



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Scienze Biomediche

Corso di Laurea Triennale in Scienze Motorie

Tesi di Laurea

Biomeccanica del pugno e infortuni di spalla nella boxe: analisi
dei meccanismi lesivi e prevenzione

Relatore:

Prof.ssa

Tatiana Moro

Laureando:

Alessandro Carnovich

Matricola: 2119193

Anno Accademico 2025/2026

INDICE

1	OBIETTIVI DELLA TESI.....	4
2	EPIDEMIOLOGIA DEGLI INFORTUNI.....	5
3	INQUADRAMENTO GENERALE DEL PUGILATO.....	6
	3.1 Differenza fra pugilato dilettantistico (olimpico) e professionistico	6
4	TIPOLOGIE DI PUGNO E RELATIVE ANALISI BIOMECCANICA DEL GESTO.....	7
	4.1 Il jab	7
	4.2 Il cross	7
	4.3 Gancio sinistro e gancio destro	8
	4.4 Il montante.....	8
	4.5 Determinanti biomeccanici della prestazione nel pugilato	9
5	ANATOMIA DELLA SPALLA	10
	5.1 Complesso articolare della spalla: organizzazione anatomica e funzionale.....	10
	5.2 Articolazione gleno-omeroale e stabilità articolare	10
	5.3 Cuffia dei rotatori e stabilizzazione dinamica gleno-omeroale	11
	5.4 Scapola e controllo scapolo-toracico	11
	5.5 Muscolatura superficiale e produzione della forza.....	12
6	CATENA CINETICA E BIOMECCANICA DEL PUGNO NELLA BOXE	12
	6.1 generazione del movimento e trasferimento della forza.....	13
	6.2 Biomeccanica dell'arto superiore nel cross	14
	6.3 Biomeccanica dell'hook e dell'uppercut	14
7	CONFRONTO BIOMECCANICO TRA IL GESTO DEL PUGNO E IL GESTO DEL LANCIO: SIMILITUDINI NEL COINVOLGIMENTO DELLA SPALLA.....	14
	7.1 Analogie biomeccaniche tra il gesto del pugno e il gesto del lancio	15
	7.2 Catena cinetica e trasferimento dell'energia nel pugno e nel lancio	15
	7.3 Ruolo della scapola e della cuffia dei rotatori nel gesto del pugno e nel gesto del lancio 16	
	7.4 Accelerazione e decelerazione dell'arto superiore: analogie biomeccaniche	17
8	MECCANISMI DI INFORTUNIO DELLA SPALLA NEL PUGILATO: CONFRONTO CON GLI SPORT OVERHEAD	17

8.1	Evidenze dirette sulla funzionalità della spalla nei pugili	18
8.2	Evidenze indirette dagli sport overhead e limiti della trasferibilità	18
8.3	Livelli di evidenza e trasferibilità al contesto pugilistico	19
8.4	Alterazioni capsulari e modificazioni della cinematica gleno-omeroale.....	19
8.5	Discinesia scapolare e perdita della stabilità dinamica	20
8.6	Lesioni della cuffia dei rotatori.....	20
8.7	Lesioni capsulo-labrali (SLAP).....	21
8.8	Trasferibilità delle evidenze alla proposta preventiva	22
9	PROTOCOLLO DI PREVENZIONE DEGLI INFORTUNI DELLA SPALLA NEL PUGILATO.....	23
9.1	Ruolo del chinesioologo e principi della prevenzione primaria.....	23
9.2	Valutazione funzionale del pugile.....	23
9.2.1	Valutazione della mobilità gleno-omeroale	23
9.2.2	Valutazione del controllo scapolare	24
9.2.3	Valutazione della forza della muscolatura stabilizzatrice	24
9.2.4	Monitoraggio del carico di allenamento	24
9.3	Strategie di prevenzione degli infortuni della spalla nel pugilato	25
9.3.1	Mantenimento della mobilità gleno-omeroale	25
9.3.2	Miglioramento del controllo scapolare.....	25
9.3.3	Rinforzo della cuffia dei rotatori	26
9.3.4	Integrazione della catena cinetica	26
9.4	Programmazione e periodizzazione del protocollo preventivo	27
9.4.1	Periodo di preparazione (pre-season).....	27
9.4.2	Periodo agonistico (in-season)	27
9.4.3	Periodo di transizione (off-season).....	28
10	BIBLIOGRAFIA	29

ABSTRACT

Il presente elaborato analizza la biomeccanica del gesto del pugno nel pugilato con particolare attenzione al coinvolgimento della spalla e ai possibili meccanismi alla base degli infortuni a carico dell'articolazione gleno-omeroale. Nonostante la disponibilità di numerosi studi epidemiologici sugli infortuni nella boxe, le evidenze relative ai fattori biomeccanici specificamente associati alle problematiche della spalla risultano ancora limitate. L'analisi prende pertanto in considerazione la biomeccanica delle principali tipologie di pugno, il ruolo della catena cinetica, della cuffia dei rotatori e del controllo scapolare, integrando le evidenze disponibili nei pugili con quelle provenienti dagli sport overhead, caratterizzati da richieste funzionali in parte comparabili. Sulla base delle evidenze analizzate viene infine proposta una strategia di prevenzione primaria orientata al ruolo del chinesioologo, articolata sulla valutazione funzionale e sul mantenimento della mobilità gleno-omeroale, del controllo scapolare, della funzionalità della cuffia dei rotatori e dell'efficienza della catena cinetica. Il protocollo proposto rappresenta un modello teorico-applicativo che necessita di future validazioni specifiche nella popolazione pugilistica.

1 OBIETTIVI DELLA TESI

L'obiettivo del presente elaborato è analizzare i principali aspetti biomeccanici del gesto del pugno nel pugilato e il loro possibile ruolo nelle sollecitazioni a carico della spalla. In considerazione della limitata disponibilità di evidenze specifiche sui meccanismi di infortunio nel pugilato, il lavoro integra le conoscenze disponibili nella popolazione pugilistica con quelle provenienti dagli sport overhead, caratterizzati da analoghe richieste funzionali dell'arto superiore. Sulla base di tali evidenze viene infine proposta una strategia di prevenzione primaria rivolta al chinesologo, finalizzata al monitoraggio e al mantenimento della funzionalità della spalla.

2 EPIDEMIOLOGIA DEGLI INFORTUNI

Esiste una notevole quantità di ricerche sui tassi di infortuni legati alla boxe (Bledsoe et al., 2005; Megafu et al., 2025; Alevras et al., 2022; Loosemore et al., 2015; Zazryn et al., 2006.) Nonostante la considerevole mole di ricerche sui tassi e sui rischi di infortuni nella boxe, pochi studi hanno esplorato i fattori che predispongono i pugili agli infortuni muscoloscheletrici, in particolare dell'articolazione gleno-omeroale.

Una recente ricerca ha descritto che gli infortuni alla “spalla” rappresentano il 14,2% degli infortuni agli arti superiori correlati al pugilato: la maggior parte degli infortuni segnalati riguardava la testa o la zona della mano (48,3%) e del polso (18,9%) dei partecipanti (Megafu et al., 2025). A parere degli autori, gli infortuni alla testa, alla mano e al polso dovrebbero essere considerati un rischio intrinseco della boxe, causato da fattori legati all'impatto e all'attrezzatura (Murphy et al., 2006). Questi fattori potrebbero essere affrontati in modo più efficace attraverso modifiche alle regole o all'attrezzatura (modifica della taglia dei guantoni, utilizzo del caschetto e strategie di bendaggio delle mani).

Escludendo le problematiche direttamente legate all'impatto del colpo, la spalla emerge come uno dei distretti maggiormente interessati dagli infortuni nel pugilato e, soprattutto, come una sede sulla quale è possibile intervenire attraverso un'adeguata preparazione fisica preventiva. Per questo motivo, l'attenzione dovrebbe essere rivolta all'identificazione e alla gestione dei fattori di rischio modificabili associati alla funzionalità della spalla, con l'obiettivo di ridurre l'incidenza degli infortuni attraverso specifici interventi di prevenzione.

3 INQUADRAMENTO GENERALE DEL PUGILATO

Il pugilato è una disciplina sportiva regolamentata a livello nazionale dalla Federazione Pugilistica Italiana (FPI) e, a livello internazionale, da organismi distinti per il settore dilettantistico e professionistico, tra cui la International Boxing Association e le principali sigle professionistiche quali World Boxing Council, World Boxing Association, International Boxing Federation e World Boxing Organization.

All'interno di tale sistema normativo si distingue in maniera netta il pugilato dilettantistico (o olimpico) dal pugilato professionistico, differenza che riguarda aspetti regolamentari, tecnici e finalità della prestazione.

3.1 Differenza fra pugilato dilettantistico (olimpico) e professionistico

Secondo il regolamento tecnico della Federazione Pugilistica Italiana, il pugilato dilettantistico è definito come attività sportiva svolta senza finalità di lucro, orientata alla prestazione agonistica e alla formazione dell'atleta.

Al contrario, il pugilato professionistico si configura come attività sportiva a carattere economico, in cui l'atleta combatte dietro compenso (borsa), con contratti regolati anche dalla normativa italiana sul professionismo sportivo (Legge n. 91/1981) in seguito integrata e riformata dal decreto legislativo n. 36/2021 nell'ambito della più recente riforma dello sport.

Per il conseguimento dei fini istituzionali della F.P.I., il Settore Pro disciplina l'attività del pugilato pro. Per pugilato pro si intende il pugilato tradizionale, i cui incontri si disputano sulla distanza minima di quattro riprese ed una massima di dodici riprese (FPI).

4 TIPOLOGIE DI PUGNO E RELATIVE ANALISI BIOMECCANICA DEL GESTO

La boxe è uno sport da combattimento fisicamente impegnativo. I pugili si affidano a una combinazione di forza, coordinazione, velocità e resistenza per colpire l'avversario schivando i suoi pugni. Una prestazione di successo richiede la capacità di sferrare pugni precisi sopra la cintura, alla testa o al busto senza essere colpiti a loro volta. Nella boxe dilettantistica, come quella che si vede ai Giochi Olimpici, i pugili mirano a segnare punti colpendo gli avversari durante round di 3 minuti. Poiché nella boxe sono richiesti diversi gradi di forza e velocità, gli atleti sferrano pugni con la mano posteriore o anteriore. La mano posteriore (la più lontana dal bersaglio) di solito fornisce maggiore forza, mentre la velocità massima può essere raggiunta con la mano anteriore (la più vicina al bersaglio). Il pugile difensivo può schivare i pugni con movimenti delle mani, del tronco e dei piedi (Dinu et al., 2020)

Nella boxe, sia essa olimpica o Professionistica esistono diverse tecniche di pugno

4.1 Il jab

Il jab è un pugno rapido e diretto, eseguito con la mano anteriore rispetto alla guardia e tipicamente dominante, che richiede una rotazione minima del busto. Questo tipo di pugno si rivolge principalmente alla parte superiore del corpo o alla testa dell'avversario e rappresenta uno strumento fondamentale per controllare la distanza e impostare combinazioni. Il jab inizia con una leggera spinta del piede dominante, trasferendo energia attraverso la gamba e il tronco. La flessione della spalla dominante è verticale, mentre il braccio si estende completamente in linea retta a livello del gomito, con l'avambraccio che ruota leggermente verso l'interno all'impatto. La mano non dominante rimane alta per proteggere il viso e, dopo l'impatto, il jab si ritrae rapidamente nella posizione di guardia iniziale.

4.2 Il cross

I cross, noti anche come pugni diretti posteriori, vengono eseguiti con la mano posteriore e implicano una significativa rotazione di fianchi e busto per generare la massima potenza. Il movimento inizia dal piede posteriore, che ruota per trasferire energia verso l'alto attraverso i fianchi e il tronco. Il busto ruota con forza mentre il braccio che sferra il pugno si estende

in linea retta verso il bersaglio. Il pugno rimane verticale o leggermente rivolto verso l'interno al momento dell'impatto. Un cross eseguito correttamente coinvolge tutto il corpo, garantendo un efficiente trasferimento di energia dalla parte inferiore del corpo all'arto superiore. Una volta che il pugno va a segno, il corpo si ritrae rapidamente in posizione di guardia per mantenere la prontezza difensiva.

4.3 Gancio sinistro e gancio destro

Il gancio sinistro è un potente pugno laterale eseguito con la mano anteriore. Il movimento inizia con il trasferimento del peso sulla gamba anteriore e una leggera rotazione del piede anteriore. Il busto ruota mentre il gomito si solleva all'altezza della spalla, posizionando il braccio a circa 90 gradi. Il pugno descrive una traiettoria curva, con il pugno orientato con il palmo verso il basso o verso l'interno, a seconda della preferenza. Il gancio sinistro è molto efficace per colpire la testa o il corpo dell'avversario, sfruttando la forza rotazionale per generare l'impatto. Dopo l'impatto, il braccio si ritrae tornando in posizione di guardia.

I ganci posteriori vengono sferrati con la mano dominante e coinvolgono tutto il corpo per ottenere la massima potenza. La tecnica inizia con uno spostamento del peso sulla gamba posteriore, seguito da una forte rotazione del piede posteriore. Il busto ruota in modo esplosivo, guidando il braccio in un ampio arco. Come per il gancio anteriore, il gomito rimane all'altezza della spalla e l'orientamento del pugno può variare. Questo pugno è particolarmente efficace per generare potenza da KO grazie al movimento completo del corpo coinvolto. Una volta che il gancio posteriore va a segno, il corpo ritorna rapidamente in guardia per mantenere una posizione difensiva.

4.4 Il montante

Il montante è un pugno ascendente eseguito lungo una traiettoria verticale o leggermente diagonale, diretto principalmente al mento, al plesso solare o alla regione epatica dell'avversario. Il movimento può essere eseguito sia con la mano anteriore sia con la mano posteriore e si caratterizza per una marcata partecipazione degli arti inferiori e della rotazione del tronco nella generazione della forza. La tecnica inizia con una leggera flessione degli arti inferiori e un abbassamento del centro di massa, seguiti da una rapida estensione di caviglie,

ginocchia e anche, che consente di trasferire l'energia verso il tronco e l'arto superiore. Contemporaneamente, il busto ruota nella direzione del colpo, mentre il gomito rimane flessso e vicino al corpo, guidando il pugno lungo una traiettoria ascendente. Al momento dell'impatto, il pugno è generalmente orientato con il palmo rivolto verso l'interno, consentendo un'efficace trasmissione della forza lungo l'asse del colpo. Dopo l'impatto, il braccio e il tronco si ritirano rapidamente, consentendo il ritorno alla posizione di guardia e il mantenimento della prontezza difensiva. (Kacprzak et al., 2025).

4.5 Determinanti biomeccanici della prestazione nel pugilato

Durante un round, i pugili hanno come obiettivo quello di mettere KO l'avversario colpendo le aree bersaglio più efficaci per ottenere la vittoria dell'incontro. Poiché il knockout rappresenta un fine costante nel corso del match, la forza e la velocità del pugno costituiscono i principali fattori determinanti della performance nella boxe. A differenza dei pugili professionisti, quelli dilettanti tendono a dare maggiore importanza alla rapidità dei colpi piuttosto che alla potenza, probabilmente per compensare una minore capacità di espressione della forza muscolare (Cheraghi et al., 2014). Di conseguenza, è necessario sviluppare la massima velocità possibile all'estremità distale della catena cinetica. In questo contesto, la boxe presenta interazioni tra i segmenti corporei simili a quelle osservate negli sport di lancio e di calcio, come il lancio del disco, il softball, il tennis e il baseball (Elliott et al., 2003; Rojas et al., 2009; Oliver et al., 2010; Dinu et al., 2019).

5 ANATOMIA DELLA SPALLA

5.1 Complesso articolare della spalla: organizzazione anatomica e funzionale

Per comprendere i meccanismi alla base degli infortuni della spalla negli sport caratterizzati da gesti esplosivi dell'arto superiore, come il pugilato e gli sport overhead, è necessario analizzare l'organizzazione anatomica e funzionale del complesso scapolo-omeroale. La spalla rappresenta infatti il distretto articolare con il maggior grado di mobilità dell'organismo umano, caratteristica indispensabile per consentire movimenti ampi e veloci dell'arto superiore, ma che comporta una ridotta stabilità intrinseca rispetto ad altre articolazioni maggiormente vincolate (Donald A. Neumann 2019)

Dal punto di vista anatomico, il complesso della spalla non è costituito da una singola articolazione, ma da un sistema integrato formato dall'interazione tra articolazione gleno-omeroale, articolazione acromion-claveare, articolazione sterno-claveare e articolazione scapolo-toracica. La cooperazione tra queste strutture permette di combinare mobilità articolare e capacità di trasmissione delle forze generate dal tronco verso l'arto superiore (Donald A. Neumann 2019).

5.2 Articolazione gleno-omeroale e stabilità articolare

L'articolazione gleno-omeroale rappresenta il principale elemento funzionale del complesso della spalla ed è costituita dall'articolazione tra la testa dell'omero e la cavità glenoidea della scapola. La testa omeroale presenta una forma pressoché sferica e dimensioni notevolmente superiori rispetto alla superficie articolare della glenoide, determinando una marcata incongruenza geometrica tra le due componenti ossee. Questa caratteristica consente un'ampia libertà di movimento nei tre piani dello spazio ma, determina contemporaneamente una limitata stabilità passiva dell'articolazione (Donald A. Neumann 2019).

La stabilità della gleno-omeroale è pertanto garantita dall'interazione tra strutture passive e attive. Tra le strutture passive assumono particolare importanza la capsula articolare, i legamenti gleno-omeroali e il labbro glenoideo. Quest'ultimo consiste in un anello fibrocartilagineo disposto lungo il margine della cavità glenoidea, la cui funzione principale

è aumentare la profondità della superficie articolare e migliorare la congruenza tra testa omerale e glenoide, contribuendo alla stabilità dell'articolazione (Donald A. Neumann 2019).

5.3 Cuffia dei rotatori e stabilizzazione dinamica gleno-omerale

Un ruolo fondamentale nella stabilizzazione dinamica della spalla è svolto dalla cuffia dei rotatori, un complesso muscolo-tendineo costituito da quattro muscoli: sovraspinato, sottospinato, piccolo rotondo e sottoscapolare. Questi muscoli circondano la testa dell'omero e i loro tendini presentano una stretta relazione anatomica con la capsula articolare, contribuendo direttamente al controllo del movimento gleno-omerale (Donald A. Neumann 2019).

La funzione principale della cuffia dei rotatori non è esclusivamente quella di produrre movimenti di rotazione dell'omero, ma soprattutto quella di garantire il centraggio dinamico della testa omerale durante i movimenti attivi dell'arto superiore. Attraverso una contrazione coordinata, i muscoli della cuffia generano una forza compressiva diretta verso la cavità glenoidea (joint compression), contrastando le forze traslazionali prodotte dai muscoli superficiali e mantenendo un corretto rapporto articolare durante movimenti ad alta velocità (Donald A. Neumann 2019).

Nello specifico, il muscolo sottoscapolare rappresenta il principale rotatore interno tra i muscoli della cuffia dei rotatori e contribuisce alla stabilizzazione della porzione anteriore dell'articolazione, mentre sottospinato e piccolo rotondo sono i principali responsabili della rotazione esterna dell'omero e della stabilizzazione posteriore della testa omerale. Il sovraspinato, oltre al contributo nei primi gradi dell'abduzione, svolge un ruolo importante nel mantenimento della centratura articolare durante l'elevazione dell'arto (Donald A. Neumann 2019).

5.4 Scapola e controllo scapolo-toracico

Oltre alla stabilizzazione gleno-omerale, un ruolo determinante nella biomeccanica della spalla è svolto dalla scapola, che rappresenta la piattaforma mobile sulla quale si muove

l'omero. La scapola deve mantenere un corretto rapporto con la gabbia toracica attraverso un adeguato controllo neuromuscolare, consentendo un'efficiente trasmissione delle forze provenienti dal tronco verso l'arto superiore (Donald A. Neumann 2019).

Tra i principali muscoli coinvolti nel controllo scapolare assume particolare importanza il muscolo dentato anteriore (*serratus anterior*), che stabilizza la scapola contro la parete toracica e ne controlla la protrazione e la rotazione verso l'alto durante i movimenti dell'arto superiore. Una corretta funzione del dentato anteriore risulta essenziale per mantenere un efficace ritmo scapolo-omerale e permettere alla spalla di sviluppare elevati livelli di forza senza compromettere la stabilità articolare (Donald A. Neumann 2019).

5.5 Muscolatura superficiale e produzione della forza

A completamento del sistema stabilizzatore della spalla intervengono i muscoli superficiali, responsabili principalmente della produzione della forza e dell'accelerazione dell'arto superiore. Il deltoide rappresenta il principale motore dell'elevazione dell'omero e contribuisce alla flessione e all'adduzione orizzontale del braccio, movimenti fondamentali nella fase propulsiva del pugno. Il grande pettorale svolge un ruolo importante nell'adduzione orizzontale e nell'intrarotazione dell'omero, contribuendo alla generazione della forza durante movimenti esplosivi dell'arto superiore. Il gran dorsale partecipa invece ai movimenti di estensione, adduzione e intrarotazione dell'omero, oltre a contribuire alla fase di decelerazione e richiamo dell'arto dopo il gesto balistico (Donald A. Neumann 2019).

Il trapezio, attraverso l'azione coordinata dei suoi fasci superiore, medio e inferiore, contribuisce al controllo della posizione scapolare e al mantenimento del corretto ritmo scapolo-omerale durante movimenti dinamici caratterizzati da elevate richieste funzionali (Donald A. Neumann 2019).

6 CATENA CINETICA E BIOMECCANICA DEL PUGNO NELLA BOXE

La catena cinetica è un sistema funzionale costituito da segmenti corporei interconnessi che operano in modo coordinato per trasferire l'energia generata a livello degli arti inferiori fino ai segmenti distali, come la mano o il piede, attraverso una sequenza temporale prossimale-distale

che consente l'ottimizzazione della produzione di forza e della velocità del movimento (Chu et al., 2016; Dinu et al., 2020).

Il pugno nella boxe rappresenta un gesto motorio esplosivo e multiarticolare, caratterizzato dalla produzione e dal trasferimento di elevate quantità di forza e velocità attraverso l'intera catena cinetica corporea. La prestazione pugilistica richiede una combinazione ottimale di forza e velocità dell'arto superiore, generate attraverso una sincronizzazione efficace dei diversi segmenti corporei (Dinu et al., 2020). L'efficacia del pugno non dipende esclusivamente dall'azione del braccio, ma dall'interazione coordinata di arti inferiori, tronco e arto superiore, che operano come un sistema integrato di produzione e trasferimento dell'energia meccanica (Dinu et al., 2020).

6.1 generazione del movimento e trasferimento della forza

Il movimento viene inizialmente generato a livello dei piedi, attraverso il sollevamento del piede anteriore e la spinta dell'arto inferiore posteriore. Tale azione consente la generazione delle forze di reazione al suolo e l'accelerazione del centro di massa corporeo, creando le condizioni necessarie per il trasferimento dell'energia verso i segmenti superiori; la spinta degli arti inferiori e il corretto posizionamento dei piedi rivestono un ruolo fondamentale nel facilitare il trasferimento di energia dal segmento inferiore a quello superiore.(Dinu et al., 2020).

L'analisi delle forze di reazione al suolo condotta da (Dinu et al., 2020) ha mostrato che, durante l'esecuzione del cross, il piede anteriore presenta valori di carico superiori rispetto al piede posteriore. Questo dato suggerisce che la forza generata dalla gamba posteriore venga progressivamente trasferita in avanti mediante uno spostamento del peso corporeo verso il piede anteriore, il quale svolge un ruolo essenziale nella stabilizzazione del corpo e nel trasferimento finale dell'energia verso il pugno.

La trasmissione della forza prosegue successivamente attraverso il bacino e il tronco. La rotazione e la traslazione di questi segmenti permettono di incrementare il momento angolare e di trasferire quantità di moto all'arto superiore. La sincronizzazione del movimento dei

segmenti corporei rappresenta uno dei principali elementi distintivi tra atleti di diverso livello tecnico, evidenziando come i pugili più esperti siano in grado di utilizzare la catena cinetica in maniera più efficiente rispetto ai pugili meno esperti.(Dinu et al., 2020).

6.2 Biomeccanica dell'arto superiore nel cross

Per quanto riguarda l'arto superiore, le richieste biomeccaniche variano in funzione del tipo di pugno eseguito. Nel jab, il corpo esegue prevalentemente una traslazione anteriore, il gomito rappresenta il segmento corporeo maggiormente coinvolto nell'esecuzione del gesto. Il cross invece appare come un movimento rettilineo in cui il gomito agisce come un pistone , mediante un movimento di flesso-estensione prevalentemente sul piano sagittale e con una limitata componente rotatoria. (Dinu et al., 2020).

6.3 Biomeccanica dell'hook e dell'uppercut

Diversamente, l'hook e l'uppercut presentano caratteristiche biomeccaniche più complesse. Questi due colpi implicano una rotazione globale del corpo e richiedono una traiettoria curvilinea del pugno, nella quale la spalla assume un ruolo predominante.(Dinu et al., 2020)

Nell'hook, la spalla avvia simultaneamente movimenti di rotazione e traslazione dell'arto superiore, consentendo l'accelerazione della mano lungo una traiettoria semicircolare. Analogamente, l'uppercut richiede una marcata partecipazione della catena cinetica inferiore, una significativa rotazione del tronco e un'elevata coordinazione scapolo-omeroale per imprimere al pugno una traiettoria ascendente e generare elevate velocità terminali.(Dinu et al., 2020).

7 CONFRONTO BIOMECCANICO TRA IL GESTO DEL PUGNO E IL GESTO DEL LANCIO: SIMILITUDINI NEL COINVOLGIMENTO DELLA SPALLA.

Nonostante il crescente interesse scientifico nei confronti della biomeccanica della boxe, la letteratura relativa ai meccanismi specifici alla base degli infortuni della spalla nei pugili risulta ancora limitata. Per questo motivo, al fine di comprendere i possibili fattori biomeccanici predisponenti alle problematiche della cintura scapolo-omeroale, può essere utile confrontare il

gesto del pugno con movimenti dell'arto superiore caratterizzati da richieste funzionali analoghe e maggiormente studiati in letteratura. Tra questi, il gesto del lancio rappresenta uno dei modelli biomeccanici più analizzati per quanto riguarda la funzione della spalla durante movimenti esplosivi dell'arto superiore (Escamilla et al., 2009).

7.1 Analogie biomeccaniche tra il gesto del pugno e il gesto del lancio

Sebbene il pugno nella boxe e il lancio presentino differenze sostanziali legate alla finalità del gesto, alla direzione del movimento e alla presenza di un contatto esterno con il bersaglio, entrambi possono essere classificati come movimenti balistici caratterizzati da una rapida produzione di forza, elevata velocità angolare dell'arto superiore e necessità di un efficace coordinamento tra segmenti corporei prossimali e distali.

7.2 Catena cinetica e trasferimento dell'energia nel pugno e nel lancio

Nel pugno, infatti, la produzione della forza è il risultato dell'interazione coordinata tra arti inferiori, bacino, tronco e arto superiore. Come precedentemente descritto, il movimento viene inizialmente generato attraverso la spinta degli arti inferiori e le forze di reazione al suolo, successivamente trasferite attraverso la rotazione del bacino e del tronco fino alla spalla e alla mano, secondo un principio di sequenza prossimale-distale della catena cinetica (Dinu et al., 2020).

Un principio biomeccanico analogo è stato descritto negli sport di lancio. Secondo (Escamilla et al., 2009) durante il lancio sopra la testa l'efficienza del gesto dipende dalla coordinazione sequenziale dei segmenti corporei, attraverso la quale l'energia generata dagli arti inferiori e dal tronco viene trasferita progressivamente verso l'arto superiore. La spalla rappresenta quindi il segmento terminale di una catena cinetica complessa, incaricato di trasformare l'energia prodotta dai segmenti prossimali in elevata velocità del movimento distale.

In entrambi gli sport, una corretta integrazione tra tronco, scapola e arto superiore permette di ottimizzare la produzione di velocità riducendo le richieste meccaniche sulla sola articolazione gleno-omeroale (Escamilla et al., 2020).

7.3 Ruolo della scapola e della cuffia dei rotatori nel gesto del pugno e nel gesto del lancio

Un ulteriore elemento comune tra i due gesti riguarda il ruolo della scapola e della cuffia dei rotatori nel garantire stabilità e trasmissione efficace della forza.

Come precedentemente descritto nella biomeccanica della spalla, l'articolazione gleno-omerale presenta un'elevata mobilità associata a una relativa instabilità strutturale, rendendo fondamentale il contributo degli stabilizzatori dinamici, in particolare della cuffia dei rotatori (Donald A. Neumann 2019).

Nel gesto del pugno, questo ruolo risulta particolarmente importante poiché la spalla deve consentire contemporaneamente elevata velocità dell'arto superiore e controllo articolare durante l'accelerazione del colpo e il successivo ritorno alla posizione di guardia. Nei colpi caratterizzati da una maggiore componente rotazionale, come hook e uppercut, la spalla assume un ruolo determinante nella trasmissione della forza generata dalla rotazione del tronco verso il segmento terminale rappresentato dalla mano (Dinu et al., 2020).

Nel gesto del lancio, (Escamilla et al., 2009) la cuffia dei rotatori svolge una funzione fondamentale durante le fasi maggiormente impegnative dal punto di vista meccanico, in particolare durante la fase di preparazione del lancio e durante la decelerazione dell'arto superiore. In queste fasi, l'elevata attività della cuffia dei rotatori contribuisce a contrastare le elevate forze esercitate sulla testa omerale e a mantenere la stabilità dinamica dell'articolazione gleno-omerale.

Un ruolo analogo è attribuito alla muscolatura scapolare. Nel lancio, i muscoli responsabili del controllo della scapola, tra cui il dentato anteriore e il trapezio, mostrano elevati livelli di attivazione durante le fasi caratterizzate da maggiore richiesta funzionale, permettendo un corretto posizionamento della scapola e un ambiente biomeccanico favorevole per il movimento dell'omero (Escamilla et al., 2009).

Nel pugno, il controllo scapolare rappresenta ugualmente un elemento fondamentale, poiché la scapola costituisce il collegamento funzionale tra tronco e arto superiore il quale permette

una trasmissione efficace dell'energia generata dai segmenti corporei prossimali verso l'arto superiore (Donald A. Neumann 2019)

7.4 Accelerazione e decelerazione dell'arto superiore: analogie biomeccaniche

Un'ulteriore similitudine tra il pugno e il lancio riguarda la presenza di una fase di accelerazione esplosiva seguita da una rapida decelerazione dell'arto superiore.

Nel pugno, la fase propulsiva è caratterizzata dalla progressiva accelerazione della mano attraverso il contributo combinato degli arti inferiori, del tronco e dell'arto superiore. Dopo il contatto con il bersaglio, il pugile deve rapidamente interrompere il movimento e riportare l'arto nella posizione iniziale, richiedendo un elevato controllo neuromuscolare (Dinu et al., 2020).

Nel lancio sopra la testa, la fase di decelerazione è uno dei momenti biomeccanicamente più impegnativi per la spalla. Durante questa fase, la muscolatura della cuffia dei rotatori e gli stabilizzatori scapolari devono sviluppare elevate forze eccentriche per rallentare il movimento dell'arto superiore e proteggere l'articolazione gleno-omeroale dalle elevate sollecitazioni generate dal gesto.

Pertanto, anche nel pugilato, sebbene il gesto non presenti una fase di rilascio del segmento distale come nel lancio, la necessità di controllare rapidamente il movimento dopo l'impatto potrebbe rappresentare un momento di elevata richiesta funzionale per le strutture stabilizzatrici della spalla. (Escamilla et al., 2009).

8 MECCANISMI DI INFORTUNIO DELLA SPALLA NEL PUGILATO: CONFRONTO CON GLI SPORT OVERHEAD

La letteratura scientifica relativa agli infortuni della spalla nel pugilato risulta più limitata rispetto a quella disponibile per altre discipline sportive caratterizzate da un elevato coinvolgimento dell'arto superiore. Gli studi condotti specificamente sui pugili hanno analizzato sia l'incidenza e la distribuzione degli infortuni sia alcune caratteristiche funzionali della spalla; risultano invece

meno numerose le ricerche finalizzate a stabilire una relazione diretta tra specifici adattamenti biomeccanici osservati nel pugile e lo sviluppo di una determinata patologia della spalla.

8.1 Evidenze dirette sulla funzionalità della spalla nei pugili

In questo contesto, (Lenetsky et al., 2015) hanno evidenziato nei pugili con almeno tre anni di esperienza una maggiore frequenza di discinesia scapolare e una maggiore rotazione esterna passiva dell'arto dominante rispetto ai soggetti di controllo. Tali risultati documentano la presenza di caratteristiche funzionali associate alla pratica del pugilato, ma non consentono di stabilire se tali adattamenti costituiscano fattori causali nello sviluppo degli infortuni della spalla.

8.2 Evidenze indirette dagli sport overhead e limiti della trasferibilità

Per approfondire i possibili meccanismi alla base del sovraccarico della spalla, nel presente lavoro sono state pertanto considerate anche evidenze provenienti dagli sport overhead; tuttavia, il valore predittivo dei singoli fattori rimane incerto e le evidenze disponibili non consentono di considerarli isolatamente come determinanti dell'infortunio. La revisione di (Cools et al., 2021), infatti, sottolinea come il valore predittivo dei test di screening e dei singoli fattori di rischio sia limitato e come la valutazione dell'atleta debba essere interpretata nel contesto della sua funzionalità complessiva.

È quindi necessario precisare che il rapporto tra i possibili fattori di rischio identificati negli sport overhead e gli infortuni della spalla nel pugilato non è dimostrato direttamente dalla letteratura disponibile. Il presente lavoro non intende affermare che i meccanismi osservati negli sport overhead siano necessariamente presenti nei pugili con le stesse modalità e con la medesima rilevanza. Il collegamento proposto deriva piuttosto dalla combinazione di evidenze dirette sul pugilato, analogie biomeccaniche tra le diverse discipline e conoscenze relative alla funzionalità della spalla.

8.3 Livelli di evidenza e trasferibilità al contesto pugilistico

Il ragionamento seguito può pertanto essere distinto in tre livelli. Il primo riguarda le evidenze dirette, rappresentate dagli studi condotti specificamente sui pugili, che consentono di descrivere le caratteristiche funzionali e biomeccaniche osservate in questa popolazione. Il secondo comprende le evidenze indirette, provenienti principalmente dagli sport overhead, che permettono di approfondire i possibili meccanismi attraverso i quali alterazioni della mobilità, della forza, della funzione scapolare e della catena cinetica possono contribuire alle problematiche della spalla. Il terzo livello è rappresentato dall'inferenza applicativa, attraverso la quale tali conoscenze vengono utilizzate per formulare una proposta preventiva potenzialmente trasferibile al contesto pugilistico.

8.4 Alterazioni capsulari e modificazioni della cinematica gleno-omeroale

Negli sport overhead, la ripetizione del gesto di lancio determina progressivamente adattamenti della capsula articolare e modificazioni della cinematica gleno-omeroale, alterando il delicato equilibrio tra mobilità e stabilità della spalla (Lin et al., 2018). L'elevata extrarotazione raggiunta durante la fase di caricamento espone infatti le strutture capsulo-legamentose a sollecitazioni ripetute che, nel tempo, possono favorire l'instaurarsi di alterazioni funzionali e strutturali.

Nel pugilato, il gesto tecnico è caratterizzato prevalentemente da una rapida intrarotazione dell'omero associata all'adduzione orizzontale e alla rotazione del tronco (Dinu et al., 2020). Tuttavia, è plausibile ipotizzare che la ripetizione di movimenti anteriori ad alta velocità possa potenzialmente associarsi a microtraumi della capsula anteriore, favorendo l'insorgenza di una progressiva lassità capsulare, sebbene tale relazione causale diretta non sia stata ancora espressamente dimostrata nei pugili. Tale adattamento strutturale potrebbe rappresentare uno dei fattori ipotetici alla base dell'aumento della rotazione esterna osservato nella pratica pugilistica e potrebbe teoricamente contribuire a una riduzione della stabilità passiva dell'articolazione gleno-omeroale. (Lenetsky et al., 2015).

Negli atleti overhead, la rigidità della capsula posteriore è considerata uno degli eventi iniziali della cascata fisiopatologica che conduce al sovraccarico della spalla, in quanto

modifica la cinematica gleno-omeroale e aumenta le sollecitazioni sulle strutture stabilizzatrici (Lin et al., 2018). Sebbene tale alterazione non sia stata dimostrata direttamente nel pugilato, l'associazione tra l'aumento della rotazione esterna passiva e la maggiore incidenza di discinesia scapolare suggerisce la possibilità che adattamenti biomeccanici analoghi possano presentarsi anche nei pugili (Lenetsky et al., 2015).

8.5 Discinesia scapolare e perdita della stabilità dinamica

La scapola svolge un ruolo fondamentale nel mantenimento della stabilità della spalla, costituendo la base di appoggio della cavità glenoideale e garantendo il corretto ritmo scapolo-omeroale durante il movimento dell'arto superiore (Donald A. Neumann 2019). Negli sport overhead, le alterazioni della cinematica scapolare possono compromettere il corretto orientamento della glenoide, modificare il centraggio della testa omeroale e determinare un incremento delle sollecitazioni a carico della cuffia dei rotatori e delle strutture capsulo-labrali (Donald A. Neumann 2019; Escamilla et al., 2009).

Nel pugilato, la presenza di discinesia scapolare è stata documentata con maggiore frequenza rispetto ai soggetti di controllo. Questo dato conferma che l'alterazione della cinematica scapolare costituisce un elemento riscontrabile nei pugili (Lenetsky et al., 2015); tuttavia, occorre cautela nel considerarla un fattore causale primario di infortunio, poiché una relazione di causa-effetto non è stata ancora direttamente stabilita nel contesto pugilistico. Sulla base delle analogie biomeccaniche, si può comunque ipotizzare che un deficit nel controllo neuromuscolare della scapola possa potenzialmente esporre le strutture dinamiche e passive a un maggior rischio di sovraccarico funzionale. (Donald A. Neumann 2019).

8.6 Lesioni della cuffia dei rotatori

Le lesioni della cuffia dei rotatori rappresentano una delle principali conseguenze del sovraccarico cronico negli sport overhead (Lin et al., 2018). Durante il lancio, gli extrarotatori della cuffia, in particolare infraspinato e piccolo rotondo, svolgono un ruolo determinante nel controllo eccentrico della rapida rotazione interna dell'omero e nel

mantenimento della stabilità dinamica dell'articolazione gleno-omeroale (Escamilla et al., 2009). Parallelamente, il corretto centraggio della testa omerale dipende dall'equilibrio tra stabilità passiva e stabilità dinamica garantita dalla cuffia dei rotatori (Donald A. Neumann 2019)..

Nel pugilato, sebbene il gesto del pugno presenti ampiezze articolari differenti e non raggiunga i gradi estremi di extrarotazione ed abduzione tipici della cocking phase, la fase propulsiva del pugno è comunque prodotta prevalentemente dai muscoli intrarotatori della cuffia dei rotatori, mentre gli extrarotatori sono chiamati a controllare eccentricamente il movimento durante la decelerazione dell'arto superiore e il rapido ritorno alla posizione di guardia (Dinu et al., 2020). Pertanto, è ragionevole ipotizzare che l'eventuale interazione tra alterazioni del controllo scapolare, affaticamento muscolare e microtraumi ripetuti possa potenzialmente favorire quadri di sovraccarico o sofferenza tendinea della cuffia dei rotatori, pur in assenza di evidenze dirette che ne dimostrino l'esatta catena causale nel pugile (Lenetsky et al., 2015; Donald A. Neumann 2019).

8.7 Lesioni capsulo-labrali (SLAP)

Le lesioni del labbro glenoideo superiore (SLAP lesion) sono frequentemente descritte negli sport overhead e risultano correlate alle elevate forze di trazione e taglio esercitate sul complesso bicipite-labbro durante le fasi di massimo caricamento del gesto di lancio (Lin et al., 2018). Per quanto riguarda il pugilato, il trasferimento teorico di questi meccanismi lesivi richiede la massima cautela. Non essendo documentata una diretta sollecitazione in extrarotazione estrema pari a quella del lancio overhead, le lesioni capsulo-labrali non possono essere considerate l'esito dimostrato del gesto pugilistico. Ciononostante, sulla base delle analogie biomeccaniche generali e del modello ipotetico di instabilità, si potrebbe teorizzare che un'eventuale combinazione tra lassità capsulare microtraumatica e perdita del centraggio dinamico della testa omerale possa incrementare nel tempo le sollecitazioni a carico del complesso capsulo-labrale. (Lin et al., 2018; Donald A. Neumann 2019; Lenetsky et al., 2015).

8.8 Trasferibilità delle evidenze alla proposta preventiva

Alla luce di tali considerazioni, il protocollo preventivo proposto nel capitolo successivo non deve essere considerato un programma validato specificamente nel pugilato, né può essere presentato come un intervento la cui efficacia nella riduzione degli infortuni della spalla sia già stata dimostrata nei pugili. Esso rappresenta piuttosto una proposta teorico-applicativa elaborata sulla base delle caratteristiche biomeccaniche del gesto pugilistico, delle evidenze disponibili direttamente nei pugili e delle conoscenze provenienti dagli sport overhead.

La scelta di includere esercizi rivolti al controllo scapolare, al rinforzo della cuffia dei rotatori, alla mobilità articolare e all'integrazione della catena cinetica deriva pertanto dalla loro coerenza con i principi di prevenzione e con le capacità funzionali considerate rilevanti nella letteratura sugli sport overhead. (Cools et al., 2021). La loro efficacia specifica nel ridurre gli infortuni della spalla nel pugilato, tuttavia, dovrà essere verificata attraverso studi specificamente condotti su questa popolazione.

9 PROTOCOLLO DI PREVENZIONE DEGLI INFORTUNI DELLA SPALLA NEL PUGILATO

Le caratteristiche biomeccaniche del pugno e le analogie con gli sport overhead forniscono il razionale per un intervento preventivo orientato al mantenimento della funzionalità della spalla. (Escamilla et al., 2009; Neumann, 2019).

9.1 Ruolo del chinesiologo e principi della prevenzione primaria

L'intervento del chinesiologo assume un ruolo centrale nella prevenzione primaria degli infortuni attraverso la valutazione funzionale dell'atleta, l'identificazione precoce dei fattori di rischio modificabili e la programmazione di interventi mirati a mantenere l'efficienza del sistema muscolo-scheletrico durante la pratica sportiva.

Le più recenti raccomandazioni per la prevenzione degli infortuni della spalla negli atleti overhead sottolineano come programmi specifici basati sul mantenimento della mobilità gleno-omeroale, sul controllo della cinematica scapolare, sul rinforzo della cuffia dei rotatori e sull'ottimizzazione della catena cinetica possano contribuire alla riduzione dei fattori predisponenti al sovraccarico (Cools et al., 2021).

9.2 Valutazione funzionale del pugile

La prevenzione degli infortuni della spalla nel pugilato dovrebbe basarsi su una valutazione funzionale periodica dell'atleta, finalizzata a individuare precocemente eventuali modificazioni della mobilità, della forza e del controllo neuromuscolare che possano aumentare il rischio di sovraccarico e la gestione delle sollecitazioni associate al gesto sportivo.

9.2.1 Valutazione della mobilità gleno-omeroale

Uno dei primi aspetti da monitorare riguarda la mobilità gleno-omeroale. La ripetizione del gesto tecnico può infatti determinare modificazioni del range di movimento della spalla, in particolare della rotazione interna e della rotazione esterna. Negli atleti overhead tali adattamenti sono stati associati a un aumento del rischio di patologie da sovraccarico, soprattutto quando alterano il

fisiologico equilibrio tra mobilità e stabilità articolare (Lin et al., 2018). Nei pugili è stato osservato un aumento della rotazione esterna passiva dell'arto dominante rispetto ai soggetti di controllo, suggerendo che anche il gesto del pugno possa indurre adattamenti funzionali della spalla (Lenetsky et al., 2015).

9.2.2 Valutazione del controllo scapolare

Un secondo elemento di particolare interesse è rappresentato dal controllo della scapola. Alterazioni del ritmo scapolo-omerale possono ridurre l'efficienza biomeccanica della spalla e determinare un incremento delle richieste funzionali a carico della cuffia dei rotatori e delle strutture capsulo-labrali (Escamilla et al., 2009). Considerando che nei pugili è stata riscontrata una maggiore frequenza di discinesia scapolare rispetto ai soggetti di controllo (Lenetsky et al., 2015), il monitoraggio della qualità del movimento della scapola dovrebbe rappresentare una componente essenziale della valutazione funzionale.

9.2.3 Valutazione della forza della muscolatura stabilizzatrice

Anche la forza della muscolatura stabilizzatrice merita particolare attenzione. Nel pugno gli intrarotatori sono principalmente responsabili dell'accelerazione dell'arto superiore, mentre gli extrarotatori intervengono soprattutto durante la fase di decelerazione e nel rapido ritorno alla posizione di guardia (Dinu et al., 2020). Una riduzione della capacità stabilizzatrice di tali gruppi muscolari può determinare un aumento delle sollecitazioni meccaniche a carico dell'articolazione. (Wilk et al., 2016).

9.2.4 Monitoraggio del carico di allenamento

Infine, il chinesiologo dovrebbe considerare il carico complessivo di allenamento come parte integrante della valutazione preventiva. Sebbene non siano disponibili evidenze sufficienti per definire la relazione dose-risposta tra volume dei colpi e rischio di infortunio della spalla nel pugilato, il monitoraggio del carico tecnico complessivo può rappresentare un ulteriore elemento della strategia preventiva. Un incremento improvviso del volume di lavoro costituisce uno dei principali fattori associati allo sviluppo di infortuni da sovraccarico negli atleti overhead (Andersson et al., 2017), rendendo quindi consigliabile un monitoraggio costante del carico anche nel pugilato.

9.3 Strategie di prevenzione degli infortuni della spalla nel pugilato

Sulla base delle evidenze disponibili, il programma preventivo dovrebbe essere finalizzato a mantenere l'equilibrio tra mobilità e stabilità della spalla, migliorare il controllo neuromuscolare della scapola, incrementare la capacità stabilizzatrice della cuffia dei rotatori e ottimizzare il trasferimento delle forze lungo la catena cinetica. Tali obiettivi possono essere perseguiti attraverso l'inserimento di esercitazioni specifiche all'interno della normale programmazione dell'allenamento, senza modificare il gesto tecnico del pugno ma intervenendo sui principali fattori di rischio modificabili individuati nei capitoli precedenti.

9.3.1 Mantenimento della mobilità gleno-omeroale

Il mantenimento di un adeguato range di movimento rappresenta uno dei principali obiettivi del programma preventivo. Negli atleti overhead, la riduzione della mobilità della capsula posteriore è stata associata ad alterazioni della cinematica gleno-omeroale e ad un incremento delle sollecitazioni sulla cuffia dei rotatori e sul complesso capsulo-labrale (Lin et al., 2018). Sebbene tali alterazioni non siano state dimostrate direttamente nel pugilato, l'aumento della rotazione esterna osservato nei pugili suggerisce l'opportunità di monitorare e mantenere una fisiologica mobilità articolare (Lenetsky et al., 2015).

Il programma dovrebbe pertanto includere esercizi di mobilità rivolti principalmente alla capsula posteriore della spalla, come il Cross-body stretch e lo Sleeper stretch, efficaci nel migliorare la rotazione interna gleno-omeroale e ridurre la rigidità capsulare (Mine et al., 2017; Cools et al., 2021). Parallelamente, esercizi di mobilità del rachide toracico risultano utili per favorire una corretta cinematica scapolo-toracica durante l'elevazione dell'arto superiore.

9.3.2 Miglioramento del controllo scapolare

La presenza di discinesia scapolare osservata nei pugili evidenzia la necessità di inserire esercizi finalizzati al miglioramento del controllo neuromuscolare della scapola (Lenetsky et al., 2015). La letteratura identifica il dentato anteriore, il trapezio inferiore e il trapezio medio come i principali muscoli responsabili del corretto posizionamento della scapola durante i movimenti dell'arto superiore (Cools et al., 2014 ; Neumann, 2019).

Per questo motivo il programma dovrebbe comprendere esercizi in grado di incrementare selettivamente l'attivazione di tali gruppi muscolari, limitando contemporaneamente l'eccessiva attivazione del trapezio superiore. Tra gli esercizi maggiormente supportati dalla letteratura rientrano il Push-up Plus, il Wall Slide, il Dynamic Hug, il Low Row e il Prone Y, che hanno dimostrato un'elevata attivazione del dentato anteriore e del trapezio inferiore, contribuendo al ripristino del corretto ritmo scapolo-omeroale (Cools et al., 2014).

9.3.3 Rinforzo della cuffia dei rotatori

La cuffia dei rotatori rappresenta il principale stabilizzatore dinamico della gleno-omeroale e svolge un ruolo fondamentale sia durante l'accelerazione del pugno sia, soprattutto, nella fase di decelerazione e ritorno alla posizione di guardia (Dinu et al., 2020; Neumann, 2019).

Gli esercizi maggiormente raccomandati comprendono la Side-Lying External Rotation, la Standing External Rotation con elastico, l'External Rotation a 90° di abduzione e il Full Can, poiché hanno dimostrato un'elevata attivazione della muscolatura della cuffia dei rotatori, risultando indicati per il rinforzo degli stabilizzatori dinamici della spalla (Reinold et al., 2004).

La scelta di tali esercizi è inoltre coerente con le raccomandazioni proposte per la prevenzione degli infortuni negli atleti overhead (Cools et al., 2021).

9.3.4 Integrazione della catena cinetica

Considerando che il pugno è il risultato dell'azione coordinata dell'intera catena cinetica, il programma preventivo non dovrebbe limitarsi esclusivamente alla spalla. Deficit di forza o di controllo del tronco e degli arti inferiori possono infatti determinare un incremento delle richieste meccaniche a carico della gleno-omeroale (Escamilla et al., 2009).

Il programma dovrebbe quindi includere esercizi multiarticolari che favoriscano il trasferimento della forza tra arti inferiori, tronco e arto superiore, come il Landmine Press, il Pallof Press, i Medicine Ball Rotational Throw e le rotazioni del tronco con elastico o cavo. (Dinu et al., 2020; Escamilla et al., 2009).

9.4 Programmazione e periodizzazione del protocollo preventivo

La prevenzione degli infortuni della spalla non dovrebbe essere considerata come un intervento isolato, ma come un processo continuo da integrare nella programmazione dell'allenamento durante l'intera stagione sportiva.

9.4.1 Periodo di preparazione (pre-season)

Durante il periodo di preparazione, l'obiettivo principale del programma preventivo dovrebbe essere la correzione dei fattori di rischio modificabili che potrebbero predisporre allo sviluppo di patologie della spalla nel corso della stagione. Questa fase rappresenta il momento più favorevole per intervenire su eventuali deficit di mobilità, alterazioni del controllo scapolare, riduzione della forza della cuffia dei rotatori o inefficienze della catena cinetica, disponendo di un margine temporale sufficiente per ottenere adattamenti funzionali prima dell'inizio dell'attività agonistica (Wilk et al., 2016).

La progressione dovrebbe avvenire dalle esercitazioni analitiche verso compiti funzionali sempre più vicini alle richieste biomeccaniche del gesto sportivo, favorendo un trasferimento graduale degli adattamenti al gesto del pugno (Cools et al., 2021).

9.4.2 Periodo agonistico (in-season)

Durante la stagione agonistica, il programma preventivo dovrebbe essere mantenuto come parte integrante della normale preparazione dell'atleta, adattandone tuttavia il volume e l'intensità al carico tecnico e competitivo. In questa fase l'obiettivo principale non è più l'incremento delle capacità fisiche, bensì il mantenimento degli adattamenti acquisiti durante la preparazione e la prevenzione dell'insorgenza di fenomeni da sovraccarico funzionale (Wilk et al., 2016).

Il programma dovrebbe inoltre essere costantemente modulato in funzione delle caratteristiche dell'atleta, del numero di sedute tecniche, dell'intensità degli allenamenti e dell'eventuale presenza di segni precoci di affaticamento o riduzione della funzionalità della spalla (Cools et al., 2021)..

9.4.3 Periodo di transizione (off-season)

Anche durante il periodo di transizione risulta opportuno mantenere un'attività preventiva, sebbene con obiettivi differenti rispetto alle altre fasi della stagione. Dopo il termine dell'attività agonistica, il programma dovrebbe favorire il recupero funzionale delle strutture maggiormente sollecitate durante la stagione, correggere eventuali compensi sviluppati nel corso dell'allenamento e preparare progressivamente l'atleta alla successiva fase di preparazione (Wilk et al., 2016).

Nel pugilato, dove il gesto tecnico è caratterizzato dalla ripetizione di movimenti esplosivi dell'arto superiore e dall'elevato coinvolgimento della catena cinetica, un programma preventivo strutturato secondo i principi della periodizzazione rappresenta un valido strumento per ridurre il rischio di sovraccarico della spalla e preservarne la funzionalità nel lungo periodo. Sebbene siano necessari ulteriori studi specifici su questa disciplina, l'adattamento delle strategie preventive validate negli sport overhead costituisce, ad oggi, l'approccio più coerente con le evidenze scientifiche disponibili .

BIBLIOGRAFIA

- Alevras AJ, Fuller JT, Mitchell R, Lystad RP. Epidemiology of injuries in amateur boxing: A systematic review and meta-analysis. *J Sci Med Sport*. 2022;25(12):995-1001. doi:10.1016/j.jsams.2022.09.165
- Andersson, S. H., Bahr, R., Clarsen, B., & Myklebust, G. (2017). Preventing overuse shoulder injuries among throwing athletes: a cluster-randomised controlled trial in 660 elite handball players. *British journal of sports medicine*, 51(14), 1073-1080.
- Bledsoe GH, Li G, Levy F. Injury risk in professional boxing. *South Med J*. 2005;98(10):994-998. doi:10.1097/01.smj.0000182498.19288.e2
- Cheraghi, M., Agha Alinejad, H., Arshi, A. R., & Shirzad, E. (2014). Kinematics of straight right punch in boxing. *Annals of Applied Sport Science*, 2(2), 39-50.
- Chu SK, Jayabalan P, Kibler WB, Press J. The Kinetic Chain Revisited: New Concepts on Throwing Mechanics and Injury. *PM R*. 2016;8(3 Suppl):S69-S77. doi:10.1016/j.pmrj.2015.11.015
- Clausen H, McCrory P, Anderson V. The risk of chronic traumatic brain injury in professional boxing: change in exposure variables over the past century. *Br J Sports Med*. 2005;39(9):661-664. doi:10.1136/bjism.2004.017046
- Cools AM, Maenhout AG, Vanderstukken F, Declève P, Johansson FR, Borms D. The challenge of the sporting shoulder: From injury prevention through sport-specific rehabilitation toward return to play. *Ann Phys Rehabil Med*. 2021;64(4):101384. doi:10.1016/j.rehab.2020.03.009
- Cools, A. M., Struyf, F., De Mey, K., Maenhout, A., Castelein, B., & Cagnie, B. (2014). Rehabilitation of scapular dyskinesis: from the office worker to the elite overhead athlete. *British journal of sports medicine*, 48(8), 692-697.
- Dinu D, Houel N, Louis J. Effects of A lighter discus on shoulder muscle activity in elite throwers, implications for injury prevention. *Int J Sports Phys Ther*. 2019;14(4):592-602

- Dinu D, Louis J. Biomechanical Analysis of the Cross, Hook, and Uppercut in Junior vs. Elite Boxers: Implications for Training and Talent Identification. *Front Sports Act Living*. 2020;2:598861. Published 2020 Nov 26. doi:10.3389/fspor.2020.598861
- Elliott B, Fleisig G, Nicholls R, Escamilla R. Technique effects on upper limb loading in the tennis serve. *J Sci Med Sport*. 2003;6(1):76-87. doi:10.1016/s1440-2440(03)80011-7
- Escamilla RF, Andrews JR. Shoulder muscle recruitment patterns and related biomechanics during upper extremity sports. *Sports Med*. 2009;39(7):569-590. doi:10.2165/00007256-200939070-00004
- Kacprzak J, Mosler D, Tsos A, Wąsik J. Biomeccanica del pugno: l'impatto della massa effettiva e del trasferimento di forza sulle prestazioni del colpo. *Applied Sciences* . 2025; 15(7):4008. <https://doi.org/10.3390/app15074008>
- Lenetsky S, Brughelli M, Harris NK. Shoulder function and scapular position in boxers. *Phys Ther Sport*. 2015;16(4):355-360. doi:10.1016/j.ptsp.2015.02.003
- Lin DJ, Wong TT, Kazam JK. Shoulder Injuries in the Overhead-Throwing Athlete: Epidemiology, Mechanisms of Injury, and Imaging Findings. *Radiology*. 2018;286(2):370-387. doi:10.1148/radiol.2017170481
- Loosemore M, Lightfoot J, Palmer-Green D, Gatt I, Bilzon J, Beardsley C. Boxing injury epidemiology in the Great Britain team: a 5-year surveillance study of medically diagnosed injury incidence and outcome. *Br J Sports Med*. 2015;49(17):1100-1107. doi:10.1136/bjsports-2015-094755
- Megafu MN, Nerenberg N, Pandya H, et al. Epidemiology of Boxing-Related Upper Extremity Injuries Presenting to Emergency Departments in the United States from 2014 to 2023. *J Emerg Med*. 2026;80:44-50. doi:10.1016/j.jemermed.2025.10.003
- Mine, K., Nakayama, T., Milanese, S., & Grimmer, K. (2017). Effectiveness of stretching on posterior shoulder tightness and glenohumeral internal-rotation deficit: a systematic review of randomized controlled trials. *Journal of Sport Rehabilitation*, 26(4), 294-305.

Murphy, P., & Sheard, K. (2006). Boxing Blind: Processi non pianificati nello sviluppo della boxe moderna. *Sport in Society*, 9 (4), 542–558. <https://doi.org/10.1080/17430430600768785>

Neumann, D. A. (2019). *Chinesiologia del sistema muscolo scheletrico. Fondamenti per la riabilitazione* (3^a ed.). Padova: Piccin-Nuova Libreria. Sezione II, Capitolo 5: Articolazione scapolo-omerale.

Oliver GD, Keeley DW. Pelvis and torso kinematics and their relationship to shoulder kinematics in high-school baseball pitchers. *J Strength Cond Res.* 2010;24(12):3241-3246. doi:10.1519/JSC.0b013e3181cc22de

Reinold MM, Wilk KE, Fleisig GS, et al. Electromyographic analysis of the rotator cuff and deltoid musculature during common shoulder external rotation exercises. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2004;34(7):385-394. doi:10.2519/jospt.2004.34.7.385

Rojas IL, Provencher MT, Bhatia S, et al. Biceps activity during windmill softball pitching: injury implications and comparison with overhand throwing. *Am J Sports Med.* 2009;37(3):558-565. doi:10.1177/0363546508328105

Seroyer ST, Nho SJ, Bach BR, Bush-Joseph CA, Nicholson GP, Romeo AA. The kinetic chain in overhand pitching: its potential role for performance enhancement and injury prevention. *Sports Health.*2010;2(2):135-146. doi:10.1177/1941738110362656

Wilk KE, Arrigo CA, Hooks TR, Andrews JR. Rehabilitation of the overhead throwing athlete: there is more to it than just external rotation/internal rotation strengthening. *PM R.* 2016;8(3 Suppl):S78-S90. doi:10.1016/j.pmrj.2015.12.005. Available from:<https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2015.12.005>

Wilk, K. E., Arrigo, C. A., Hooks, T. R., & Andrews, J. R. (2016). Rehabilitation of the overhead throwing athlete: there is more to it than just external rotation/internal rotation strengthening. *Pm&r*, 8(3), S78-S90.

Zazryn T, Cameron P, McCrory P. A prospective cohort study of injury in amateur and professional boxing. *Br J Sports Med.* 2006;40(8):670-674. doi:10.1136/bjsm.2006.025924