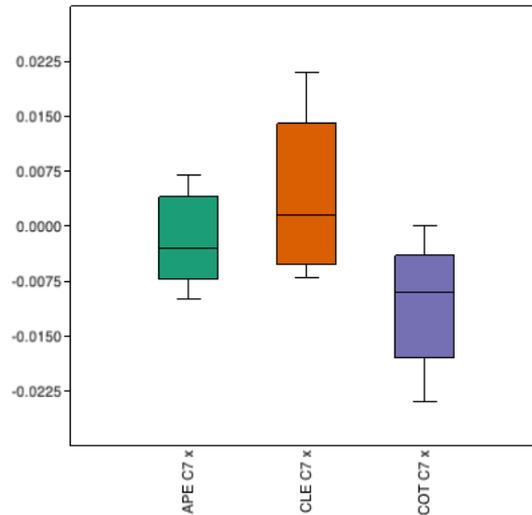


Soggetto 14: età 30, sesso maschile con mal occlusione asintomatica.



Nel seguente grafico sono rappresentati tre tracciati apparentemente simili. Si nota però un'iper-correzione a livello posturale, che differenzia soprattutto il tracciato con la variabile APE e quello con la variabile COT, in cui durante la fase eccentrica il soggetto compie due movimenti opposti. Nel primo caso si sposta sulla sinistra, mentre nel secondo sulla destra. Con la variabile

occlusale CLE si osserva un iniziale discesa controllata rispetto alle altre variabili, ma il movimento prosegue con una perdita dell'equilibrio posturale, con uno sbilanciamento sulla destra.



Il grafico conferma le differenze tra le tre variabili occlusali, con delle variazioni maggiori verificate con il CLE.

Test for equal means

	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	0,00299556	2	0,00149778	23,46	1,225E-08
Within groups:	0,00478931	75	6,38574E-05		Permutation p (n=99999)
Total:	0,00778487	77			1E-05

Components of variance (only for random effects):

Var(group):	5,51509E-05	Var(error):	6,38574E-05	ICC:	0,463421
-------------	-------------	-------------	-------------	------	----------

omega2: 0,3654

Levene's test for homogeneity of variance, from means **p (same):** 0,001794

Levene's test, from medians **p (same):** 0,01536

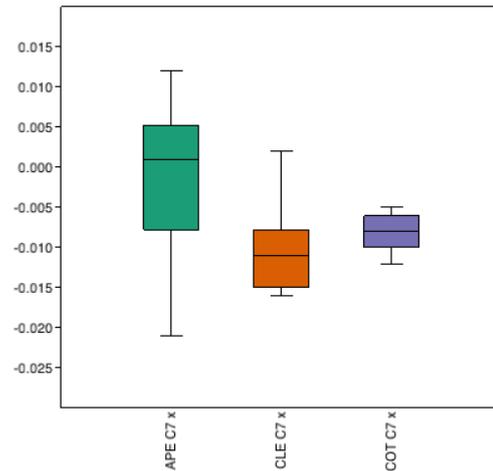
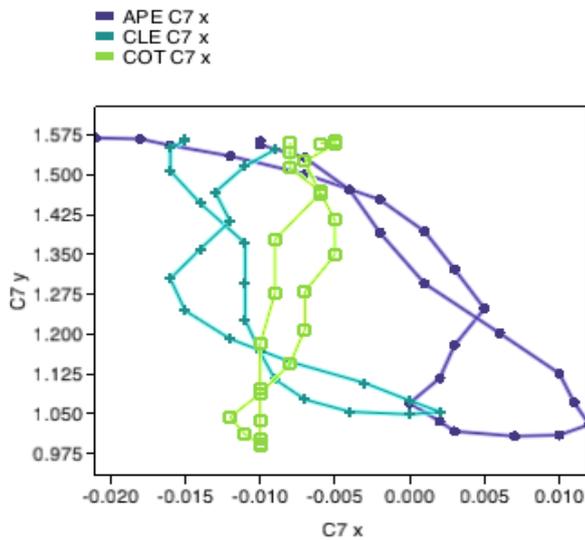
Welch F test in the case of unequal variances: $F=19,41$, $df=47,33$, $p=6,971E-07$

Bayes factor: 1,106E06 (decisive evidence for unequal means)

I valori estrapolati con il test ANOVA, dimostrano che ci sono delle differenze di esecuzione e quindi la validità del test.

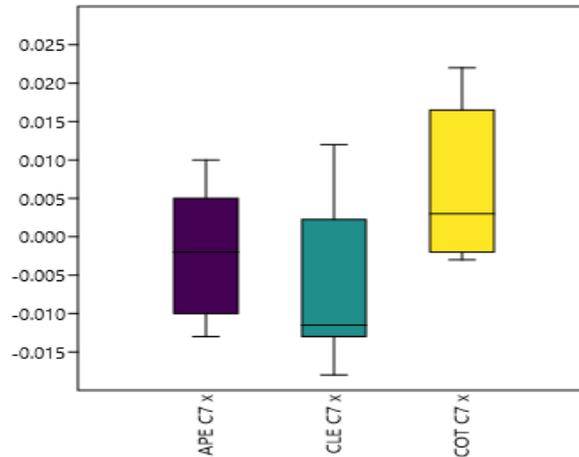


Soggetto 15: età 24, sesso maschile con mal occlusione asintomatica.



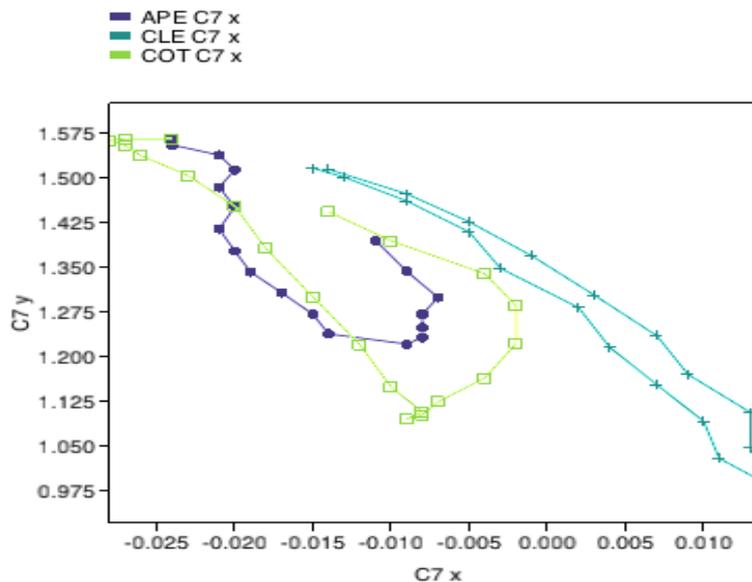
Nel seguente caso osservato, entrambi i grafici mostrano delle nette differenze di esecuzione in base alla condizione occlusale utilizzata. Come si può notare dal primo grafico XY a sinistra, gli squat APE (viola) e CLE (azzurro) hanno riscontrato delle correzioni da parte della catena muscolare, con una tendenza verso la destra in fase eccentrica e a sinistra in concentrica. Nel caso del COT (verde), il gesto motorio appare corretto e quasi continuo nella sua completezza. Anche nel secondo grafico a destra viene confermata questa tesi, con una variazione dati molto ristretta con la condizione occlusale COT. Al contrario con le variabili occlusali APE e CLE il numero di variazione dati risulta maggiore.

Soggetto 16: età 29, sesso maschile con mal occlusione asintomatica.



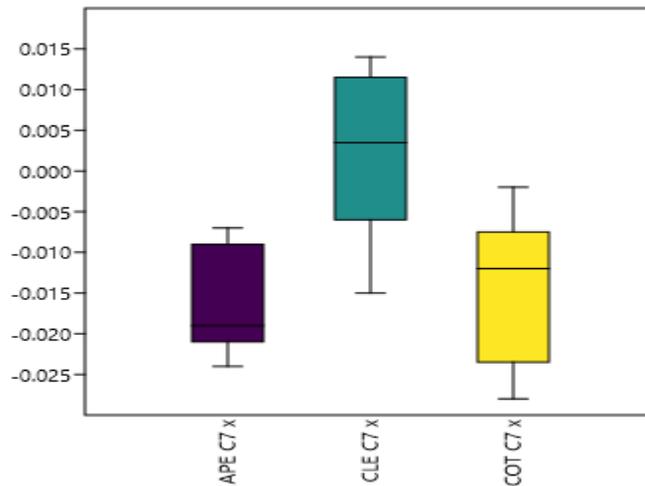
Analizzando il grafico di questo soggetto, risalta una quantità omogenea di valori nel secondo e terzo quartile in tutte le condizioni occlusali osservate, con una variazione dei dati nella media. Con le variabili APE e COT si ha ottenuto una mediana vicina al punto zero.

Soggetto 17: età 31, sesso maschile con mal occlusione asintomatica.



Il grafico XY ci mostra un soggetto che ha riscontrato una rigidità di esecuzione con le variabili occlusali APE e COT. Con la condizione occlusale CLE il movimento dello squat risulta più lineare,

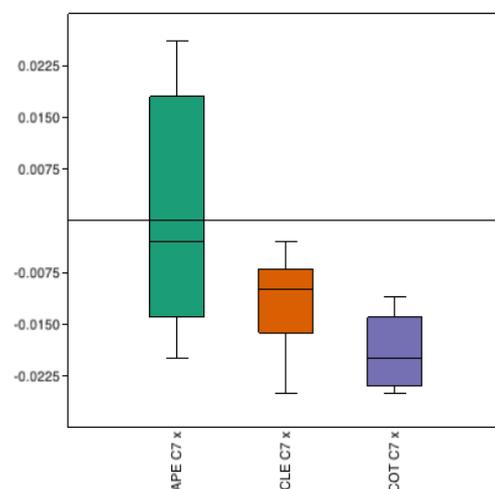
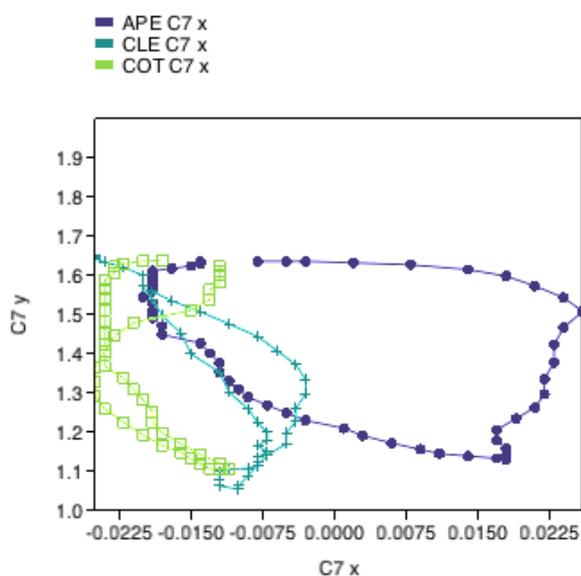
nonostante la tendenza a traslare obliquamente sulla destra in fase eccentrica e a sinistra in fase di spinta concentrica. Il soggetto raggiunge un miglior controllo motorio dello squat con la condizione oclusale CLE.



In questo grafico si osserva una simmetria dei valori con la condizione oclusale CLE e un'asimmetria con le variabili APE e COT. La minor variazione dati e il miglior adattamento posturale si è ottenuto nella media di squat con la condizione inoclusale APE.



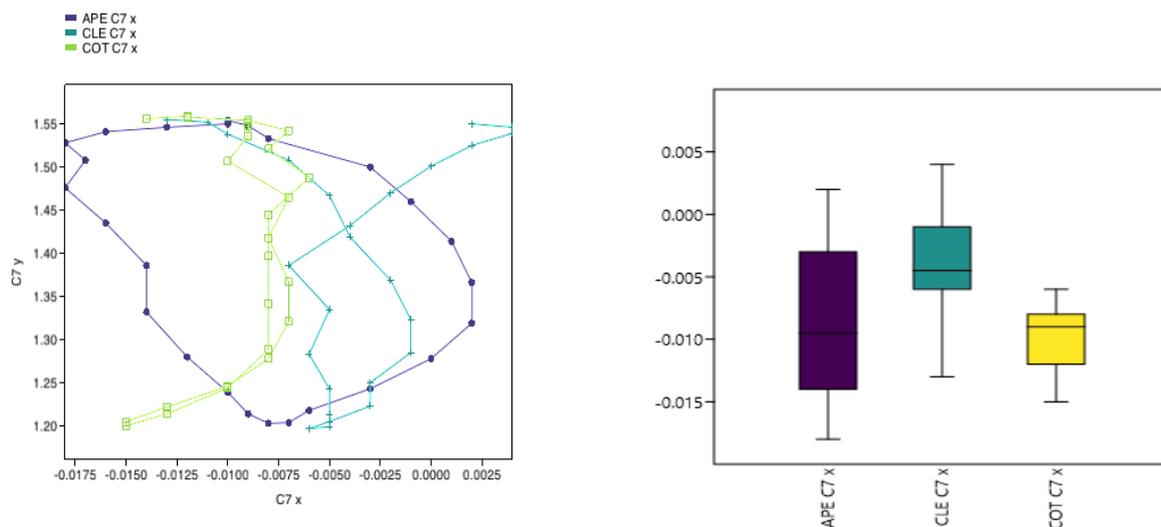
Soggetto 18: età 32, sesso maschile con mal oclusione asintomatica.



In queste rappresentazioni grafiche si può osservare una notevole differenza tra gli squat eseguiti in condizione inoclusale (APE) e quelli con una condizione oclusale (CLE e COT). Nel primo grafico viene raffigurata infatti, un tracciato medio APE con una traiettoria molto ampia nella sua completezza di movimento, sinonimo di un'instabilità posturale durante l'atto motorio. Questa tesi viene confermata anche dal grafico box plot sulla destra, con un grafico APE che dimostra una forte variazione dei dati, a differenza dei grafici CLE e COT. Si evince quindi che questo soggetto, svolgendo gli squat in condizioni oclusali, ha ottenuto un miglioramento della stabilità generale nel gesto motorio, apportando degli adattamenti posturali efficaci.



Soggetto 19: età 34, sesso maschile con mal occlusione asintomatica.

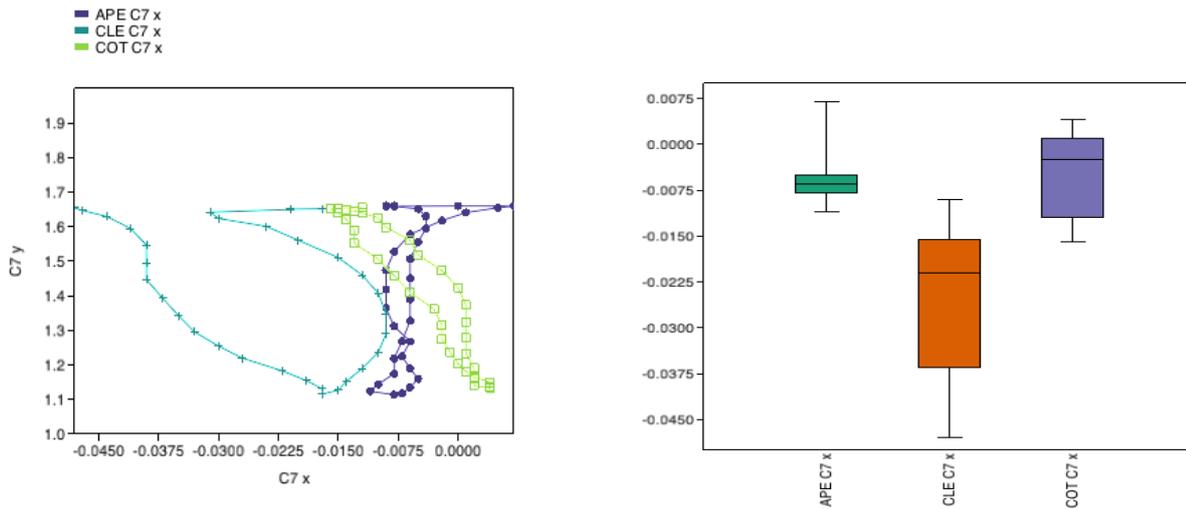


Analizzando i grafici del seguente soggetto, si osserva una particolare distinzione tra squat con condizioni oclusali (COT e CLE) e inoclusali (APE). Nello specifico, dal primo grafico XY a sinistra, si può notare un primo tracciato con la condizione inoclusale APE (viola), che dimostra un marcato problema negli adattamenti posturali durante lo svolgimento dello squat. Passando al secondo tracciato, con la condizione oclusale CLE (azzurro), si osserva già una minor ampiezza di movimento oscillatorio, e un generale miglioramento in termini posturali durante lo squat. Nel terzo e ultimo tracciato con condizione oclusale COT (verde), risalta invece un'ottima continuità di movimento e una fluidità di esecuzione. Sulla destra, il secondo grafico va a confermare le differenze evidenziate in precedenza, con alla sinistra un box APE nettamente più grande, a dimostrare la maggior

variazione di dati. Nel caso dei box CLE e COT si osserva un range interquartile simile, ma una maggior variazione di dati nel caso del grafico CLE. Si può riassumere quindi, un maggior equilibrio posturale con le condizioni oclusali, in particolare con la variabile COT, rispetto a quella inocclusale (APE).



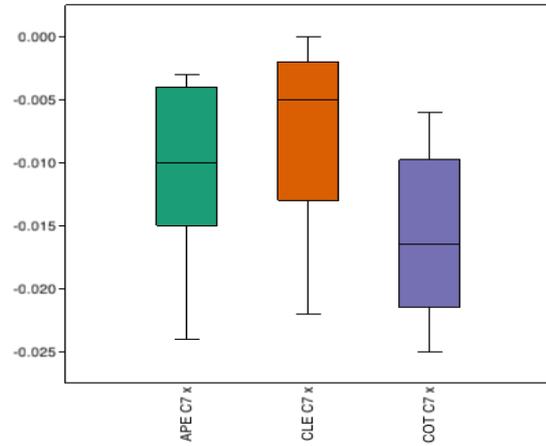
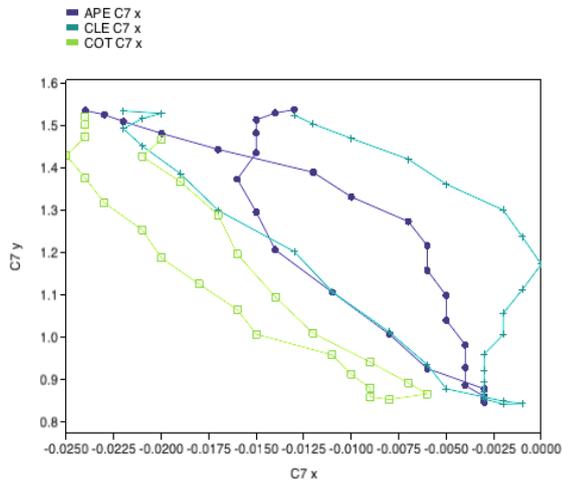
Soggetto 20: età 29, sesso maschile con mal occlusione asintomatica.



Nelle rappresentazioni grafiche di questo soggetto, si analizza una particolare distinzione tra l'andamento con la condizione oclusale CLE e le restanti due APE e COT. Nel primo caso con la condizione oclusale CLE (azzurro), infatti, si riscontra una discontinuità di movimento nelle due fasi. Con le variabili APE (viola) e COT (verde), l'esecuzione media dello squat risulta essere più precisa, con una buona fluidità di movimento in entrambe le fasi del gesto motorio. Nel box plot a destra, seguendo lo stesso filo logico, si nota una maggior variazione durante lo squat con variabile CLE, risultata simile invece tra le variabili APE e COT. Nel grafico APE, in particolare si differenzia un range interquartile molto ristretto, con simmetria rispetto alla mediana.



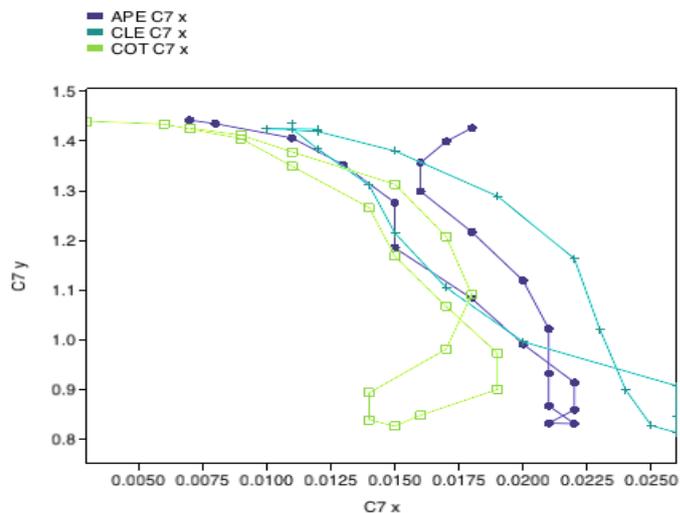
Soggetto 21: età 25, sesso maschile e mal occlusione asintomatica.



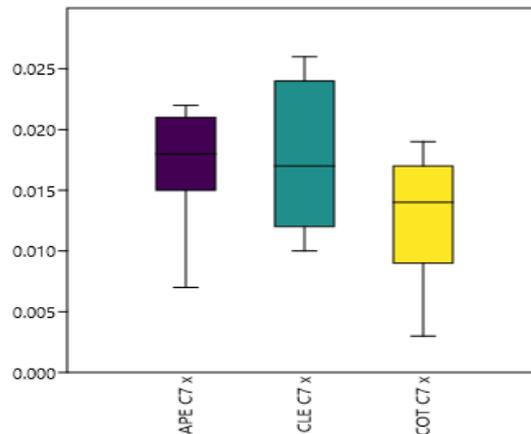
In questo soggetto, i grafici mostrano una certa omogeneità di movimento in tutte le tre variabili APE, CLE e COT prese in considerazione. A sinistra, nel grafico XY, l'andamento medio dei vari squat mostra uno scivolamento sulla destra in tutte le fasi eccentriche, ed uno conseguente sulla sinistra nelle fasi concentriche. Si osserva però una maggior continuità complessiva di movimento e una minor insicurezza durante gli squat con la condizione occlusale COT. Nel Box plot di destra si nota una certa uguaglianza nella rappresentazione, con una minima differenza nella variazione generale di dati nel caso della variabile COT.



Soggetto 22: età 26, sesso maschile con mal occlusione asintomatica.



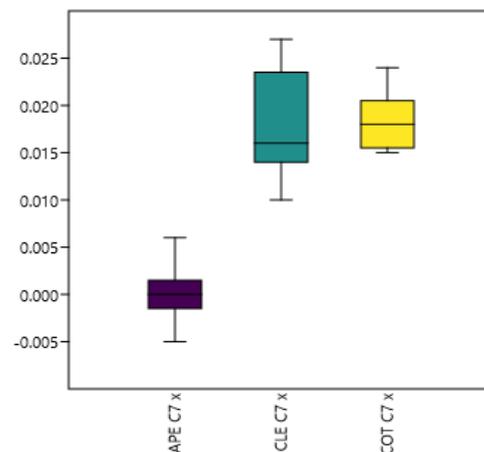
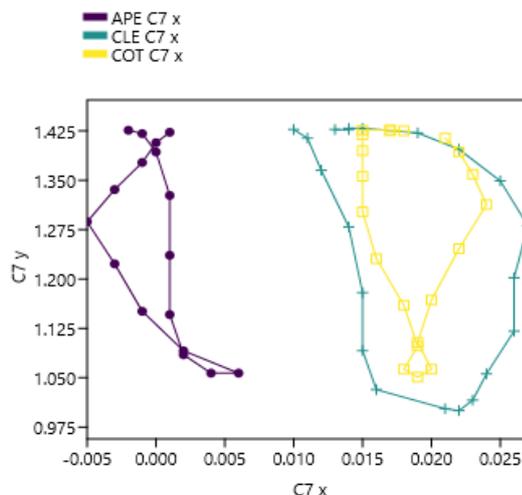
Nel presente grafico XY, notiamo un atteggiamento motorio molto simile per tutte le variabili osservate (APE, CLE e COT), con una tendenza allo scivolamento sulla destra, ipotizzabile ad uno squilibrio della catena muscolare.



Nel seguente soggetto, osserviamo tramite il box plot una simile variazione dei valori medi per tutte le tre varianti occlusali (COT, APE e CLE). Si evidenziano un range interquartile minore nel grafico della variabile APE, con una simmetria dei valori rispetto alla mediana. Diversamente viene raffigurato un range interquartile maggiore nel caso delle condizioni occlusali CLE e COT, con un'asimmetria dei valori rispetto alla mediana. Nel complesso, in questo soggetto non si sono evidenziate differenze sostanziali negli squat medi delle diverse varianti occlusali studiate.



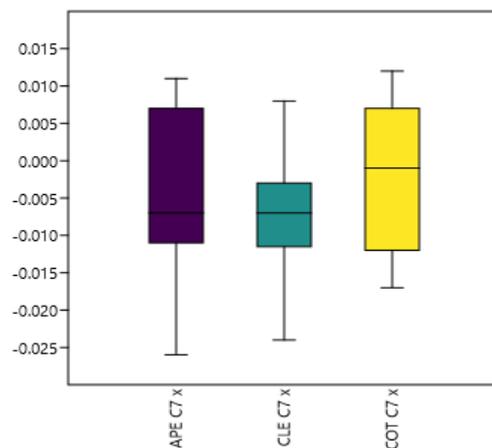
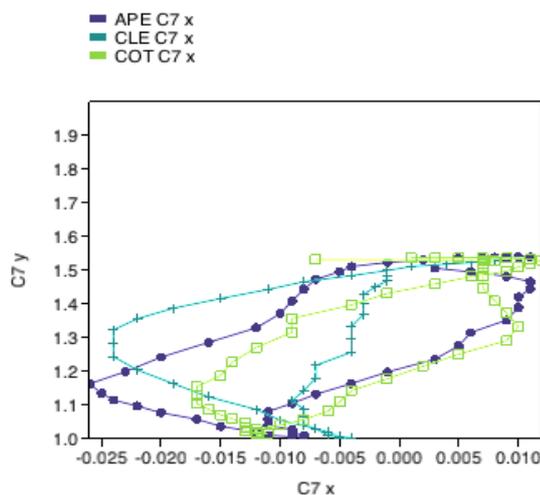
Soggetto 23: età 31, sesso maschile con mal occlusione asintomatica.



Soggetto che, come mostrato nei due grafici, ha riscontrato una maggior difficoltà nello squat con la condizione occlusale CLE, in gran parte nella fase concentrica, nonostante abbia mantenuto un buon ritmo nell'esecuzione. Le medie squat ottenute con le variabili APE e COT, risultano avere delle correzioni posturali simili. La fase eccentrica di discesa si mostra controllata ed equilibrata, mentre in fase concentrica dopo un inizio lineare si osserva una netta correzione del movimento prima di arrivare alla conclusione del movimento. Il box plot sulla destra, ci fa notare invece la differenza in termini di variazione dati tra le due variabili COT e APE, in cui risulta bassa, e la condizione occlusale CLE dove è più alta.

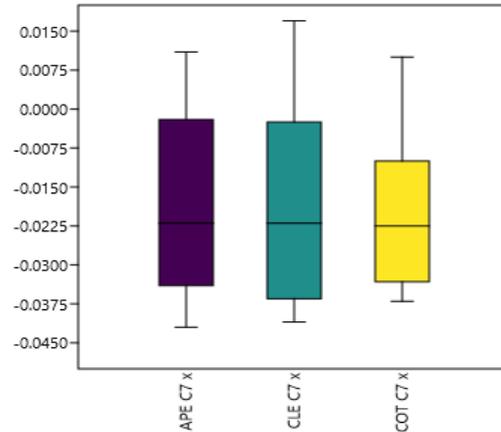
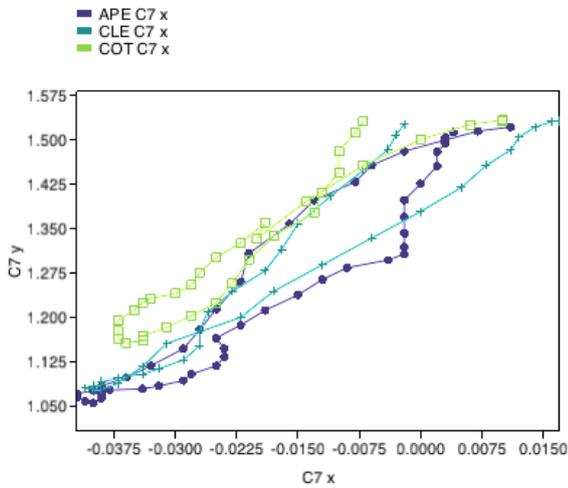


Soggetto 24: età 32, sesso maschile con mal occlusione asintomatica.



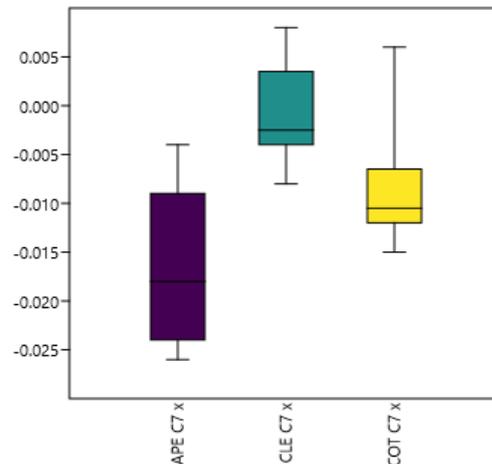
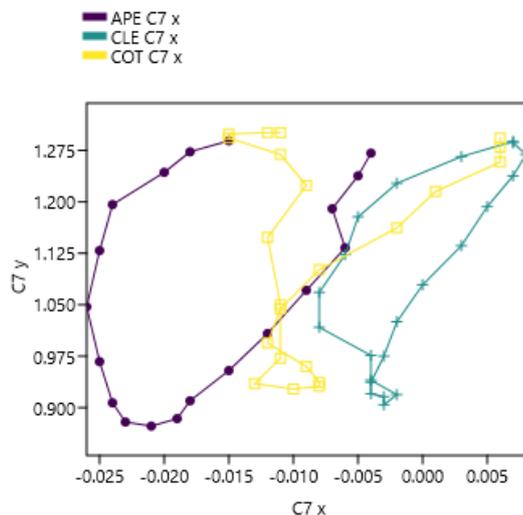
In questo box plot sulla destra, osserviamo un soggetto che allo svolgimento dello squat risponde, in termini di variazione, quasi allo stesso modo con le tre variabili occlusali analizzate (APE, CLE e COT). Notiamo però un range interquartile minore e una simmetria dei valori rispetto alla mediana con la condizione occlusale CLE. Con le variabili APE e COT i valori risultano asimmetrici rispetto alla mediana. sulla sinistra il grafico XY mostra una marcata oscillazione da una parte all'altra con un movimento verticale limitato.

Soggetto 25: età 24, sesso maschile con mal occlusione asintomatica.



Esaminando i grafici soprastanti, si percepisce un marcato disequilibrio delle catene muscolari, che portano il soggetto ad eseguire il gesto motorio dello squat obliquamente in tutte le tre medie squat raffigurate. Nella condizione inocclusale APE del grafico XY a sinistra, si osserva anche una certa discontinuità nella fase concentrica di ritorno. Il numero elevato di marker, ci suggerisce che l'esecuzione media degli squat effettuati dal soggetto è alta; pertanto, i tracciati sembrano essere più longilinei e simili tra loro. Nel grafico di destra in realtà, si rileva una minor variazione dei valori con la condizione occlusale COT. Con le variabili APE e CLE, invece, le rappresentazioni grafiche delle variazioni risultano leggermente più ampie.

Soggetto 26: età 20, sesso maschile con mal occlusione asintomatica.



I grafici analizzati, mostrano un compimento medio dello squat con la condizione inocclusale APE, che appare spostarsi da una parte all'altra e con un range interquartile più grande rispetto agli altri, a dimostrazione dell'ampiezza di movimento effettuata. Nelle condizioni occlusali CLE e COT il soggetto riscontra delle incertezze nell'esecuzione, trovando però un maggior equilibrio, avendo di conseguenza un range interquartile ristretto come mostrato nel grafico a destra.

CAPITOLO 6. I RISULTATI

È stata fatta un'elaborazione dei risultati finali dividendo il campione in due popolazioni di riferimento: una di sesso maschile e una di sesso femminile. I valori medi estrapolati, sono stati prima portati tutti in positivo, seguendo la metodologia della varianza, successivamente per ottenere il valore medio finale, viene calcolato sotto radice quadrata. Il valore finale risultante dai valori medi trovati per ogni variabile occlusale, è stato convertito in percentuale per avere un metodo di confronto migliore e capire di conseguenza se sono state ottenute delle differenze significative.

TABELLA CAMPIONE FEMMINILE

MEDIA APE	MEDIA CLE	MEDIA COT
25,70	1,20	15,50
10,60	4,10	5,80
2,50	2,30	5,00
1,80	12,60	17,30
13,80	15,80	16,20
10,30	26,40	19,00
2,10	3,60	5,90
23,80	35,80	9,60
7,90	15,10	6,60
3,60	1,00	1,00
12,80	16,50	10,20
20,90	18,60	25,50
11,32	12,75	11,47

TABELLA CAMPIONE MASCHILE

MEDIA APE	MEDIA CLE	MEDIA COT
11,20	23,70	21,10
2,00	4,70	10,40
1,20	10,10	7,90
2,20	6,10	6,80
16,30	2,10	14,10
0,70	11,60	19,10
8,70	3,70	9,60
5,80	25,10	4,80
10,50	8,30	16,20
17,30	17,80	13,00
0,10	18,20	18,40
4,30	7,90	2,20
18,60	17,70	20,20
16,60	0,80	7,60
8,25	11,27	12,24

Nella tabella maschile di riferimento, si ha un andamento percentuale progressivo, rispettivamente passando da un valore più basso (8,25 mm) per l'APE, al valore finale CLE (11,27 mm), fino al valore più alto (12,24 mm). Nella tabella di riferimento femminile, invece, riscontriamo il valore finale più alto in percentuale con la condizione occlusale CLE (12,75 mm), un valore percentuale minore con la variabile occlusale COT (11,47 mm), e un valore finale più basso riscontrato con la condizione inoclusale APE (11,32 mm). Esaminando le due tabelle stilate, possiamo riassumere dei valori percentuali con la variabile occlusale APE più bassi in entrambi i sessi.

Sottraendo successivamente il valore percentuale finale della variabile inoclusale APE, sia con la variabile oclusale CLE che con la variabile oclusale COT, si ottengono i due valori definitivi che ci indicano a quanto corrisponde la variazione effettiva in percentuale.

Sono stati ottenuti, dalle correlazioni nella tabella del campione femminile, i seguenti risultati:

- **APE – CLE:** la differenza, considerando i valori medi esaminati, nell'esecuzione dello squat tra le due variabili APE e CLE è risultata del **12,67%**.
- **APE – COT:** la differenza, invece, considerando i valori medi esaminati, nell'esecuzione dello squat tra le due variabili APE e COT è risultata di **1,33%**.

Analizzando invece i dati ottenuti dalla tabella del campione maschile, le correlazioni hanno dato i seguenti risultati:

- **APE – CLE:** la differenza, considerando i valori medi esaminati, nell'esecuzione dello squat tra le due variabili APE e CLE è risultata del **36,61%**.
- **APE – COT:** la differenza, invece, considerando i valori medi esaminati, nell'esecuzione dello squat tra le due variabili APE e COT è risultata del **48,36%**.

CAPITOLO 7. CONCLUSIONI E CONSIDERAZIONI PERSONALI

Lo scopo ricercato in questa tesi è quello di rilevare gli adattamenti posturali riscontrati durante l'esecuzione di un numero totale prestabilito di squat, eseguiti in modo stocastico per tre condizioni osservate, due occlusali e una inoclusale, evidenziandone le differenze di spostamento in termini percentuali e dimostrando l'esistenza di una correlazione tra la mal occlusione e l'esercizio fisico.

Per dimostrare questa correlazione, in questo studio sperimentale ci siamo serviti di un campione di 26 volontari, composto da 12 soggetti di sesso femminile di età compresa tra i 19 e i 33 anni e una media di $25,1 \pm 3,7$ e 14 soggetti di sesso maschile con età compresa tra i 19 e i 34 e una media di $28,5 \pm 3,9$.

Durante tutto il periodo di ricerca sono stati esaminati 390 video di squat, 15 per ciascun volontario. Tramite il software Tracker, sono stati estrapolati ed esportati per ogni soggetto 4212 punti di coordinate xy, per un totale di 109.512 per tutto il campione.

Per trovare la correlazione, è stata presa in considerazione come riferimento la variabile inoclusale APE (bocca aperta con mancanza di contatto dentale), che è stata confrontata con le due variabili occlusali CLE (massimo serramento dentale volontario) e COT (massimo serramento dentale con rulli salivari di cotone tra le arcate dentali, per simulare l'azione del bite e togliere un eventuale mal occlusione).

Per constatare le variazioni di un punto nelle diverse condizioni occlusali e inoclusali (APE, CLE e COT), sono stati realizzati 50 grafici.

Dall'analisi finale dei seguenti grafici, per ogni variabile APE, CLE e COT sono stati riportati i rispettivi valori medi finali, scaturiti dai valori medi di ciascun soggetto. Questi dati definitivi, in percentuale, ci hanno permesso di identificare delle variazioni importanti tra gli squat con una condizione inoclusale e quelli con una condizione occlusale.

Analizzando i risultati per il punto C7, sul piano posteriore, i risultati hanno evidenziato che: rispetto alla condizione inoclusale, il campione maschile ha avuto una variazione generale maggiore con le due condizioni occlusali. Rispetto alla condizione CLE, infatti, risulta esserci una variazione del 36,61%, mentre rispetto alla condizione COT, si raggiunge una variazione del 48,36%.

Nel campione femminile, rispetto alla variabile CLE è stata rilevata una variazione del 12,67%, mentre nella correlazione con la condizione COT, è stata rilevata una variazione dell'1,33%.

Si è deciso di mettere in risalto il punto corporeo che ha riscontrato una maggior evidenza, in particolare per il campione maschile.

Analizzando i singoli soggetti del campione, sono state osservate delle variazioni notevoli, per ogni singolo punto. Nel caso della condizione oclusale con cotone in particolare, una correlazione così alta nel campione maschile indica che i soggetti hanno eseguito degli squat più stabili e controllati dal punto di vista posturale grazie alla correzione della mal occlusione.

Per concludere, questo studio mi ha permesso di capire l'importanza di considerare la parte gnatologica all'interno dell'ambito preventivo. In particolare, questo argomento di tesi ha suscitato il mio interesse per l'interazione che può creare una mal occlusione a livello muscolare e posturale, portando ad avere squilibri della forza muscolare e persino essere causa di numerosi infortuni.

Per me questa ricerca rappresenta un valore aggiunto per la mia futura carriera, poiché mi permetterà di applicare queste nuove conoscenze e riportarle nel campo della prevenzione e dell'esercizio fisico adattato in modo più efficiente possibile quanto necessario. L'obiettivo è quello di tener conto in futuro del fattore gnatologico, in modo da poter agire per migliorare questi problemi posturali derivanti dalla mal occlusione, tramite esercizi che possano migliorare la postura e l'equilibrio delle catene muscolari, consigliando al paziente di curare allo stesso tempo l'aspetto dell'occlusione.

RINGRAZIAMENTI

Ci tengo a ringraziare tutte quelle persone che mi hanno accompagnato e seguito in questo cammino universitario, che per me ha rappresentato una crescita, per la professione che dovrò ricoprire ma anche a livello di maturità personale.

Inizio ringraziando il Prof. P. Malpezzi, mio relatore, che mi ha seguito nel momento più importante del percorso universitario, dall'inizio dello studio sperimentale, fino agli ultimi dettagli nella stesura della tesi. Ho potuto imparare tanto da lui e mi ha permesso di svolgere al meglio questo lavoro, con la sua disponibilità nel comprendere qualsiasi mio problema e trovare sempre una soluzione.

Grazie al mio correlatore L. Caruso e ai collaboratori F. Malpezzi e il Dott. P. Fugazzola, per il loro grandissimo sostegno durante la conduzione delle valutazioni svolte. Da loro ho potuto cogliere tanti preziosi consigli per il mio futuro.

A Samuele, l'amico che c'è sempre stato, nei momenti di gioia e soprattutto in quelli difficili. L'amico con cui ho condiviso a pieno questo ciclo universitario sin dall'inizio. Siamo cresciuti di pari passo in questo percorso, dalle notti di studio prima degli esami a quelle pensando al nostro futuro.

Ringrazio singolarmente, tutti i miei amici. Ognuno, chi più chi meno, ha contribuito in questi anni nel darmi la giusta forza e convinzione per raggiungere questo traguardo per me importante.

Grazie ai miei familiari, che hanno seguito la mia crescita universitaria negli anni, sostenendo le mie scelte e riuscendo ad essere vicini anche nella lontananza. In particolare, ci tengo a menzionare mia nonna, Giovanna, che mi è stata vicina in questi anni da fuorisede, dalle chiamate per sapere gli esiti di ogni singolo esame, passando per i pacchi da giù. Non ho mai conosciuto una persona con la sua energia e spero di poter cogliere questa sua energia per affrontare tutto ciò che mi aspetta. Mi hai insegnato che per far felice qualcuno bastano dei gesti semplici. Per esempio, il tuo immancabile piatto di pasta per pranzo. Non riuscirò ad eguagliare quanto hai fatto e fai tutt'ora per me, ma una cosa è certa, non smetterò di starti a fianco quando ne avrai bisogno e...avrà presto quella famosa ruota di grana che ti devo.

A Giovanni, mio fratello, che in questi anni di studi, nonostante la distanza con piccoli grandi gesti ha sempre fatto tanto per me. So di poter contare su di lui per qualsiasi cosa, nonostante un rapporto di poche parole, con la certezza che basta un cenno per capirci. Mi dispiace se magari non riesco ad

esprimere il bene che ti voglio, ma ti posso assicurare che è immenso e che sono fiero di avere un fratello maggiore come te.

Ad Aurora, la mia ragazza. La persona che più ha vissuto questo percorso che ho affrontato, restatomi sempre accanto e cercando di confortarmi in tutto e per tutto. Nei momenti di sofferenza hai sofferto con me e in quelli di gioia, hai gioito con me e in quelli di ansia e di sconforto, che sono stati tanti, cercavi di tranquillizzarmi, riuscendoci spesso con il tuo ottimismo, ma spesso mi bastava già vedere il tuo sorriso per dimenticare tutto. In questi mesi mi hai sostenuto come nessuna ragazza al mondo sarebbe in grado di fare, facendo letteralmente di tutto per assistermi in questo percorso di tesi, aiutandomi ogni volta che ne ho avuto bisogno, senza tirarti mai una volta indietro e dimostrandomi quanto ci tenevi a vedermi raggiungere questo risultato. Ringraziarti sarebbe un diminutivo, quindi posso solo dire di essere fiero e fortunato ad avere una ragazza come te. Spero di poterti sostenere come tu hai fatto per me, aiutandoti a raggiungere i tuoi obiettivi. Ti amo tantissimo.

A Mamma e Papà. Se oggi sono qui ed ho raggiunto questo obiettivo, è solo grazie a voi. Voi che mi avete dato i consigli giusti al momento giusto, che mi avete sempre sostenuto in tutto e per tutto, che mi avete trasmesso coraggio prima di ogni esame. Sono orgoglioso di avere dei genitori come voi, non smetterò mai di dirvi grazie per avermi dato la fiducia nell'affrontare questo percorso fin da subito, credendo in me. Vi amo, siete tutto per me e spero di avervi reso felici con questo traguardo e vi prometto che continuerò a fare del mio meglio per rendervi orgogliosi, giorno dopo giorno.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Malpezzi P. (2021) Parabite Malpezzi® - I fondamenti della gnatologia e la fisica meccanica: Edizioni Martina
- 2) Slater LV, Hart JM. Modelli Di Attivazione Muscolare Durante Diverse Tecniche Di Squat. J Forza Cond Res. 2017
- 3) Amaricai E, Onofrei RR, Suci O, Marcauteanu C, Stoica ET, Negruțiu ML, David VL, Sinescu C. Diverse condizioni dentali influenzano la pressione statica plantare e la stabilometria nei giovani adulti? PLoS Uno. 2020 (PubMed)
- 4) Brugnoli G. Alpini D. (2007) – Medicina fisica e riabilitativa nei disturbi di equilibrio. Springer: 46-47-48-49-50
- 5) Angiolini G. (2020) – Il mio metodo wellness. Mondadori
- 6) Appunti del corso “il laureato in scienze motorie nel recupero funzionale” – Facoltà di S.T.A.M.P.A. di Ferrara, M. Fogli – 2022/2023
- 7) Appunti del corso in “interazioni tra occlusioni dentali ed esercizio fisico”, Facoltà S.T.A.M.P.A. di Ferrara, P. Malpezzi L. Caruso - 2023
- 8) Meridiani miofasciali. Percorsi anatomici per i terapeuti del corpo e del movimento - Thomas W. Myers – Tecniche Nuove - 2016

SITOGRAFIA

CAPITOLO 1

- 9) https://www.salute.gov.it/imgs/C_17_pubblicazioni_2717_allegato.pdf
- 10) <https://www.posturafacile.it/2022/01/malocclusione-dentale-e-i-disturbi-posturali/>
- 11) https://www.google.it/books/edition/Medicina_fisica_e_riabilitativa_nei_dist/XTIdUfPWyPcC?hl=it&gbpv=1&dq=postura+E+OCCLUSIONI+DENTALI&pg=PA49&printsec=frontcover
- 12) https://books.google.it/books?hl=it&lr=&id=hG0U60GppNgC&oi=fnd&pg=PA7&dq=barker+1998+esercizio+fisico&ots=hJMb0dxdne&sig=BbkHjnN9vi36kEv9Up8II_702VM#v=onepage&q=barker%201998%20esercizio%20fisico&f=false
- 13) <https://www.formativezone.it/correlazione-tra-occlusione-postura-e-osteopatia/>

CAPITOLO 2

- 14) https://www.researchgate.net/profile/Massimo-Angelozzi/publication/289251132_Influence_of_malocclusion_on_posture_and_physical_p

[erformance/links/64ec9d460acf2e2b521e7554/Influence-of-malocclusion-on-posture-and-physical-performance.pdf](https://www.researchgate.net/publication/331111111/links/64ec9d460acf2e2b521e7554/Influence-of-malocclusion-on-posture-and-physical-performance.pdf)

- 15) [https://www.cervicalevertigini.it/articolazione-temporo-mandibolare/#movimenti-dell'articolazione-temporo-mandibolare](https://www.cervicalevertigini.it/articolazione-temporo-mandibolare/#movimenti-dell-articolazione-temporo-mandibolare)
- 16) <https://www.raffaelesulla.it/2017/12/08/atm-articolazione-temporo-mandibolare-ed-alterazioni-posturali/>
- 17) <https://www.malpezziamabile.it/gnatologia/>
- 18) <https://www.studiomysmile.it/blog/393-anatomia-dei-denti,-ecco-cosa-sapere.html>
- 19) https://online.scuola.zanichelli.it/ilcorpoumano2ed-files/il-corpo-umano-vol-1/leggere-ebook/C_11_p_165_Lingua.pdf

CAPITOLO 3

- 20) <https://www.posturabenessere.com/item/179-lo-squat-linea-guida-per-l-esecuzione-corretta.html>

CAPITOLO 4

- 21) <https://dottormotta.it/news/elettromiografia-dentale-come-si-svolge/>
- 22) <https://odontoian.it/scanner-intraorale/>
- 23) <https://www.posturafacile.it/2022/03/la-baropodometria-statica-per-misurare-lappoggio-del-piede/>

CAPITOLO 5

- 24) https://www.jmp.com/it_it/statistics-knowledge-portal/exploratory-data-analysis/box-plot.html