

## **UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

Dipartimento di Scienze Biomediche  
Corso di Laurea Triennale in Scienze Motorie

Tesi di laurea

### **BIOMECCANICA DEL CURL**

Relatore: Dott.ssa Ilaria Toniolo

Laureando: Luigi Posenato

Numero di matricola: 2047762

Data di laurea: Anno Accademico 2023/2024

# INTRODUZIONE

In questo elaborato verrà analizzato il curl, un esercizio per allenare i flessori del gomito, tra cui in particolare il bicipite brachiale. Lo scopo di questa ricerca è quello di capire se e come alcune varianti di questo esercizio possano influenzare diversamente l'attivazione muscolare. Inoltre, si vuole studiare l'effetto su forza e ipertrofia ottenuto attraverso varie tipologie di curl e modalità esecutive. Si inizierà dallo studio dell'articolazione del gomito e dei principali muscoli che agiscono sulla flessione dell'avambraccio sul braccio, al fine di avere un quadro completo sulle strutture che sono interessate nell'esercizio in questione. Poi verranno esaminati alcuni studi scientifici che analizzano l'attivazione muscolare, attraverso elettromiografia di superficie, durante l'esecuzione di curl con impugnature, attrezzi e modalità differenti. Inoltre, si prenderanno in considerazione delle ricerche in cui viene confrontato l'effetto in termini di forza e ipertrofia ottenuto con delle varianti di curl con varie esecuzioni. La passione per l'allenamento in sala pesi e l'interesse per la biomeccanica degli esercizi con sovraccarichi, mi ha spinto a scegliere l'argomento di questa tesi; inoltre l'approfondimento di questo tema mi aiuterà nella selezione consapevole degli esercizi per stimolare i flessori del gomito. Infatti, si vedono eseguire e vengono proposte numerosissime tipologie di curl al fine di colpire nel modo più efficace un determinato muscolo, tuttavia ciò, spesso viene fatto seguendo le proprie sensazioni e non attraverso un approccio scientifico.

## **INDICE**

Capitolo 1 - Caratteristiche che distinguono le principali varianti di curl

Capitolo 2 - Anatomia dell'articolazione del gomito

Capitolo 3 - Analisi dell'attivazione muscolare nei vari tipi di curl

Capitolo 4 - Effetti sull'ipertrofia e sulla forza dei flessori del gomito

Capitolo 5 - Conclusioni

## Capitolo 1 - Caratteristiche che distinguono le principali varianti di curl

Possiamo classificare gli esercizi di curl in base all' attrezzo utilizzato (bilanciere, bilanciere ez, manubri, cavi, macchine...) oppure in base all' impugnatura (prona, supina, neutra). Inoltre, si può fare un'altra distinzione che riguarda la posizione dell'omero rispetto al busto:

1- omero flesso con gomito davanti al busto (ad esempio in uno spider curl, che viene eseguito da sdraiati in posizione prona su una panca inclinata)

2- omero parallelo al busto (ad esempio nei curl classici eseguiti in piedi con manubri o bilanciere)

3- omero esteso con gomito dietro al busto (ad esempio nei curl eseguiti da sdraiati in posizione supina su una panca inclinata)

Lo scopo di variare l'angolo tra il braccio e il torso deriva dal fatto che il bicipite brachiale è biarticolare, perciò è possibile allungarlo o accorciarlo rispettivamente estendendo o flettendo l'omero. In seguito verrà preso in causa più volte il preacher curl, un esercizio che viene eseguito con le braccia appoggiate su un sostegno (panca Scott), il quale impone all'omero di non essere perpendicolare al pavimento (cosa che invece avviene negli esercizi sopra citati escludendo quelli con cavi e macchine). Come mostrato nel lavoro di Loss e Candotti [1] nel preacher curl il sovraccarico applica un diverso profilo di resistenza rendendo l'esercizio più difficile nella fase iniziale e poi progressivamente più facile alla fine.

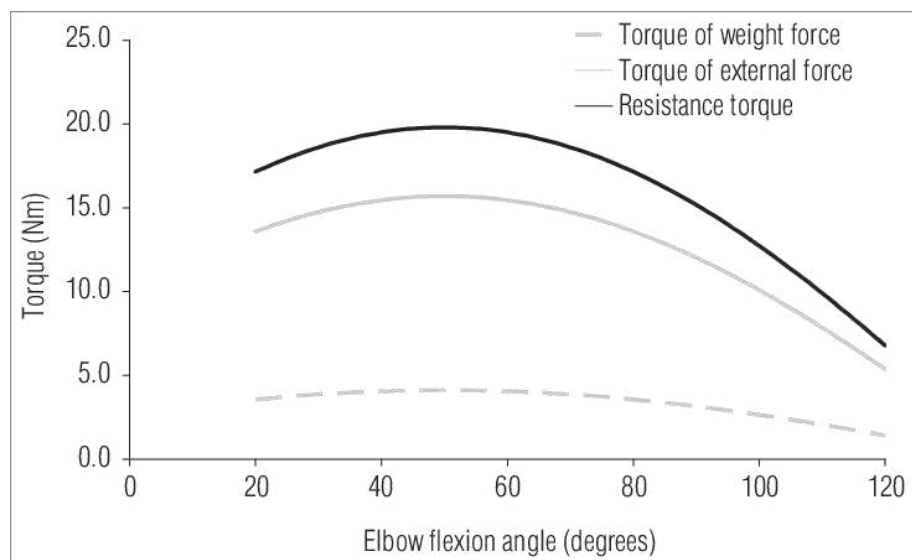
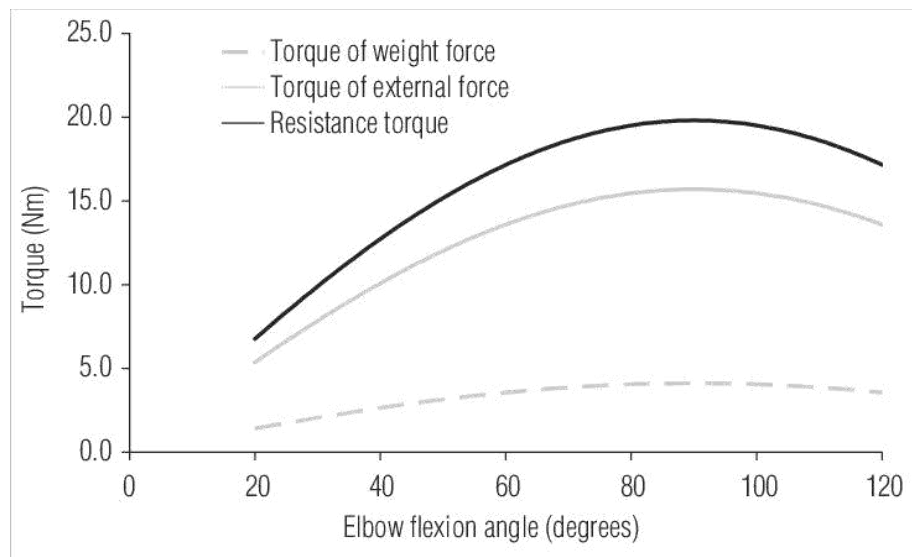


Figura 1: Coppia di resistenza e sue componenti nel preacher curl [1]

In un curl con omero verticale invece, il momento generato dal sovraccarico é minimo all' inizio e aumenta fino a quando si raggiunge un angolo di 90° tra braccio e avambraccio.



*Figura 2: Coppia di resistenza e sue componenti nel curl classico con omero verticale [1]*

## Capitolo 2 - Anatomia dell' articolazione del gomito

Adesso andremo ad analizzare l' articolazione del gomito e i muscoli che agiscono su di essa, dando particolare attenzione ai flessori dell' avambraccio sul braccio, dato che sono il target di qualsiasi curl eseguito con gli arti superiori.

Nel gomito si articolano l' omero, il radio e l' ulna formando tre articolazioni parziali: l' articolazione omeroulnare (tra l' omero e l' ulna), l' articolazione omeroradiale (tra l' omero e il radio) e l' articolazione radioulnare prossimale (tra l' ulna e il radio). Le prime due permettono il movimento di flesso-estensione dell' avambraccio sul braccio: fino a 145 gradi di flessione partendo dalla posizione neutra e fino a 10 gradi in estensione sempre partendo dalla posizione neutra. L' articolazione radioulnare prossimale invece consente la rotazione della mano (pronazione e supinazione). Il normale range di supinazione dell' avambraccio è di 85 gradi. In pronazione si arriva mediamente intorno agli 80 gradi.

Il movimento di flessione del gomito avviene principalmente grazie a tre muscoli: il bicipite brachiale, il brachiale e il brachioradiale. I primi due si trovano nella parte anteriore del braccio mentre il terzo è situato nella zona laterale dell' avambraccio. Il bicipite brachiale è composto da due capi (capo lungo e capo breve) che sono entrambi biarticolari poiché originano dalla scapola (tuberosità sovraglenoidea e processo coracoideo). I capi si uniscono nel braccio e si inseriscono attraverso un tendine comune sul radio (tuberosità radiale); questo comporta che il bicipite brachiale agisca come supinatore dell' avambraccio. Inoltre, tenendo conto della sua biarticolarietà, il bicipite ha anche la funzione di flettere l' omero. Il muscolo brachiale invece, agisce esclusivamente a livello del gomito, infatti origina dalla faccia anteriore dell' omero e si inserisce sulla tuberosità dell' ulna. La sua unica funzione è quella di flessore e agisce indipendentemente dalle posizioni di supinazione e pronazione dell' avambraccio. Il brachioradiale origina dall' epicondilo laterale dell' omero e si inserisce sul processo stiloideo del radio; flette l' avambraccio e lo mantiene in posizione neutra contrastando sia la supinazione che la pronazione. Nella parte posteriore del gomito invece troviamo i muscoli estensori: il tricipite brachiale, che è il principale motore nell' estendere l' avambraccio e l' anconeo. Lateralmente (a livello del gomito) si trovano i muscoli estensori del polso e il supinatore. Medialmente si collocano i muscoli flessori del polso e i pronatori dell' avambraccio (il pronatore rotondo che origina dall'

epicondilo mediale e il pronatore quadrato che tuttavia si colloca tra ulna e radio vicino al polso). [2] [3]

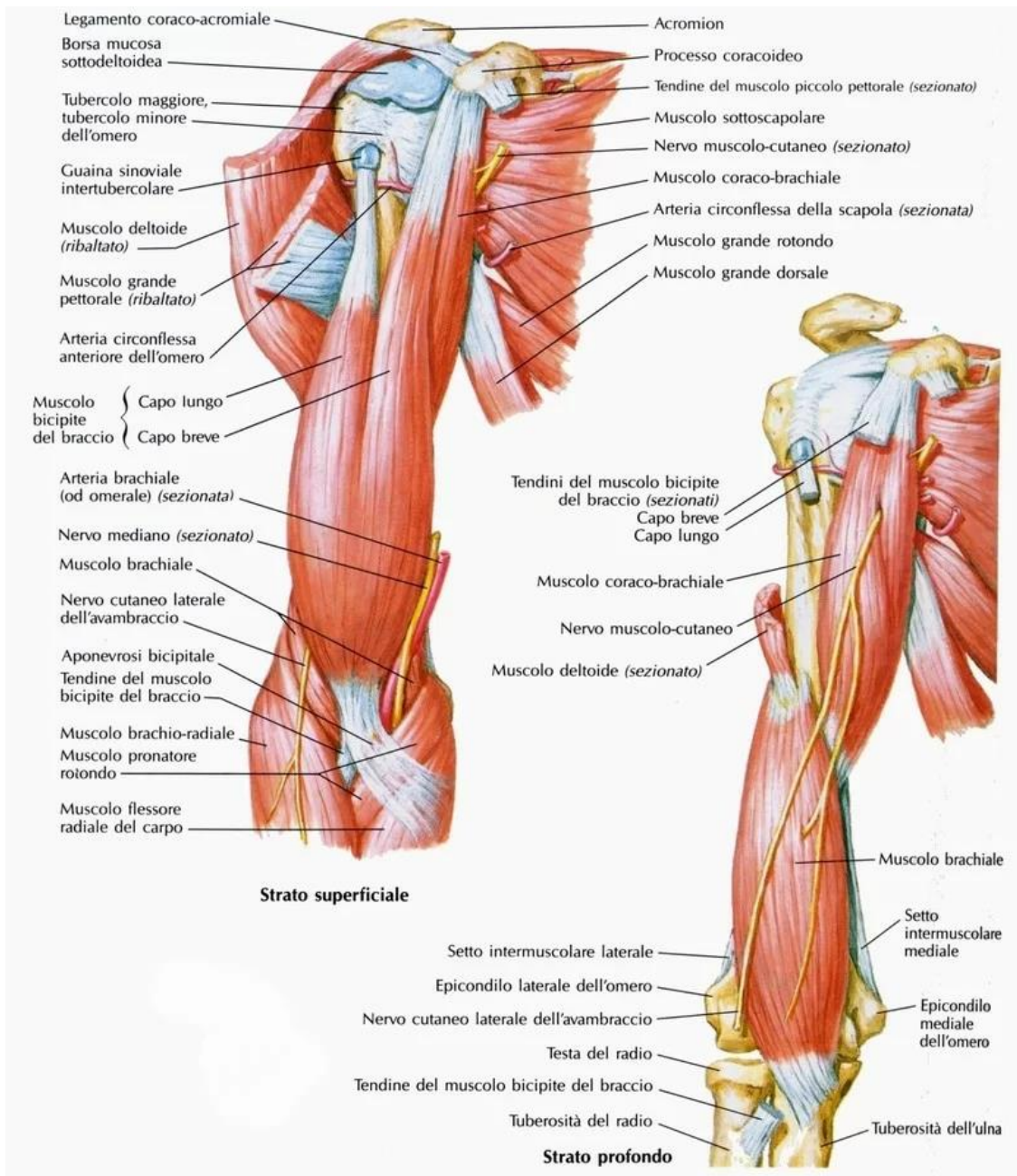


Figura 3: muscoli del braccio visti anteriormente [www.medicinapertutti.it]

## Capitolo 3 - Analisi dell' attivazione muscolare nei vari tipi di curl

Vista l'anatomia, il prossimo passo è quello di capire se e come cambia l'attivazione dei muscoli flessori a seconda del tipo di impugnatura utilizzata. In letteratura ci sono diversi articoli che trattano questo argomento; ad esempio nel lavoro di Coratella e colleghi [4] è stata analizzata (attraverso EMG) l'eccitazione del bicipite brachiale, del brachioradiale e del deltoide anteriore durante l'esecuzione di curl con tre tipi di prese: supina, neutra e prona. Hanno partecipato a questo studio 10 bodybuilder maschi di circa 30 anni con simili caratteristiche antropometriche e medesima anzianità di allenamento. I partecipanti erano in salute e non hanno assunto alcolici o caffeina nelle 24 ore antecedenti ai test. Lo studio si è sviluppato in cinque sedute: la prima è stata dedicata alla familiarizzazione con gli esercizi, la seconda e la terza a determinare l' 8-RM (carico massimo con cui eseguire 8 ripetizioni) per ciascuna variante, la quarta al posizionamento degli elettrodi e la quinta alla collezione dei dati durante l'esecuzione degli esercizi scelti. Le varianti prona e supina sono state eseguite con una barra connessa ad una puleggia, mentre la neutra impugnando una corda anch'essa collegata alla puleggia. In tutti e tre gli esercizi è stato richiesto di stare in piedi mantenendo le braccia parallele al tronco e di eseguire sei ripetizioni complete con l'8-RM precedente trovato. I risultati mostrano che sia il bicipite brachiale che il brachioradiale raggiungono livelli di eccitazione più elevati con la presa supina. Inoltre si nota che il bicipite brachiale ha un' attivazione leggermente minore in pronazione rispetto che in presa neutra. Per quanto riguarda il brachioradiale invece non sono state rilevate differenze significative tra la condizione prona e quella neutra. Le differenze appena citate sono presenti solo nella fase concentrica, mentre per quella eccentrica non vengono riportate differenze significative. Il deltoide anteriore mostra un'attività maggiore con la presa prona e neutra rispetto alla supina. Inoltre, indipendentemente dal tipo di impugnatura, è stata vista una maggiore eccitazione in tutti e tre i muscoli durante la fase di ascesa. Di fronte a questi risultati gli autori dello studio sostengono che la presa supina attivi maggiormente i flessori del gomito e richieda minor stabilizzazione dell' articolazione della spalla. Come chi ha realizzato questo articolo, sono rimasto sorpreso dal fatto che il brachioradiale si sia attivato maggiormente con la presa supina: infatti, dall' anatomia sappiamo che il

brachioradiale, oltre a essere un flessore del gomito, ha anche il ruolo di mantenere l'avambraccio in posizione neutra. Gli autori, ipotizzano che questo risultato sia dovuto al fatto che utilizzando una presa supina il brachioradiale risulti più allungato, portando così ad un'eccitazione maggiore.

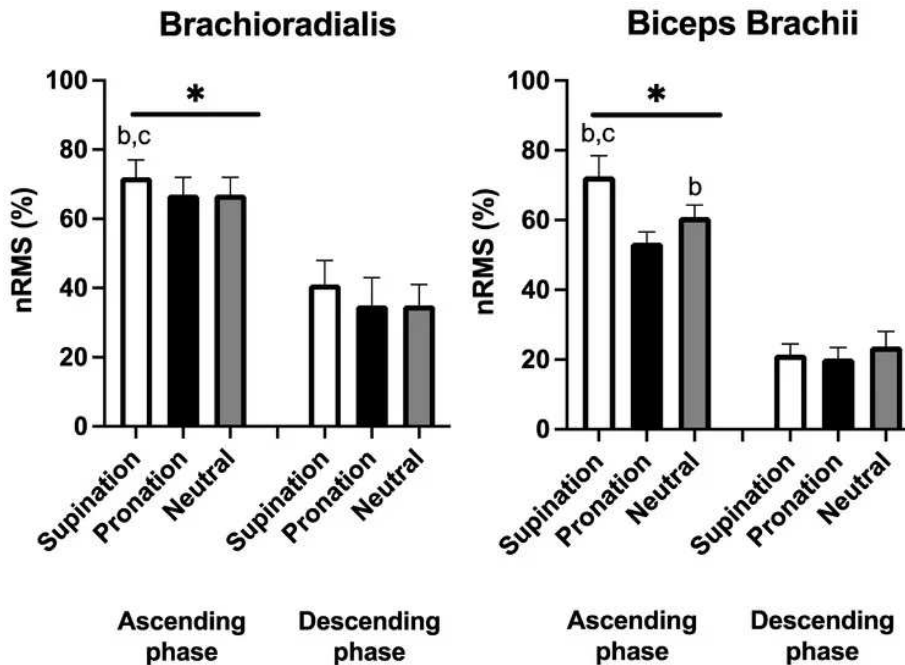


Figura 4: Attivazione del brachioradiale e del bicipite brachiale a seconda dell'impugnatura utilizzata [4]

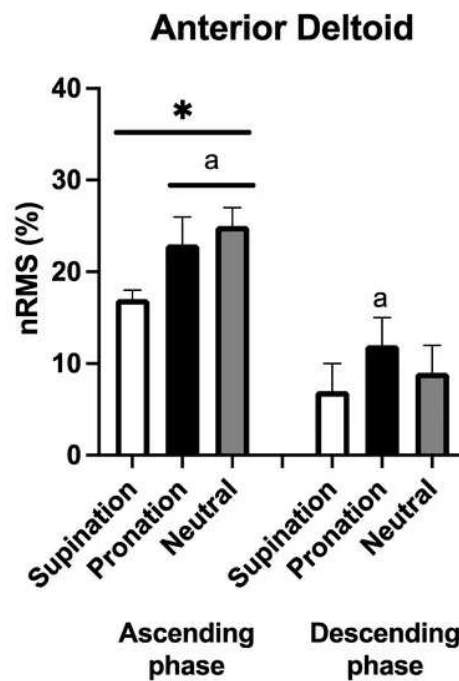


Figura 5: Attivazione del deltoide anteriore a seconda dell'impugnatura utilizzata [4]

Un altro studio interessante che tratta l'attivazione muscolare dei flessori del gomito durante l'esecuzione di curl per bicipiti è quello di Jahizi e colleghi [5], in cui oltre a registrare i dati EMG, vanno a confrontarli con il numero di ripetizioni che i partecipanti sono riusciti ad eseguire. In questa ricerca sono state coinvolte 30 persone di sesso maschile con un'età compresa tra 19 e 23 anni. Inoltre questi soggetti avevano un peso minimo di 64 kg, un peso massimo di 74 kg e la loro altezza era compresa tra 164 cm e 172 cm. Altre caratteristiche richieste per partecipare erano: avere almeno un anno di esperienza nell'allenamento contro resistenza che includesse anche curl per bicipiti e non soffrire di infortuni che potessero limitare il movimento di gomiti, spalle o polsi. Una prima seduta è stata spesa per prendere confidenza con gli attrezzi e per testare l' 1-RM relativo al curl tradizionale (presa supina) eseguito con due manubri. Dalla seconda alla quarta sessione è stata assegnata casualmente ai partecipanti una delle tre varianti di curl (tradizionale, a martello e inversa) al fine di raccogliere i dati ricercati. Ciascuna di queste ultime tre sedute è iniziata con un riscaldamento generale di 15 minuti seguito da una serie da 12 ripetizioni di curl al 40% dell' 1-RM. Successivamente al riscaldamento sopracitato i partecipanti hanno eseguito una serie con l'80% del loro 1-RM di cui sono stati raccolti i dati EMG e il numero di ripetizioni. Gli elettrodi sono stati messi solo sul lato dominante e per trovare il punto preciso dove applicarli sul bicipite brachiale e sul brachiale hanno utilizzato le linee guida del sito SENIAM. I risultati di questo studio mostrano che l'attivazione elettromiografica del bicipite è stata maggiore durante il curl tradizionale rispetto al curl a martello (avambracci in posizione neutra) e al curl inverso (avambracci in pronazione). Nel curl a martello l'attivazione del bicipite era comunque maggiore che in quello inverso. Per quanto riguarda il brachiale l'attivazione maggiore si è verificata durante il curl inverso, mentre non sono state trovate differenze tra curl tradizionale e curl a martello.

*Tabella 1: Attivazione (EMG) bicipite brachiale e brachiale durante curl tradizionali, a martello e inversi [5]*

	Traditional	Hammer	Reverse
Bicep brachii (% MVC)	70.28 ± 4.10	66.69 ± 2.63	61.29 ± 5.72
Brachialis (% MVC)	62.16 ± 3.99	60.18 ± 5.09	68.65 ± 7.75

Il numero di ripetizioni più alto è stato realizzato nel curl a martello con una media di 8.72, seguito dal curl tradizionale con una media di 7.88 e dal curl inverso con una media di 6.94. Gli autori di questa ricerca ipotizzano che il perché di ciò sia dovuto al fatto che nel curl a martello ci sia un maggior coinvolgimento dei muscoli dell'avambraccio, i quali aiutano il bicipite e il brachiale a fare più ripetizioni.

	Traditional	Hammer	Reverse
Repetitions	7.88 ± 1.10	8.72 ± 1.23	6.94 ± 1.02

*Tabella 2: Numero di ripetizioni durante curl tradizionale, a martello e inverso [5]*

Cambiare il tipo di impugnatura agendo sulla rotazione dell'avambraccio non è l'unico modo per variare l'esecuzione di un curl per bicipiti. Per esempio nel lavoro di Oliveira e colleghi [6] quello che cambia è la posizione dell'omero rispetto al busto. In questo studio infatti viene analizzata l'attivazione muscolare, rilevata attraverso elettromiografia di superficie, di tre esercizi: il curl tradizionale con manubri (busto verticale con omero parallelo ad esso), il curl su panca inclinata con manubri (porta in pre-allungamento il bicipite dato che il busto disteso su una panca inclinata forma un angolo di 50° con l'omero che si trova in posizione verticale) e il preacher curl con manubri (porta in pre-accorciamento il bicipite e cambia il profilo di resistenza rendendo l'esercizio più difficile nella parte iniziale del movimento dato che l'omero è flesso davanti al busto). Per questa ricerca sono stati selezionati 22 soggetti maschi, con un'età di 23 +/- 3.5 anni, destrimani, con almeno un anno di esperienza di allenamento contro resistenza e con le seguenti caratteristiche fisiche: Peso = 79.6 +/- 11.6 kg e Altezza = 1.8 +/- 0.1 m. Ai partecipanti è stato richiesto di eseguire una singola ripetizione per esercizio con un recupero di 2 minuti tra una prova e l'altra. Il carico scelto era uguale al 40% del risultato ottenuto in un test isometrico MVC (massima contrazione volontaria) della durata di 6 secondi eseguito con un angolo di 90° tra omero e avambraccio. La massima forza raggiunta durante la prova MVC è stata di 34 +/- 5.0 kg. Per quanto riguarda l'attivazione muscolare, in questo studio non sono state trovate differenze significative tra il curl tradizionale e quello su panca inclinata. Entrambi hanno mostrato una crescita dell'eccitazione muscolare durante

la fase concentrica. Nel preacher curl invece è successo l'opposto, mostrando un'attivazione maggiore all'inizio della fase concentrica e minore alla fine.

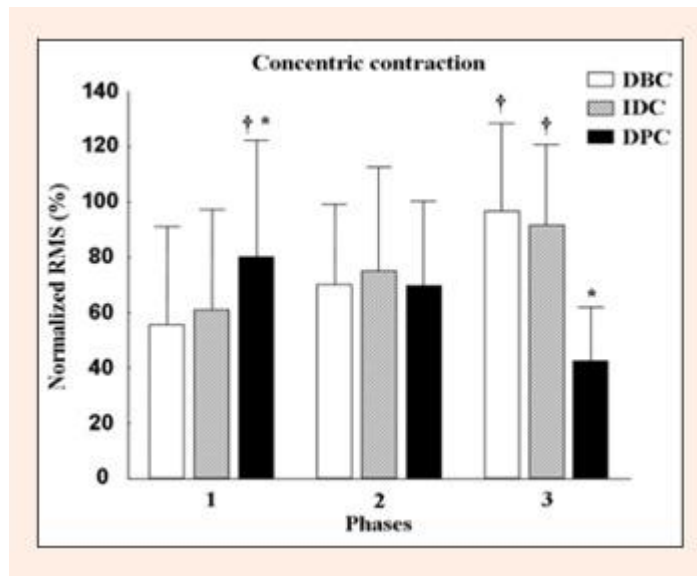


Figura 6: Attivazione del bicipite brachiale durante tre tipologie di curl nella fase concentrica [6]

Anche in eccentrica il curl tradizionale e il curl su panca inclinata non hanno evidenziato differenze nell'attivazione muscolare, che è calata progressivamente. Il preacher curl pure in eccentrica ha avuto un trend opposto rispetto agli altri due esercizi.

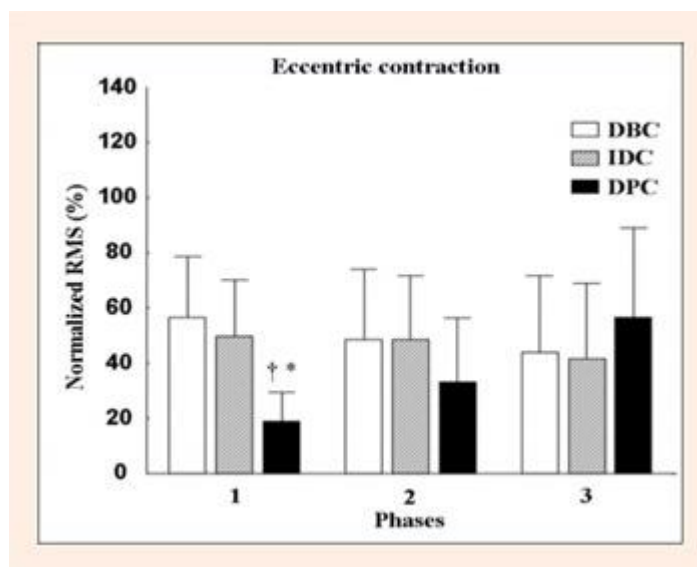


Figura 7: Attivazione del bicipite brachiale durante tre tipologie di curl nella fase eccentrica [6]

## Capitolo 4 - Effetti sull'ipertrofia e sulla forza dei flessori del gomito

Visto come cambia l'attivazione muscolare, misurata attraverso l'elettromiografia di superficie, il prossimo obiettivo sarà quello di capire se in base al tipo di esercizio eseguito si possano ottenere risultati diversi sull'ipertrofia dei flessori del gomito. Ciò viene analizzato in uno studio di Zabaleta-Korta [7], in cui vengono confrontati il curl su panca inclinata (INC) e il preacher curl (PREA). La scelta di questi due esercizi è giustificata dagli autori dal fatto che il primo risulta difficile alla fine, quando il muscolo è accorciato, mentre il secondo all'inizio, quando il muscolo è allungato. Hanno partecipato alla ricerca 38 (solo 31 hanno completato lo studio) donne in salute, con un'età compresa tra 18 e 45 anni, senza infortuni che coinvolgessero gli arti superiori e con almeno 6 mesi di esperienza nell'allenamento contro resistenza. I partecipanti sono stati divisi casualmente in due gruppi: il gruppo INC e il gruppo PREA. Per entrambi i gruppi era previsto un protocollo di allenamento della durata di nove settimane, che consisteva in 4 serie da circa 12 ripetizioni di curl su panca inclinata o preacher curl da ripetere 3 volte alla settimana. Ogni serie era eseguita fino al cedimento muscolare con una fase eccentrica di due secondi e una fase concentrica più veloce possibile. Ai partecipanti è stato richiesto di non eseguire altri esercizi per i bicipiti o di tirata per tutta la durata dello studio. Inoltre hanno dovuto seguire delle istruzioni alimentari che consistevano nell'assumere 2 grammi per chilo di peso corporeo di proteine al giorno e di stare in una dieta normocalorica o leggermente ipercalorica. Per assicurarsi che tutti seguissero la dieta correttamente, è stata stimata la percentuale di grasso corporeo attraverso l'equazione di Faulkner a partire dalle pliche cutanee prima e dopo lo studio. La dimensione muscolare del bicipite brachiale e del brachiale sono state misurate prima e dopo le nove settimane di allenamento attraverso delle ecografie. Sono state acquisite tre misure in tre regioni diverse del braccio: a 50%, a 60% e a 70% della distanza tra la cresta posteriore dell'acromion e l'olecrano. Nel gruppo INC non ci sono stati risultati significativi in termini di aumento delle dimensioni muscolari in nessuna delle tre zone misurate. Nel gruppo PREA invece, si è riscontrato una crescita significativa solo nella regione 70%, che è quella più distale o vicina al gomito. Tuttavia, come specificato nell'articolo, non sempre sono riusciti a distinguere se la crescita fosse dovuta al brachiale o al bicipite brachiale. Gli

autori, visti i risultati del loro studio, sostengono che la parte distale del braccio cresca di più in risposta a esercizi in cui lo sforzo maggiore sia posto dove i muscoli flessori risultino più allungati.

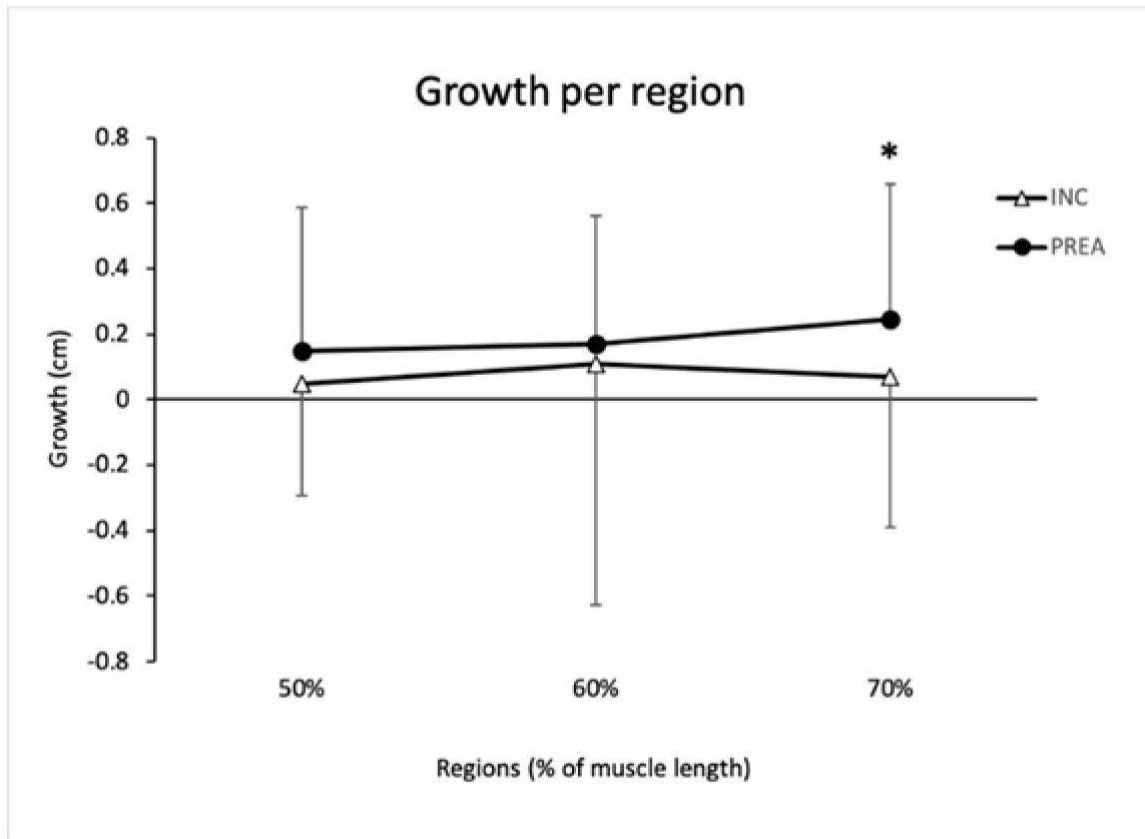


Figura 8: Crescita muscolare per regione [7]

Come mostrato dal lavoro di Sato e colleghi [8] anche lo stesso esercizio, se eseguito con ROM (range di movimento) differenti, può risultare più o meno efficace in termini di forza e ipertrofia sviluppata. Lo scopo di questo studio infatti era quello di confrontare due curl unilaterali con un ROM di uguale ampiezza, ma con l'inizio e la fine degli angoli di apertura del gomito differenti (gomito più esteso 0°-50° e gomito più flessa 80°-130°) al fine di analizzare gli adattamenti di forza e ipertrofia dei muscoli bicipite brachiale e brachiale ottenuti in seguito a 5 settimane di allenamento. Le variabili misurate prima e dopo sono state le seguenti: la massima contrazione volontaria isometrica (MVC-ISO) misurata a quattro angoli diversi di flessione del gomito (10°-50°-90°-130°), la massima contrazione volontaria concentrica (MVC-CON) a due velocità angolari (60°/s e 180°/s), la massima contrazione volontaria eccentrica (MVC-ECC) alla velocità di 60°/s e lo spessore dei muscoli bicipite

brachiale e brachiale in 3 punti rispettivamente al 50% (MT50), al 60% (MT60) e al 70% (MT70) della distanza tra l'epicondilo laterale dell'omero e l'acromion. Hanno preso parte a questo studio 32 studenti universitari in salute (19 maschi e 13 femmine), che non si erano allenati contro resistenza nei sei mesi antecedenti al via della ricerca. Questi soggetti sono stati divisi in tre gruppi: gruppo FLE (12 persone), gruppo EXT (12 persone) e gruppo di controllo (8 persone). Il protocollo di allenamento seguito dai primi due gruppi è stato fatto solo con il braccio dominante e consisteva nell'eseguire un preacher curl per 3 serie da 10 ripetizioni due volte alla settimana. Il range di movimento era diverso per i due gruppi (EXT: 0°-50° e FLE: 80°-130°), mentre in entrambi era richiesto di eseguire sia la fase concentrica che quella eccentrica in 2 secondi. Inoltre è stato previsto che l'intensità dovesse aumentare progressivamente dal 30% (prima sessione) al 100% (ultima sessione) della MVC-ISO misurata a 50° gradi per il gruppo EXT e a 90° per il gruppo FLE. Per quanto riguarda le dimensioni muscolari si può vedere che sono aumentati MT50 e MT60 in entrambi i gruppi mentre MT70 è aumentato solo nel gruppo EXT. Ciò riguarda solamente il braccio allenato, poiché in quello non allenato non sono stati riscontrati miglioramenti in termini di dimensioni muscolari. L'  $MT_{ave}$  (media delle tre MT) è risultata maggiormente aumentata nel gruppo EXT.

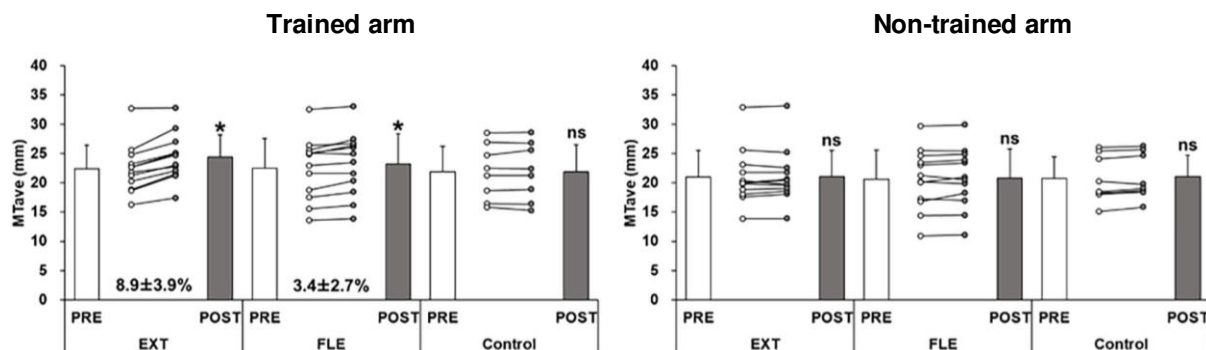


Figura 9: Dimensioni muscolari misurate prima e dopo 5 settimane di allenamento ad angoli del gomito più estesi (EXT) o più flessi (FLE) [8]

Inoltre i risultati mostrano che al termine del protocollo di allenamento solo il gruppo EXT ha migliorato significativamente la forza: infatti l'  $MVC-ISO_{ave}$  (media tra le varie MVC-ISO misurate), l'  $MVC-CON_{ave}$  (media tra le due MVC-CON) e l'  $MVC-ECC$  sono aumentate sia per il braccio allenato che per quello non allenato. Questi risultati, come scrivono anche gli autori dello studio, suggeriscono che eseguire gli esercizi nel range

in cui i flessori del gomito sono più allungati possa essere più efficace al fine di aumentare la forza e l'ipertrofia.

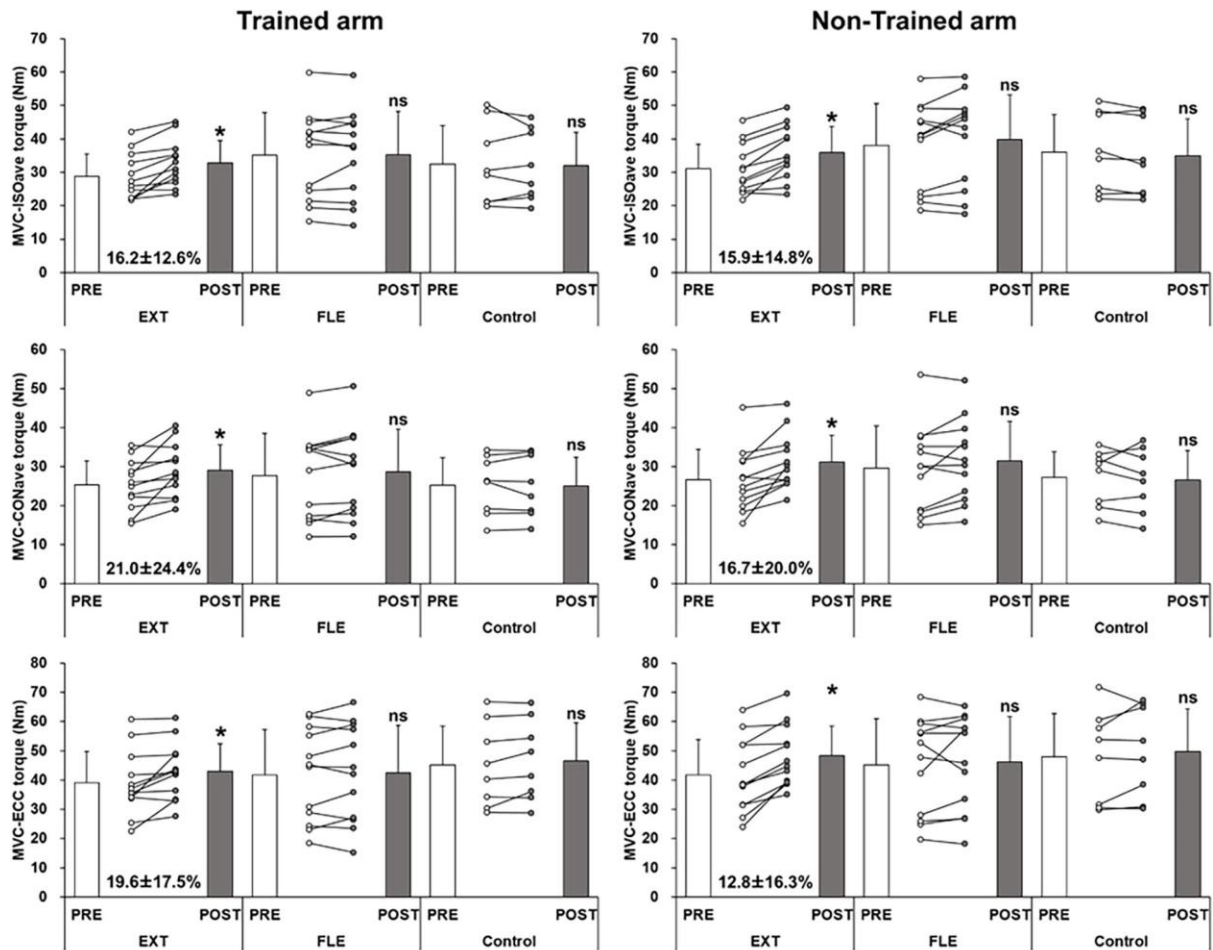


Figura 10: Cambiamenti nella massima contrazione volontaria media isometrica (MVC-ISOave), concentrica (MVC-CONave) ed eccentrica (MVC-ECC) dopo 5 settimane di allenamento ad angoli del gomito più estesi (EXT) o più flessi (FLE) [8]

## Capitolo 5 - Conclusioni

Analizzando gli articoli presi in considerazione in questo elaborato si può arrivare alla conclusione che per attivare al meglio il bicipite brachiale durante un curl, l'impugnatura supina è più efficace rispetto alla neutra, che a sua volta è migliore rispetto alla prona. Anche per il brachioradiale l'impugnatura supina ha fatto registrare livelli maggiori di attivazione rispetto alle altre. Questo risultato tuttavia, mi ha sorpreso, poiché va in contrasto con ciò che si potrebbe pensare a partire dall'anatomia del muscolo: infatti il brachioradiale si trova in una posizione che gli consente di mantenere l'avambraccio in posizione neutra. Per quanto riguarda l'eccitazione del brachiale, la soluzione vincente risulta essere la presa prona seguita alla pari dalla neutra e dalla supina. Confrontando invece i dati EMG riguardanti il curl tradizionale, il curl su panca inclinata e il preacher curl vediamo che i primi due hanno un'attivazione minore nella parte iniziale che poi cresce nelle fasi successive, mentre nel terzo esercizio avviene l'opposto. Inoltre il preacher curl è risultato più efficace del curl su panca inclinata nell'aumentare le dimensioni del bicipite brachiale e del brachiale nella zona distale dell'arto. Si è anche visto che eseguire il preacher curl con un range di movimento parziale in allungamento (con il gomito più esteso) sia più efficace che eseguirlo con un range di movimento parziale in accorciamento (gomito più flesso) in termini di forza e massa magra sviluppata. Questi dati suggeriscono che un esercizio che mette maggiormente sotto stress il muscolo quando esso è più allungato può essere una scelta ideale per indurre ipertrofia. Perciò il profilo di resistenza è sicuramente un fattore da non sottovalutare nella decisione dell'esercizio da svolgere.

## **BIBLIOGRAFIA:**

- 1) Loss, Jefferson Fagundes, and Cláudia Tarragô Candotti. "Comparative study between two elbow flexion exercises using the estimated resultant muscle force." *Brazilian Journal of Physical Therapy* 12 (2008): 502-510 [1]
- 2) Islam, Saif Ul, et al. "The anatomy and biomechanics of the elbow." *The Open Orthopaedics Journal* 14.1 (2020) [2]
- 3) M.Schünke, *Topografia e Funzione dell'Apparato Locomotore*, 2016 [3]
- 4) Coratella, Giuseppe, et al. "Biceps brachii and brachioradialis excitation in biceps Curl exercise: different handgrips, different synergy." *Sports* 11.3 (2023): 64 [4]
- 5) Jahizi, Ahmad Aqil Mohamad, et al. "Comparison of electromyographic activation and number of repetitions completed between traditional, hammer and reverse dumbbell bicep curl among trained men." *AIP Conference Proceedings*. Vol. 2750. No. 1. AIP Publishing, 2024 [5]
- 6) Oliveira, Liliam F., et al. "Effect of the shoulder position on the biceps brachii emg in different dumbbell curls." *Journal of sports science & medicine* 8.1 (2009): 24 [6]
- 7) Zabaleta-Korta, Aitor, et al. "Regional Hypertrophy: The Effect of Exercises at Long and Short Muscle Lengths in Recreationally Trained Women." *Journal of Human Kinetics* 88 (2023): 259 [7]
- 8) Sato, Shigeru, et al. "Elbow joint angles in elbow flexor unilateral resistance exercise training determine its effects on muscle strength and thickness of trained and non-trained arms." *Frontiers in physiology* 12 (2021): 734509 [8]