

FACOLTÀ di SCIENZE MOTORIE

**CORSO DI STUDIO MAGISTRALE IN SCIENZA E TECNICA
DELLO SPORT**

TESI DI LAUREA

**ALLENAMENTO DELLA FORZA NEL CICLISMO:
EFFETTI E APPLICAZIONI PRATICHE**

LAUREANDO
Simone Petilli

RELATORE
Chiar.mo Prof. Amatori Stefano

ANNO ACCADEMICO 2022-2023

INDICE

Premessa	4
Capitolo 1: I determinanti della Performance nel Ciclismo.....	7
1.1. Introduzione	7
1.2. VO _{2max}	8
1.3. Soglia Lattacida	9
1.4. Efficienza o Economia di Pedalata	11
1.5. Caratteristiche Morfologiche	12
1.6. Nutrizione.....	14
1.7. Genetica	14
Capitolo 2: Allenamento di Forza	16
2.1. Forza.....	16
2.2. Metodi di Allenamento della Forza	18
2.3. Forme applicative e Organizzative dell'Allenamento	21
2.4. Allenamento per tipi di Forza	22
2.5. Forza e Ormoni.....	23
2.6. Concurrent Training, Forza ed Endurance	25
Capitolo 3: Raccomandazioni e Protocolli di Forza nel Ciclismo .	26
3.1. Forza e Ciclismo	26
3.2. Effetti del Lavoro di Forza sui Determinanti Performance	27
3.3. Meccanismi alla base dei miglioramenti	36
3.4. Protocolli e Raccomandazioni Pratiche	40
3.5. Esercizi e Sedute di Allenamento	45
3.6. Differenze Genere ed Età	46
3.7. Riepilogo Allenamento di Forza nel Ciclismo	49

Capitolo 4 Cadenza e Forza: si può allenare la Forza in Bici?	55
4.1. Forza in Bici	55
4.2. Effetti sulla Performance di diverse Cadenze di pedalata	56
4.3. Origine allenamenti a bassa cadenza e SFR	58
4.4. Studi recenti.....	59
4.5. Riepilogo Forza in Bici e possibili future applicazioni	64
Conclusioni.....	67
Bibliografia	70

Premessa

La Scienza dello Sport è un ambito di ampio interesse, ed io lo posso confermare personalmente: sono un Atleta Professionista ed ho ri-iniziato a studiare qualche anno dopo la Maturità, ma quando ancora sono nel pieno della mia carriera agonistica. Perché? Perché volevo capire il motivo per cui tutti i giorni esco ad allenarmi, perché mi alleno in un certo modo e perché il mio corpo e le mie performance reagiscono così. Per rispondere a tutti questi perché ho deciso di iscrivermi all'Università, ed in me si è accesa ancora di più la passione per capire come ottenere la miglior performance, in particolare da me stesso. Nella scelta su cosa svolgere la mia Tesi ho pensato a vari argomenti, è stata una scelta difficile, mi sarebbe piaciuto approfondire molte tematiche, ma alla fine ho scelto la Forza nel Ciclismo. Ho inserito questo tipo di allenamento negli ultimi anni, ed ho avvertito un gran beneficio, ma da giovane e nei primi anni di carriera non era parte del mio programma, non pensavo che per andare forte in bici servisse allenarsi anche giù dalla bici; quindi, ho deciso di farmi molte domande, partendo dal cercare di capire se davvero aveva effetto sulla mia Prestazione. Volevo capire fino in fondo i motivi per cui questo tipo di allenamento mi faceva stare meglio, e i meccanismi con cui ha avuto dei benefici sulla mia Performance, volevo capire se funzionasse solo su di me, o se fosse un protocollo di allenamento benefico per tutti, e perché da quello che ho visto personalmente nell'ambito del Ciclismo era così sottovalutato. Quindi ho iniziato la mia ricerca per vedere se ci fosse una base scientifica a tutto questo, e ho trovato molti studi che dimostravano quanto io avevo sperimentato su me stesso, l'Allenamento di Forza giù dalla bici aveva dei vantaggi per la Performance anche durante le prove di Endurance. Nel mondo del Ciclismo questo tipo di lavoro è sempre stato sottovalutato, solitamente gli allenatori facevano svolgere un piccolo periodo di allenamento in Palestra solamente durante l'inverno,

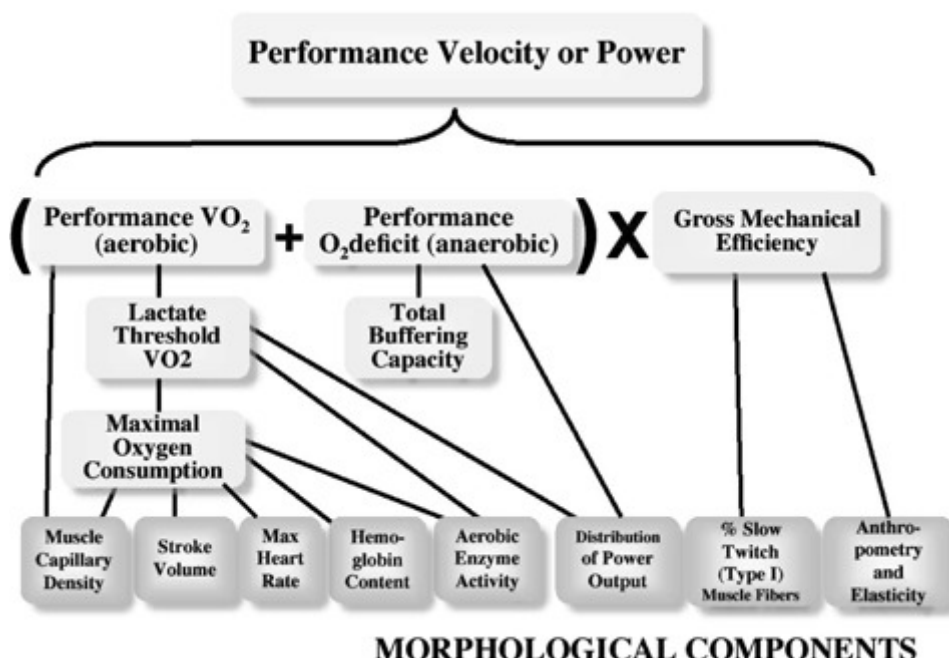
però con la raccomandazione di non esagerare, il timore era sempre quello di mettere troppa massa muscolare, un incubo per i coach vecchia scuola ossessionati dal rapporto peso potenza. Era un allenamento alternativo, ma inserito solamente per rompere la routine dei soliti allenamenti durante la stagione, non un vero programma di lavoro orientato allo sviluppo di caratteristiche poi utili durante la stagione e per migliorare la Performance. Quindi la mia ricerca mi ha portato in particolare sui lavori di Ronnestad, che dimostrano come l'inserimento di un allenamento con i pesi porti ad un miglioramento della Performance anche nelle prove di Resistenza, i primi lavori si sono concentrati sull'effettivo miglioramento della prestazione, una volta accertato questo si è focalizzato sui meccanismi che spiegano questo, andando poi a testare quali esercizi e quanti allenamenti sono necessari per avere questi adattamenti, ed infine ha dimostrato che deve essere mantenuto un lavoro di richiamo anche durante la stagione agonistica. In questo elaborato parlerò di tutto questo, e per permettere una comprensione a 360 gradi partirò dalla spiegazione di quali sono i Determinanti della Performance nel ciclismo, cioè quali parametri incidono sulla prestazione, poi farò una panoramica sull'Allenamento di Forza, per poi entrare nel vivo con i benefici dell'allenamento di Forza nel Ciclismo, e qui parlerò di tutti i lavori scientifici che lo dimostrano e grazie a quali meccanismi questo avviene, con tutte le raccomandazioni pratiche e i protocolli più utilizzati. Infine nell'ultimo capitolo parlerò di come e se sia possibile allenare la Forza anche sulla bicicletta, infatti nel mondo del ciclismo si è da sempre utilizzato dei lavori specifici a bassa cadenza con l'obiettivo di migliorare la forza, ma questo è realmente utile? Lo vedremo arrivati alla fine, anche qui ho trovato degli articoli scientifici che ne parlano, ed in parte quello che molti allenatori hanno sempre raccomandato, e molti atleti sempre fatto non è del tutto provato dalle Evidenze. Spero che questo elaborato possa suscitare interesse, e che sia l'inizio di una piccola rivoluzione nei metodi di allenamento nel

ciclismo, in quanto ora vedo sempre più atleti di alto livello inserire l'Allenamento di Forza nel loro programma di lavoro, ma in percentuale sono ancora pochi, mentre dovrebbe essere parte fondamentale di ogni ciclista di Élite, e utile anche per ciclisti di livello inferiore ma con sufficiente tempo per ottenere il massimo dai loro allenamenti per ottenere la miglior prestazione. In fondo l'obbiettivo finale di tutti è questo, ottenere il massimo da sé stessi e riuscire ad ottenere le migliori Performance.

Capitolo 1: I determinanti della Performance nel Ciclismo

1.1. Introduzione

Il primo capitolo di questo lavoro inizia parlando di quali sono i fattori che determinano la Performance nel Ciclismo. In questo elaborato si parlerà degli effetti dell'allenamento di Forza sulla prestazione ciclistica, ma per iniziare è fondamentale descrivere il modello prestativo di questa disciplina, e quindi i principali fattori che determinano la capacità di prestazione negli sport di endurance ed in particolare nel Ciclismo. Nella maggior parte dei lavori scientifici è emerso che la Performance è determinata in diverse proporzioni dalla Capacità Aerobica, Anaerobica e dalla Efficienza Meccanica e quelli che vengono considerati i tre parametri più importanti che determinano la prestazione negli sport di resistenza sono il Massimo Consumo di Ossigeno (VO_{2max}), la Soglia Lattacida e l'Efficienza (o Economia) (Joyner & Coyle, 2008).



Le evidenze su questi tre fattori sono emerse già dagli inizi del 1900 (Hill, 1925), quando nella ricerca su cosa influisse nel declino della performance nel tempo e quali fattori limitassero la velocità di corsa, oltre all'idea della fatica muscolare hanno iniziato a focalizzarsi anche sulla richiesta di ossigeno, alla capacità di trasportarlo e utilizzarlo e alle riserve energetiche.

1.2. VO_{2max}

Negli sport di resistenza da sempre si è notato che gli atleti di alto livello avevano valori di VO_{2max} molto alti (Robinson, Edward, & Dill, 1937), solitamente compresi tra i 70 e gli 85 ml/kg/min negli uomini e valori inferiori di circa il 10% nelle donne, questo determina una maggior capacità di ossigenare i tessuti e di conseguenza una miglior capacità aerobica. In effetti il contributo aerobico in queste discipline è risultato quello più importante, e il Massimo Consumo di Ossigeno rispecchia in gran parte le capacità aerobiche dell'organismo, principalmente questo valore è determinato dall'abilità del cuore di generare un'elevata gittata cardiaca, dai valori di emoglobina, dal flusso e da un'estrazione di ossigeno muscolare elevati, e dalla capacità dei polmoni di ossigenare il sangue (Joyner & Coyle, 2008). Di conseguenza gli adattamenti all'allenamento più importanti sono risultati l'aumento della gittata sistolica cardiaca, aumento del volume sanguigno, aumento della densità capillare e della densità mitocondriale nei muscoli allenati. Quindi è chiaro che il massimo consumo di ossigeno è un parametro molto importante, ma per Performance di resistenza che durano più di 10/15', il ritmo tenuto sarà di un'intensità inferiore a quella che evoca il massimo consumo di ossigeno; quindi, sarà la percentuale di VO_{2max} che l'atleta è in grado di sostenere per un determinato tempo a influire sulla prestazione. Tenendo conto di quanto detto sopra quindi è importante considerare la capacità di sostenere nel tempo una frazione del VO_{2max} ,

più alta sarà questa frazione di utilizzo e maggiore sarà la capacità aerobica del soggetto.

1.3. Soglia Lattacida

Sulla base di questo si è notato che la concentrazione di Lattato durante l'esercizio e la distanza percorsa mostravano una curva simile (Costil, 1970), quindi si è iniziato ad ipotizzare che ci potesse essere una correlazione e che anche questo potesse essere un fattore che rappresentasse la capacità aerobica, ed insieme al VO_{2max} di fornire informazioni sull'abilità di sostenere una certa intensità di esercizio per un determinato tempo (Heuberg, et al., 2018). Il Lattato è un intermedio metabolico coinvolto in molti processi, tra cui l'utilizzo di substrati energetici, processi di segnalazione cellulare e processi di adattamento. Il nostro organismo ha dei sistemi per tamponare la presenza di questo metabolita e riconvertirlo, in particolare grazie al fegato dove viene trasformato in glucosio. Però quando la produzione di Lattato eccede le capacità dell'organismo di metabolizzarlo può portare ad interruzione dell'esercizio. Riguardo a questo si è visto che durante l'esercizio ad intensità medio-basse non vi sia un grosso aumento di concentrazione di Lattato, però all'aumentare dell'intensità si arriva ad un punto dove l'aumento inizia ad essere esponenziale e quindi ad un accumulo che il corpo non riesce più a metabolizzare, nel dettaglio rapportando questi valori al Massimo consumo di ossigeno si è visto che la curva rimane costante fino a circa il 60% del VO_{2max} in soggetti non allenati e a circa il 75-90% in soggetti allenati. In esercizi fisici di Endurance si è visto che l'accumulo di Lattato non sia dovuto solo al metabolismo Anaerobico e dalla condizione di l'ipossia del muscolo ma che sia dipendente di un insieme di altri processi. Sembra inizi dalla capacità dell'organismo di ossidazione dei grassi, che però in sforzi a moderata o elevata intensità non è in grado di rispondere alle richieste di consumo e conseguente rigenerazione di ATP, e quindi si attivano i processi di Glicogenolisi e

Glicolisi, però poi il piruvato prodotto è mandato ai Mitochondri con il tempo eccede le capacità di questi ultimi di ossidarlo arrivando al conseguente accumulo di Lattato (Rosberg, Ghiasvand, & Parker, 2004). Si è visto inoltre che sull'aumento di concentrazione di Lattato incidono anche quanti e quali muscoli vengono reclutati durante lo sforzo, infatti la capacità di eseguire un esercizio utilizzando una massa muscolare maggiore permette un minor stress muscolare, e di conseguenza una miglior performance. Riguardo a questo, si è visto come in ciclisti di alto livello ci sia un maggior reclutamento del gluteo durante la pedalata rispetto a ciclisti di basso livello o sedentari, dove invece c'è un maggior utilizzo del quadricipite e muscoli della gamba, proprio perché una maggior massa muscolare reclutata permette una maggior distribuzione dello stress causato dallo sforzo e minor accumulo di lattato. Da tutti questi concetti è stato ricavato il valore di Soglia Lattacida, che viene considerato come quel punto in cui l'accumulo di lattato non eccede le capacità dell'organismo di metabolizzarlo e quindi si stabilisce un equilibrio che permette al muscolo di lavorare senza accumulare troppi metaboliti che in eccesso porterebbero ad esaurimento durante l'esercizio. Questo in generale vale per tutti gli esercizi di resistenza, anche se poi deve essere correlato individualmente ad ogni disciplina ed in particolare alla durata dell'esercizio, perché il tempo per cui si dovrà mantenere una certa intensità di lavoro inciderà sulle caratteristiche dell'Atleta. Per fare un esempio se la prova di ciclismo sarà una cronometro di 30km, lo sforzo durerà più o meno 30', quindi il ciclista potrà tenere una velocità vicina al 90% del suo VO_{2max} , mentre se la prova prevede una tappa di montagna lunga 200km con molte salite, lo sforzo potrà durare anche fino a 6h, ed in questo caso la velocità che il ciclista potrà mantenere per uno sforzo così lungo non sarà elevata come in precedenza, ma sarà possibile mantenere più realisticamente un'intensità vicina al 70-75% del VO_{2max} . Risulta quindi importante valutare quale durata sia prevista per le gare che si andranno ad

affrontare, ma comunque il valore di Soglia Lattacida risulta importante, perché in ogni caso un valore più alto significherà una capacità di mantenere una più alta percentuale del proprio Massimo consumo di Ossigeno più a lungo, e quindi una maggior capacità aerobica. Da questi fattori possiamo arrivare al concetto che il consumo di ossigeno della Performance è determinato dal VO_{2max} e dalla soglia Lattacida; infatti, questi due parametri insieme descrivono la capacità di sostenere uno sforzo per un determinato tempo (Joyner & Coyle, 2008). Per fare un paragone, abbiamo visto che i valori di VO_{2max} di soggetti allenati sono dal 50 fino al 100% maggiori di soggetti sedentari, inoltre abbiamo visto che la soglia Lattacida nel primo caso è compresa tra il 75 e 90% del VO_{2max} mentre arriva al 60% nel secondo caso, incrociando questi numeri è facile notare come la capacità aerobica dei soggetti allenati sia del doppio o triplo maggiore rispetto a soggetti non allenati, giustificando così le grandi differenze di Performance in sport come il Ciclismo.

1.4. Efficienza o Economia di Pedalata

Il terzo fattore determinante la performance è quello che viene denominato Efficienza o Economia, ed è quello che determina quanta velocità o potenza può essere generata rispetto alla quantità di energia prodotta da ogni individuo, che quindi dipende anche dalla Capacità aerobica (o il cosiddetto consumo di ossigeno). In pratica rappresenta la capacità di trasformare la componente Fisiologica di un soggetto in efficienza meccanica. Da vari studi si è visto come l'efficienza meccanica per generare una certa potenza nel ciclismo possa variare dal 20 al 25% tra diversi individui (Coyle, 1995), e questo incide molto sulla performance. L'efficienza con cui l'energia chimica dell'idrolisi di ATP viene convertita in lavoro dipende principalmente dalla velocità di accorciamento del sarcomero e dal tipo di Fibre (Vanhatalo, et al., 2005). Quindi sembra che questa variabile sia per la maggior parte dovuta alla percentuale di Fibre di tipo I (Slow Twitch o Fibre lente), che sono

risultate più efficienti per cadenze di pedalate comprese tra le 60 e 120 rpm, cioè il range di pedalata più frequente tra i ciclisti. Nei soggetti non allenati è presente una percentuale minore di Fibre di tipo I rispetto ai soggetti allenati, questa differenza è dovuta in parte alla genetica ed in parte dall'allenamento che ha portato nel tempo ad una maggior conversione di Fibre di tipo II in quelle più efficienti per prestazioni di endurance le Slow Twitch (Tipo I) (Chi et al., 1983). Le cosiddette fibre lente possiedono una concentrazione maggiore di Mitocondri e quindi il muscolo ha una maggiore capacità ossidativa, in particolare una più elevata capacità di ossidare i grassi. La difficoltà maggiore riguardo a questa variabile è sempre stata che fosse difficile da quantificare oggettivamente, infatti al contrario di VO_{2max} e Soglia lattacida che possono essere determinati tramite dei test e delle specifiche strumentazioni, l'efficienza dipende da più fattori e identificare un valore che potesse fornire informazioni e fare comparazioni tra questi valori è una questione ancora in fase di sviluppo. Nonostante questa questione i ricercatori si sono comunque posti la domanda riguardo quanto l'Efficienza sia allenabile, cioè quanto sia migliorabile con la pratica di un allenamento regolare, inizialmente sembrava che si potesse influire poco su questa variabile, fino a che negli ultimi anni è emerso che durante la loro carriera in alcuni Campioni in sport di Endurance vi sia stato un miglioramento dell'Economia negli ultimi anni rispetto ai primi, quindi con il passare degli anni, delle ore e delle sedute di allenamento, arrivando quindi alla conclusione che anche questo fattore può essere influenzato dalla regolare pratica, anche se mancano ancora spiegazioni sufficienti per comprendere esattamente in quale modo.

1.5. Caratteristiche Morfologiche

Come è stato illustrato sopra la Performance è quindi determinata dalla Capacità di produzione di energia (tramite principalmente il metabolismo aerobico e in minor parte dal contributo anaerobico) e da

quanto efficientemente questa energia viene convertita in movimento (Goulding & Marwood, 2023). Le componenti morfologiche principali che determinano questi fattori sono la Gittata Sistolica, la Massima Frequenza Cardiaca, la Densità Capillare, quella Mitocondriale, il contenuto di Emoglobina, l'attività degli enzimi Aerobici, la distribuzione Muscolare della potenza erogata, la percentuale di Fibre di tipo I e le caratteristiche Antropometriche ed Elastiche (Joyner & Coyle, 2008).

Della maggior parte dei fattori elencati si è già discusso, mentre merita un discorso a parte anche la Densità Capillare. In un esperimento su un gruppo di Ciclisti con lo stesso VO_{2max} , che hanno effettuato un test in laboratorio ad un'intensità pari all'88% del loro Massimo consumo di Ossigeno fino ad esaurimento, si è riscontrato come da previsioni che la durata era correlata alla soglia lattacida, ma alcuni soggetti hanno continuato per un tempo maggiore anche rispetto a quello che era ipotizzabile dai loro parametri. In questi soggetti si è notato rispetto agli altri una maggiore densità capillare muscolare, che ha permesso a parità degli altri valori di performare più a lungo. Questo ha portato alla conclusione che la Densità capillare è importante sia nei processi di trasporto di ossigeno e riduzione del gradiente di diffusione, ma anche nella rimozione di metaboliti e prodotti di scarto e nel tamponare l'acidosi nei muscoli in contrazione, quindi incide direttamente sulla Capacità di produzione energia del soggetto. Infatti uno degli adattamenti che avvengono e sono ricercati con l'allenamento comprende anche un aumento della densità capillare (Coyle, 1995).

Oltre alla densità Capillare anche il contenuto dei Mitocondri risulta un fattore molto importante nelle performance di Ciclismo, in quanto come spiegato sopra intervengono in molti dei processi di produzione di energia, in particolare nella respirazione cellulare e nell'ossidazione del Piruvato. Infatti uno degli adattamenti dell'allenamento è proprio l'aumento di densità Mitocondriale nei muscoli allenati, che come detto permette una maggior produzione di energia.

1.6. Nutrizione

Un altro elemento fondamentale durante le prove di Endurance riguarda le Riserve energetiche, in quanto la produzione di energia dipende direttamente anche da come e da dove viene ricavata. Come accennato prima ad intensità medio-basse una buona parte dell'ATP viene ricavato dall'ossidazione dei grassi, ma all'aumentare dell'intensità aumentano il contributo anche i processi di Glicolisi e Glicogenolisi. Questi due meccanismi rappresentano la principale fonte di energia nelle gare di Resistenza dove la Performance avviene ad una percentuale alta del VO_{2max} ; quindi, risulta fondamentale anche la gestione dei nutrienti prima e durante la prova. In particolare, per prove di durata superiore alle 2 ore, perché dopo questo tempo le riserve di Glicogeno risultano nella maggior parte dei soggetti completamente esaurite, e si può inoltre incorrere nel fenomeno dell'Ipoglicemia. Adottando specifici protocolli nutrizionali Pre-Gara si può fare in modo di iniziare la prova con le riserve di Glicogeno Muscolare piene, e seguendo degli ulteriori protocolli per il rifornimento energetico durante la prova si può resistere ad un certo ritmo per un tempo maggiore, in particolare riuscendo a mantenere la propria soglia lattacida per una durata maggiore rispetto ad una situazione senza aver posto sufficiente attenzione all'aspetto nutrizionale. Riguardo la Nutrizione sportiva tutti i lavori scientifici hanno evidenziato come la fonte energetica primaria siano i carboidrati, soprattutto durante attività fisica ad intensità medio elevata, e per questo i protocolli nutrizionali sviluppati negli ultimi anni sono fondamentalmente basati su questi, ed in base al tipo e alla durata dello sforzo forniscono precise linee guida su quanti carboidrati assumere anche durante l'esercizio.

1.7. Genetica

Un ultimo punto di cui è possibile parlare nei determinanti la Performance nel Ciclismo riguarda quanto contribuisca la Genetica.

Molte ricerche si sono concentrate nella ricerca di marker genetici che potessero predire performance di élite nello sport, e in particolare come soggetti diversi rispondono all'allenamento, cioè i diversi livelli di allenabilità, che in pratica indica quanti adattamenti avvengono dopo un certo carico di allenamento (Joyner M. J., 2019). Non sono stati trovati sinora dei collegamenti tra variazioni genetiche e performance di alto livello che possano garantire la sicura identificazione di un talento. Un fattore che però sembra influenzato dall'ereditarietà è il Massimo Consumo di Ossigeno, questo infatti può essere allenato e migliorato con l'allenamento ma per buona parte sembra dovuto al corredo genetico di ogni individuo, come si è visto in alcuni studi correlazionali tra gemelli e membri della stessa famiglia. Quindi per portare un esempio le possibilità che i figli di ex campioni possano seguire le orme dei genitori, oltre a tutti i fattori ambientali sembra principalmente dovuto al fatto che se questi erano in possesso di alti valori di VO_{2max} per eccellere ad alto livello, i loro figli avranno molte più possibilità di altri soggetti di avere un alto valore di questo parametro, e come abbiamo illustrato risulta uno dei principali determinanti della Performance.

Capitolo 2: Allenamento di Forza

2.1. Forza

La forza è una capacità condizionale, ma la sua definizione nei diversi sport risulta più complessa. In generale, la forza muscolare è definita come la capacità che un uomo ha di vincere od opporsi ad una certa resistenza (Weineck, 2009). Come detto nello Sport non si presenta mai in forma pura, ma come la combinazione dei diversi tipi di Forza, che sono stati classificati in tre forme principali: cioè la Forza Massima, la Forza Rapida e la Forza Resistente (o resistenza alla forza), più la Forza Reattiva che è stata introdotta recentemente e risulta collegata con la forza rapida. Quindi l'allenamento di Forza è volto al miglioramento di questa capacità condizionale, che però dipenderà da quale proporzione delle sue componenti sarà necessario lavorare in base alla disciplina che si andrà ad affrontare, nel nostro caso volendo valutare il suo effetto sul Ciclismo la componente principale sarà la Resistenza alla Forza di cui parleremo, ma è importante anche conoscere gli effetti e le caratteristiche delle altre forze quindi ora vedremo una panoramica di tutte.

“La Forza Massimale rappresenta la massima forza possibile che il sistema Neuromuscolare ha la possibilità di esprimere in una massima contrazione volontaria” (Weineck, 2009). Principalmente dipende da tre fattori che sono: la sezione trasversale del muscolo, la coordinazione intermuscolare e la coordinazione intramuscolare. Per coordinazione intermuscolare si intende quella tra i diversi muscoli che lavorano insieme in un dato movimento, mentre per coordinazione intramuscolare quella interna allo stesso muscolo, e proprio quest'ultima componente è molto sensibile all'allenamento permettendo anche un aumento della forza massimale senza un aumento della massa muscolare eccessivo e conseguente aumento del peso corporeo, e per questo motivo è risultata molto importante in vari sport dove il peso ha un impatto importante.

“La Forza Rapida rappresenta la capacità del sistema Neuromuscolare di muovere il corpo e le sue parti oppure oggetti alla massima velocità” (Weineck, 2009). In questo caso i tre fattori che incidono su questo tipo di forza sono: i Programmi di tempo o Pattern motori, il Tipo di Fibre muscolari attivate e la Forza Contrattile delle Fibre muscolari reclutate. I programmi di tempo sono rappresentati dalla successione di impulsi di attivazione che si manifestano con contrazioni pre-programmate più rapide possibili, sono immagazzinati nel Sistema nervoso e specifici per ogni movimento, sono Pattern scarsamente allenabili e solitamente gli Atleti di Talento posseggono innati Programmi motori di tempo brevi. Il tipo di Fibre reclutate solitamente è rappresentato dalla percentuale di Fibre Veloci di Tipo II o Fast Twitch, che permettono una più elevata velocità di contrazione, e la Forza contrattile di queste dipende principalmente dalla loro sezione trasversale. Legata alla Forza Rapida abbiamo parlato anche di Forza Reattiva che può essere definita come la capacità di generare il più alto impulso di Forza all'interno di un ciclo allungamento-accorciamento, e dipende essenzialmente da fattori: Morfologico-Fisiologici, Coordinativi e Motivazionali.

“La Resistenza alla Forza è la capacità di opporsi alla Fatica in carichi maggiori del 30% della forza massimale”, quindi la capacità di un muscolo di perdurare a lungo nello spostamento di un carico medio-basso. Questa Forza si può classificare in vari modi ma principalmente viene suddivisa in tre tipi: Resistenza Massimale alla Forza (>75% della Forza Massimale), Resistenza alla Forza Sub-massimale (tra il 50 e il 75%) e Resistenza alla Forza Aerobica (tra il 30% e il 50%) (Ehlenz, Grosser, & Zimmerman, 1998). Si può definire anche come la capacità del Sistema Neuromuscolare di produrre una somma di impulsi di Forza quanto più elevati possibile rispetto ad un determinato tempo, quindi principalmente dipendente da due parametri che sono: la grandezza del singolo impulso e dalla capacità di mantenere più bassa possibile la

somma degli impulsi. Come detto precedentemente questo tipo di Forza sembra essere quella caratteristica negli Sport di Resistenza e quindi anche per il Ciclismo, noi approfondiremo i suoi metodi di allenamento, ma come vedremo in seguito anche metodi di allenamento degli altri tipi di Forza hanno mostrato degli effetti positivi sulla Performance nel Ciclismo.

2.2. Metodi di Allenamento della Forza

Prima di parlare dei metodi di allenamento della Forza è importante introdurre quali tipologie di tensione muscolare esistono, e possono essere di tre tipi: Isotonica, Isometrica e Auxotonica -(Weineck, 2009). Nella contrazione muscolare Isotonica gli elementi contrattili del muscolo si contraggono, mentre quelli elastici non variano, e avviene così un accorciamento muscolare. Anche nella contrazione Isometrica gli elementi contrattili del muscolo si contraggono, però gli elementi elastici del muscolo si allungano, quindi esternamente non osserviamo un accorciamento visibile del muscolo. La tensione muscolare Auxotonica rappresenta una combinazione tra sollecitazione Isometrica e Isotonica, in cui il Sistema Neuromuscolare tramite inserimento e disinserimento di unità muscolari si adegua al cambiamento dei momenti di forza e alle variazioni di velocità del movimento, è la forma più frequente nella pratica dello Sport.

Dopo aver introdotto i tipi di Tensione muscolare è possibile introdurre i principali Metodi di Allenamento della Forza, che sono: l'Allenamento Dinamico (o Isotonico, Auxotonico), l'Allenamento Statico (o Isometrico), l'Allenamento Vibratorio e l'Allenamento Propriocettivo.

L'Allenamento Dinamico comprende differenti modalità di Forza, e si può ulteriormente suddividere in Allenamento Dinamico Positivo definito anche Concentrico o Superante, Allenamento Dinamico Negativo definito Eccentrico o Cedente e Allenamento Dinamico in forme Miste. L'allenamento Dinamico Positivo è accompagnato dall'accorciamento

stesso del muscolo ed è quello più frequentemente utilizzato nello Sport, i principali Metodi Classici sono: le SuperSerie, le Serie Brucianti, le Serie Forzate, Super Pompaggio, con Trucco, Bulk Method e Progressione raddoppiata. Poi esistono il Metodo del Contrasto, del Carico Decrescente, Piramidale, Pre e Post Affaticamento e il Metodo Concentrico Puro. Nell'Allenamento Dinamico Negativo o Eccentrico troviamo in primo piano l'arresto o la ricezione del proprio peso o sovraccarichi sovramassimali, questo tipo di allenamento non dovrebbe essere eseguito da solo ma in combinazione con quello concentrico. I principali metodi sono il Metodo 120-80 (Eccentrico-Concentrico), il Metodo Statico-Eccentrico e il Metodo dell'Isometria totale con impegno Eccentrico della Forza. Nelle Forme Miste troviamo l'Allenamento Isocinetico, l'Allenamento Desmodromico e l'Allenamento Pliometrico, ci soffermiamo solo su quest'ultimo che rappresenta l'abbinamento tra gli effetti delle componenti di un allenamento dinamico negativo e positivo, sfruttando la pre-attivazione, il riflesso miotatico e le componenti elastiche del muscolo. Quindi dopo aver illustrato i principali metodi di Allenamento Dinamico, vediamo brevemente gli aspetti positivi e negativi di quelli più importanti. L'Allenamento della Forza Dinamico Positivo ha i vantaggi di: poter allenare in modo specifico i muscoli di interesse, migliorare la coordinazione neuromuscolare, permette di allenare tutti i tipi di forza, risulta eccellente per la costruzione muscolare e permette un rapido recupero. Tra gli svantaggi abbiamo: che gli stimoli sono spesso sotto soglia e questo influisce sull'effetto allenante, si attivano sempre e solo alcune fibre, non migliora la stiffness e le sollecitazioni sono molto elevate per determinati muscoli ma scarse per altri durante il movimento. Nell'Allenamento Dinamico Negativo i vantaggi sono: che permette di sviluppare livelli di Forza superiori al Concentrico, produce notevole ipertrofia, consente una piena attivazione della muscolatura, è particolarmente adatto a Fibre Veloci di Tipo II, richiede meno energia e permette ispessimento di Tendini e Legamenti. Però tra gli svantaggi

troviamo: che richiede assistenza, senza controllo può portare a facili infortuni, provoca dolori (DOMS) notevoli e deve essere usato con moderazione e circoscritto a specifici periodi della stagione. Per l'Allenamento Pliometrico si ha: Miglioramento del ciclo di allungamento-accorciamento, aumento di sezione, forza e forza rapida in tutte le fibre, l'aumento di forza avviene senza aumento della massa e miglioramento della stabilità articolare. Però tra gli svantaggi riportiamo: un elevato carico Psico-fisico, gravi rischi se non eseguito correttamente, poco funzionale su atleti di esperienza e i parametri che lo caratterizzano incidono pesantemente sull'efficacia.

L'Allenamento Isometrico o Statico della Forza non produce movimento, il lavoro fisico è uguale a zero, ma vi è un elevato sviluppo di tensione muscolare, nonostante visivamente non vi sia contrazione o allungamento. Il suo utilizzo non deve essere isolato, infatti è funzionale solo se associato ad altre forme come quello eccentrico, concentrico o pliometrico, grazie alla sua capacità di attivare completamente il muscolo. La distinzione principale è tra metodi senza o con Sovraccarichi, e tra questa categoria abbiamo il Metodo dell'Isometria Massimale, Isometria Totale e Metodo Statico-Dinamico. Per quel che riguarda gli svantaggi abbiamo già parlato del fatto che non è funzionale se svolto singolarmente, poi possiamo aggiungere che ha solo un ruolo integrativo, peggiora l'elasticità muscolare, è monotono e non ha effetti sulla formazione del letto vascolare. Tra i vantaggi diciamo invece che è facile da eseguire, ha buoni livelli di incremento di forza, alta specificità per singolo muscolo e molto adatto per la riabilitazione. Tra le forme di allenamento Isometrico rientra anche l'Elettrostimolazione.

L'Allenamento Vibratorio prevede la possibilità di utilizzare apparecchiature come pedane, bilancieri o manubri che emettono vibrazioni. Il principio alla base di questo allenamento è quello di reclutare e attivare un maggior numero di Unità Motorie, maggiore attivazione nervosa e un coinvolgimento più elevato di Fibre di tipo II. Nonostante

tutto questo sia ancora oggetto di vari studi per confermarne la reale efficacia.

L'Allenamento Propriocettivo della Forza prevede un rafforzamento Muscolare associato ad un lavoro parallelo sull'allenamento dell'intero sistema propriocettivo e il miglioramento della capacità di prestazione coordinativa, in particolare di equilibrio. Viene utilizzato sia nello sport competitivo che in ambito riabilitativo. Nel particolare si eseguono esercizi di forza su piani instabili o superfici variabili (o utilizzando tavolette, palloni, swissball, materassini...), in grado di generare un'attivazione muscolare compensativa.

2.3. Forme applicative e Organizzative dell'Allenamento

Dopo aver parlato dei Metodi di allenamento ora è possibile introdurre le diverse forme applicative e organizzative, che a seconda dell'obbiettivo del lavoro e alla periodizzazione verranno scelte dall'allenatore (Weineck, 2009). L'allenamento a Stazioni è uno dei più utilizzati, per la sua semplicità e la possibilità di lavorare sul carico e sulle ripetizioni, permettendo così di poter migliorare la Forza Massimale, Rapida o Resistente a seconda dei parametri che verranno utilizzati. Poi troviamo l'Allenamento Piramidale che prevede la diminuzione o l'incremento progressivo del carico, permettendo anche questo di lavorare su tutti i tipi di Forza modulando i parametri di lavoro. Un'altra forma è quella dell'esercizio con il Massimo numero di Ripetizioni che è simile anche all'allenamento secondo il Principio del Body Building, in entrambe le forme si segue la regola generale più che una vera e propria forma di allenamento, nel primo a seconda del carico scelto si effettueranno il massimo delle ripetizioni possibili, nel secondo l'obbiettivo è l'affaticamento muscolare ricercato tramite reclutamento e utilizzo del maggior numero di fibre muscolari nelle massime ripetizioni.

Il Circuit Training o Allenamento a Circuito è una forma molto versatile, e come si vedrà successivamente molto utilizzata anche per lo

sviluppo della Forma fisica generale e speciale nella maggior parte delle discipline sportive. Questa forma prevede un circuito da ripetere più volte composto da diverse stazioni che si eseguono in successione, lavorando sui vari distretti muscolari, e modulando il tempo di lavoro e i tempi di recupero sarà possibile sviluppare il tipo di forza necessario. Tra i vari vantaggi troviamo la possibilità di poter essere eseguito da diversi atleti contemporaneamente anche in uno spazio ristretto, una grande variabilità di allenamento, grande flessibilità, poter inserire esercizi sport-specifici e essere utilizzato in qualsiasi momento della stagione.

2.4. Allenamento per tipi di Forza

Modulando i parametri è possibile sollecitare i diversi tipi di Forza, e partendo dal Circuit Training nello specifico è possibile dire che per la Forza Massimale si utilizza un carico del 85-90% eseguendo 2-3 ripetizioni con un recupero di 2' tra le stazioni e 3-5' tra la ripetizione del circuito. Per la forza Reattiva si utilizza fare 4-10 ripetizioni alla massima velocità, con recuperi rapportati al carico 1:1 e tra i circuiti di 2-4'. La Forza Resistente verrà sollecitata con carichi che permettano l'esecuzione di 15-30 ripetizioni o tempi di lavoro di 30-60" e recuperi brevi o possibilmente attivi tra le stazioni e i circuiti.

Come visto con il Circuit Training ogni tipologia di Forza ha i suoi metodi e procedure, ora più in generale illustreremo i principi generali per ognuna di queste. Partendo dalla Forza Massimale il suo miglioramento è legato allo sviluppo di due componenti principali: l'Ipertrofia e la Coordinazione Intramuscolare. Per l'Ipertrofia si prevede un carico tra il 40-60% del massimale e un numero di ripetizioni tra 8-12 con esecuzione lenta e recupero di 1-2' tra le serie. Per la Coordinazione Intramuscolare il carico dovrà essere molto pesante tra il 75-100%, il numero di ripetizioni più basso tra 1-5 e spesso è utilizzato anche l'allenamento dinamico negativo o eccentrico. Queste due modalità non si escludono a vicenda,

in determinati periodi per lo sviluppo della Forza Massima possono essere utilizzati anche in modo combinato.

La Forza Reattiva è condizionata in particolare dal Tipo di Fibre; quindi, un suo miglioramento passa per un maggior sviluppo di Fibre Veloci o Fast Twitch di Tipo II, in particolare IIx. Questo passa da uno sviluppo della Coordinazione Intermuscolare, Intramuscolare e Forza Contrattile, che, come detto per l'Allenamento a Circuito, prevede ripetizioni al massimo della velocità, e metodi come quello Eccentrico, Pliometrico o con Massimo impegno di Forza. (Weineck, 2009)

Per la Forza Resistente come visto si predilige il Circuit Training, con numero di ripetizioni elevate e tempi di recupero brevi, inoltre può essere sviluppata anche con il Metodo delle Massime Ripetizioni o Allenamento Isometrico con massimo tempo di Tenuta della posizione.

2.5. Forza e Ormoni

Per terminare il discorso generale sull'allenamento di forza è possibile accennare brevemente ad un fattore che influisce direttamente su quest'ultima e che viene ricercato tra gli adattamenti dell'allenamento, cioè degli ormoni. La Performance sportiva e la crescita muscolare sono influenzate da molti fattori di cui uno molto importante riguarda il rilascio e la circolazione degli ormoni, in particolare ormoni anabolici, tra cui Testosterone, Ormone della Crescita e IGF-1 (Insulin Growth Factor), e catabolici come i Glucocorticoidi (Kraemer, Ratamess, Hymer, Nindl, & Fragala, 2020). L'attività fisica in generale ha effetti diversi sul nostro organismo, ma l'Allenamento della Forza solitamente stimola la sintesi proteica e la crescita muscolare, portando ad un miglioramento della performance sportiva. Nello specifico parlando degli ormoni sono parte di un ampio sistema di comunicazione e segnalazione cellulare che porta a risposte diverse per la crescita e proliferazione di quest'ultime. Come detto i principali ormoni anabolici sono Testosterone, Ormone della Crescita e IGF-1. Partiamo dal primo che fa parte degli ormoni steroidei

androgeni, presente soprattutto negli uomini ed è strettamente correlato alla forza muscolare. In vari studi è riportato un aumento di Testosterone dopo Resistance Training, soprattutto in acuto dopo l'esercizio nei 30' successivi. Il testosterone è un androgeno, quindi, risultano molto importanti anche i recettori per Androgeni, e gli effetti positivi dell'allenamento di forza possono essere spiegati anche da questi, in quanto è risultata una maggior espressione di Recettori per Androgeni a seguito di un periodo di allenamento prolungato, quindi così viene dimostrato anche l'effetto in cronico di questa pratica. L'Ormone della Crescita anche chiamato GH è un altro dei principali ormoni anabolici e uno dei maggiori responsabili della crescita muscolare. Il GH è composto da varie forme e non è una singola entità, solitamente ci si riferisce in generale parlando dei suoi effetti, comunque nonostante le varie forme sembra che la risposta all'esercizio fisico in acuto sia influenzata dal pH e dagli Ioni di H, in particolare associata ad elevati livelli di Lattato. Risulta quindi stimolato da esercizi anaerobici e di forza, quindi in acuto sono provati gli effetti positivi dell'allenamento che spiegano i processi di riparazione e crescita muscolare. Il terzo ormone anabolico di cui parliamo è l'IGF-1, che ha un ruolo importante ed è stimolato principalmente da stress meccanici, quindi da lavoro muscolare elevato. Inoltre, sembra influenzato anche dai livelli di GH, questo porta al concetto che tutti questi ormoni sono interdipendenti, e tutti i processi che avvengono nel nostro organismo sono regolati da un insieme di segnali diversi che insieme agiscono su determinati fattori. Quindi oltre degli ormoni anabolici dobbiamo parlare anche di quelli con effetto opposto cioè Catabolici, di cui i principali sono i Glucocorticoidi. I glucocorticoidi giocano un ruolo fondamentale nella regolazione energetica e nell'omeostasi del metabolismo, sono rilasciati secondo ritmi circadiani con un picco durante il mattino che si abbassa durante la giornata raggiungendo il minimo durante la notte. Il principale è il Cortisolo, che durante l'esercizio ha un ruolo molto importante mettendo a disposizione

i substrati metabolici a fini energetici utili al suo svolgimento, proteggendo l'attività cellulare e l'integrità vascolare. Ma una esposizione cronica porta ad effetti catabolici, in particolare per azione della Proteolisi che è attivata dal Cortisolo, infatti come sistema protettivo il Cortisolo solitamente viene convertito in Cortisone cioè in forma inattiva, ma una mancata conversione di Cortisolo in Cortisone solitamente tipica della sindrome da Overtraining ha effetto negativo, anche sulla sintesi di IGF-1 muscolare. Come abbiamo visto gli ormoni sono responsabili di molti processi che modulano la segnalazione cellulare per la sintesi proteica, e gli effetti dell'Allenamento di Forza influenzano questi processi; quindi, vanno tenuti in considerazione per strutturare un allenamento in base agli obiettivi e come si vedrà anche come effetto compensativo di altri processi che invece avvengono negli allenamenti e gare di Endurance.

2.6. Concurrent Training, Forza ed Endurance

I principi dell'Allenamento però riportano che i rapporti tra Forza e Resistenza di lunga durata non vanno di pari passo (Methenitis, 2018), in generale quando aumenta la sezione del muscolo la prestazione di resistenza diminuisce, per rapporti sfavorevoli di diffusione per lo scambio dei substrati, dell'ossigeno e per quanto riguarda l'eliminazione delle scorie metaboliche. Nonostante questo, in vari studi è stato dimostrato che l'effetto dell'allenamento combinato di Forza ed Endurance, chiamato anche Concurrent Training porta degli effetti benefici sulla Performance rispetto al solo allenamento di una delle due componenti (Furrer & Hawley, 2023), quindi ora nel prossimo capitolo si entrerà nel dettaglio parlando del Ciclismo e di come l'utilizzo di Allenamenti di Forza oltre al classico allenamento di Resistenza porti ad effetti benefici sulla Prestazione.

Capitolo 3: Raccomandazioni e Protocolli di Forza nel Ciclismo

3.1. Forza e Ciclismo

Con questo capitolo si entra nel vivo dell'elaborato e si inizia a parlare dell'Allenamento di Forza nel Ciclismo (Cheung & Zabala, 2017). Infatti, nella continua ricerca di migliorare la Performance negli ultimi anni si è iniziato a tenere in considerazione anche l'allenamento giù dalla bici, ed in particolare l'utilizzo di allenamenti di Forza o Palestra. Uno dei primi studi che ha mostrato effetti positivi sulla prestazione di Endurance è stato svolto già nel 1980 (Hickson, Rosenkoetter, & Brown, 1980) e nonostante sia stato fatto su ciclisti non allenati ha dato informazioni importanti sul potenziale effetto benefico dell'allenamento di forza, che poi in successivi studi è stato dimostrato efficace anche su atleti di medio e alto livello (Rønnestad, Hansen, Hollan, & Ellefsen, 2015).

Però come spiegato nei capitoli precedenti secondo il Principio di Specificità dell'allenamento (Weineck, 2009), queste due tipologie di lavoro portano a differenti adattamenti a livello muscolare. Nello specifico l'Allenamento di Resistenza è associato a minor velocità di accorciamento delle Fibre di tipo II, ridotto sviluppo del Picco di tensione, minor capacità di salto verticale e ad una ridotta sezione delle Fibre muscolari, mentre l'Allenamento di Forza porta a miglioramenti in tutte questi parametri (Cheung & Zabala, 2017). Su queste basi molti studi si sono domandati quali siano gli effetti di un allenamento combinato, chiamato anche Concurrent Training rispetto ad un solo tipo di allenamento svolto singolarmente (Methenitis, 2018). È emerso che quando l'Allenamento di Forza è associato ad Allenamenti di Endurance di volume relativamente basso (da 2 a 3 sessioni a settimana), gli adattamenti di Forza non sono influenzati negativamente. Mentre quando il volume degli allenamenti di Endurance aumenta (più di 4 sessioni a

settimana) gli adattamenti dell'allenamento di Forza vengono influenzati negativamente, in particolare lo sviluppo di Forza e Ipertrofia, per via degli effetti dell'allenamento di Endurance sulle vie di segnalazione Cellulare che influenzano anche la Sintesi Proteica (Kazior, et al., 2016). Nonostante questo effetto negativo un piccolo incremento di Ipertrofia è stato notato anche in caso di Concurrent Training, di circa il 2-6% sui muscoli target del lavoro dopo un periodo di 8/16 settimane (Rønnestad, Hansen, & Raastad, 2010), con l'importante osservazione che questo aumento non abbia causato un aumento di peso corporeo, per il fatto che la massa muscolare è incrementata a scapito di una riduzione di massa grassa, e questo è da tenere in particolare considerazione nel Ciclismo dove il peso gioca un ruolo fondamentale. In generale, l'allenamento combinato ha mostrato come effetto principale una conversione di Fibre di tipo IIx (veloci e rapidamente affaticabili) in Fibre di tipo IIa (veloci ma più resistenti alla fatica).

3.2. Effetti del Lavoro di Forza sui Determinanti Performance

Nel primo Capitolo è stato illustrato come la Performance nel Ciclismo sia influenzata da: Capacità Aerobica, in particolare VO_{2max} e Soglia Lattacida, componenti della Capacità Anaerobica e dalla Efficienza o Economia, che determina quanta potenza viene prodotta per una certa quantità di energia che viene consumata. Ora si entra nel dettaglio vedendo gli effetti che può avere aggiungere l'allenamento di Forza al classico allenamento di Endurance su questi parametri.

Partendo dal VO_{2max} che da vari studi è emerso non essere influenzato dal Concurrent Training rispetto al normale allenamento di Endurance (Rønnestad, Hansen, Hollan, & Ellefsen, 2015) (Sunde, et al., 2010). Questa evidenza è in accordo con la maggior parte della letteratura scientifica, che ha già dimostrato come in atleti di alto livello un periodo di intervento breve non abbia effetti sul VO_{2max} . Per fare un esempio degli studi sopra citati, Rønnestad in alcuni suoi studi ha testato

due gruppi di ciclisti, in cui un gruppo ha aggiunto degli allenamenti di Forza alle sedute di Endurance, mentre il secondo gruppo ha solamente continuato con i soliti allenamenti di Resistenza, prima e dopo questo periodo sono stati effettuati dei test per valutare le differenze in vari parametri. Per quel che riguarda il VO_{2max} è stato testato su Cicloergometro, come descritto anche in precedenza, e dopo un piccolo riscaldamento era previsto un test incrementale partendo da 3W/kg con step di 25W ogni minuto fino ad esaurimento. Il VO_{2max} veniva calcolato come la media dei due picchi da 30" più alti del consumo di ossigeno, e come detto non sono state riscontrate differenze significative tra i due gruppi nel Pre e Post intervento, confermando che questo protocollo non ha influito sul massimo consumo di ossigeno né in modo positivo ma nemmeno in modo negativo.

Per quel che riguarda l'Economia di Pedalata invece i dati sembrano dimostrare un effetto positivo, anche se non in senso assoluto, visto che alcuni studi non riportano miglioramenti mentre altri hanno osservato risultati positivi. Nel particolare, è emerso che quando la Efficienza è misurata con il metodo tradizionale, cioè su durate brevi che variano dai 3' ai 5' di sforzo, nella maggior parte dei casi non sono stati osservati miglioramenti aggiungendo l'allenamento di Forza su Atleti di alto Livello, mentre su atleti di livello inferiori si sono notati già dei miglioramenti. (Sunde, et al., 2010) (Beattie, Carson, Lyons, & Kenny, 2017). Per citare i due studi appena menzionati, ad esempio, nel lavoro di Sunde dopo un periodo di intervento di 8 settimane, dove il lavoro di forza consisteva semplicemente in due sessioni di allenamento alla settimana in cui erano previste 4 serie da 4 ripetizioni (4RM) di Half Squat, è avvenuto un miglioramento della Economia di pedalata di circa il 5%, e anche dell'efficienza di lavoro dello stesso valore. Mentre nel lavoro di Beattie svolto per un periodo di 20 settimane e che consisteva in due sedute a settimana di circa 45' che comprendevano 4 esercizi di Forza (Squat Jump, DeadLift, Romanian Deadlift e Globet o Half Squat)

e un circuito per il Core al termine, non sono state riscontrate differenze significative nell'Economia di pedalata rispetto ai valori prima dell'intervento, con un incremento medio di solo 1,2%, quindi non abbastanza da dimostrare l'effetto dell'allenamento di Forza. Ricordiamo che l'Economia in questi test viene calcolata come il rapporto tra la potenza espressa e l'ossigeno consumato, essendo definita come il costo metabolico per produrre una certa quantità di lavoro. Ma ora nelle prossime righe si vedranno ulteriori studi.

Infatti misurando l'Economia di pedalata su durate più lunghe, che sono anche quelle più caratteristiche e vicine alla realtà nel Ciclismo, ad esempio dove lo studio è stato fatto effettuando una prova ad intensità sub-massimale di 3h su atleti di alto livello, durante le prime due ore non sono emerse differenze nel gruppo che ha inserito il protocollo di allenamento di Forza, ma nell'ultima ora è emerso un miglioramento dell'Efficienza in quest'ultimo, portando quindi al ragionamento della possibilità che su distanze maggiori il beneficio possa essere ancora più ampio. (Rønnestad, Hansen, & Raastad, 2011) (Rønnestad & Mujika, 2014). Questo fatto è emerso anche grazie alla comparazione con la corsa; infatti, in alcune ricerche è stata valutata l'Economia di Corsa dopo un periodo di intervento con l'inserimento di allenamenti di Forza, con risultati molto positivi, a dimostrazione che questa metodica abbia effetti benefici su questo parametro. Quindi si è provato a svolgere gli stessi studi anche sul ciclismo, ma con risultati equivoci, questo come detto probabilmente dovuto al fatto che il protocollo di test è stato preso dalla corsa e quindi le prove sono state effettuate su sforzi di pochi minuti, che non hanno fatto emergere quello che invece si è visto in lavori su prove più lunghe. Il lavoro di Rønnestad del 2011 utilizzando un protocollo di test atipico che consisteva in una prova di 3h ad intensità sub massimale dove venivano misurati parametri che rispecchiavano l'economia di pedalata su 5' ogni mezz'ora, ha dimostrato un miglioramento, in particolare nell'ultima ora. Questo dopo un periodo di intervento in cui è

stato inserito un lavoro di forza al normale allenamento di Endurance (Rønnestad, Hansen, & Raastad, 2011). In questo studio sono stati selezionati dei ciclisti di medio-alto livello e divisi in due gruppi, il primo ha effettuato per 12 settimane un protocollo di allenamento che prevedeva due allenamenti a settimana di Forza con 4 esercizi per la parte inferiore del corpo (Half Squat, Single-leg Legpress, one-legged Hip Flexion e Toe Raise) in aggiunta all'abituale allenamento di Endurance, mentre il secondo gruppo ha solamente continuato il solito allenamento di Resistenza. I due gruppi sono stati testati pre e post intervento su tre differenti aspetti: Forza massima, Massimo Consumo di Ossigeno e Performance di 5' dopo 180' sub massimali, constatando che i due gruppi non mostravano differenze significative prima del periodo di lavoro. Per parlare di quello che ci interessa in questo momento, dopo 12 settimane si è visto che nel test di tre ore ad intensità sub-massimale (44% del valore di W_{max}) nell'ultima ora ci sono state differenze significative tra i due gruppi, ed in particolare nel gruppo che ha inserito l'allenamento di Forza è risultato un consumo di Ossigeno inferiore a parità di carico (-2,2% vs 1,9% Controllo), una Frequenza cardiaca più bassa (-6,5% vs 0,3% Controllo), una concentrazione di Lattato inferiore (-14% vs 11% Controllo) ed una Percezione della Fatica (RPE) minore (-8,2% vs 2% Controllo). Tutto questo si traduce in una miglior Economia di Pedalata che permette di continuare lo sforzo più a lungo, e da come vedremo successivamente porta anche ad un miglioramento di una prova massimale dopo un periodo di lavoro a intensità basse (5' all-out). Questo è molto importante nel Ciclismo, in quanto come si è visto la maggior parte delle gare sono caratterizzate da lunghi periodi ad intensità basse, e finali di corsa con sforzi molto intensi; quindi, la capacità di performare dopo periodi simili risulta determinante. Un parametro come l'Economia è molto importante e come spiegato risulta influenzata positivamente da un allenamento di Forza. Come visto sopra l'introduzione di allenamenti con i pesi non migliora il VO_{2max} , ma sembra

che possa migliorare la capacità di produrre una certa potenza con un consumo di ossigeno minore, questo è legato strettamente con l'Economia del gesto, quindi uno degli adattamenti che sono stati riscontrati in questi studi è stato un minor costo energetico per produrre una certa potenza, che si traduce in un miglioramento della Performance.

Parlando di Soglia Lattacida è importante prima introdurre il concetto che il valore di potenza espressa a questa soglia può essere misurata in diversi modi, e che quindi a seconda dei diversi approcci può avere dei valori leggermente diversi, ma solitamente esprime una relazione tra concentrazione di Lattato e percentuale di VO_{2max} . Due dei metodi principali per quantificare la Soglia Lattacida sono il test FTP e il test LTP, che si riferiscono rispettivamente a Functional Threshold Power e Lactate Threshold Power. La FTP si riferisce alla potenza, e rappresenta il massimo valore di potenza media che si riesce a sostenere in uno stadio semi-stazionario per uno sforzo di un'ora. Il protocollo più utilizzato per calcolarlo è tramite un test massimale di 20', in cui il valore di FTP viene calcolato come il 95% della potenza espressa durante i 20'. La LTP invece si riferisce alle concentrazioni di Lattato durante lo sforzo, e anche qui ci sono diversi protocolli per quantificarla, ma la maggior parte si basano su test a step incrementali in cui viene misurata la concentrazione di Lattato ad ogni step, ed è normalmente tenuto come valore di LTP la potenza espressa nello step in cui la concentrazione di Lattato si attesta sui 4 Millimoli. Esiste una forte correlazione tra questi due parametri, e molte volte coincidono, anche se in alcuni casi risultano differenti; comunque si possono ritenere tutti e due validi per quantificare il valore di Soglia Lattacida, nella maggior parte degli studi test effettuati su entrambi i parametri hanno spesso riportato valori uguali o comunque con differenze non significative. Quindi è chiaro come la Soglia Lattacida sia largamente influenzata dall'Economia di pedalata e dal VO_{2max} , e da come si è visto l'Efficienza spesso è condizionata positivamente dal Concurrent Training; quindi, anche la Soglia Lattacida risulta spesso

incrementata a seguito dell'introduzione dell'Allenamento di Forza. Il valore di Soglia Lattacida espresso come percentuale rispetto al VO_{2max} mostra una correlazione positiva anche con le performance durante prove a cronometro, e in diversi studi dove l'intervento con l'allenamento di forza è durato per almeno 8 settimane sono stati riscontrati effetti positivi anche su queste prove, in particolare su durate tra i 30 e i 60'. (Cesanelli, Ammar, Arede, Gonzalez, & Leite, 2022) (Rønnestad, Hansen, Hollan, & Ellefsen, 2015). Parlando dei due studi appena citati è stato dimostrato l'effetto positivo dell'allenamento di Forza sulla Soglia, in particolare sia in una prova a cronometro di 40' che in un test per valutare la LTP tramite il test del Lattato a 4 Millimoli. Il primo studio quello di Cesanelli è stato effettuato su un gruppo di ciclisti per valutare l'effetto di un anno di Allenamento di Forza su FTP, LTP, Forza Massima e Composizione Corporea. Quello che ci interessa ora sono i valori di FTP e LTP, ed entrambi sono risultati migliorati dopo il periodo di intervento, con un incremento medio di circa 14 watt di FTP e 13 watt di LTP, quindi mediamente un 5% di incremento rispetto ai valori iniziali in entrambi i casi. Dimostrando ulteriormente la forte correlazione di entrambi i valori che erano stati quantificati in 253 watt per la FTP e 254 watt per la LTP, quindi non significativamente differenti. Questo lavoro, quindi, dimostra l'effetto positivo sulla Soglia Lattacida con l'inserimento di allenamenti di Forza per un periodo abbastanza lungo (1 anno), nonostante qualche limite nel metodo in cui è stato effettuato, e riguardo questo si deve far notare che l'esperimento è stato effettuato su un buon gruppo di ciclisti (30 atleti), ma non è stato inserito un gruppo di Controllo, in modo da poter paragonare gli effetti dell'intervento. Nonostante questo qualche evidenza sui miglioramenti del parametro che volevamo valutare ci sono stati dati. Il secondo studio di cui parliamo è quello di Rønnestad del 2015, in cui l'intervento è durato 25 settimane e qui sono stati selezionati 16 atleti poi casualmente divisi in due gruppi: uno sperimentale e l'altro di controllo. Il protocollo di lavoro di Forza è stato simile a quello di cui

abbiamo parlato nello studio precedente, e gli effetti benefici sono stati riscontrati su vari parametri, ed ora entreremo nel dettaglio della soglia lattacida e della prova a cronometro di 40'. Il valore di soglia lattacida è stato determinato tramite un test incrementale per valutare il profilo di concentrazione di Lattato in comparazione con la potenza espressa creando una curva di correlazione. Il test su cicloergometro dopo un piccolo riscaldamento prevedeva degli step di 5' in cui ad ogni step la potenza da spingere aumentava di 50 watt, e alla fine di ogni step venivano misurati vari parametri, tra cui la concentrazione di Lattato. Il test terminava dopo che la concentrazione di Lattato era arrivata ad almeno 4 Millimoli, e il valore di Soglia veniva considerato come la potenza espressa durante quello step. Questo valore è aumentato nel gruppo di intervento di circa il 3%, mentre è risultato diminuito di circa il 4% nel gruppo di Controllo, nonostante questo cambiamento non sia statisticamente significativo si può notare la differenza tra i ciclisti che hanno effettuato il lavoro di Forza e il gruppo di Controllo. Questo in accordo con quello che si è visto in altri studi, e si può considerare questo incremento anche per effetto di un'anticipazione nel Picco di Potenza durante la pedalata, ma di questo parleremo nel dettaglio più avanti. L'altro parametro di cui è interessante parlare riguardo questo studio è quello della potenza espressa durante una prova massimale di 40', che, come detto questo tipo di esercizio a cronometro, è strettamente correlata con la Soglia Lattacida e la Potenza espressa a 4 Millimoli. La prova massimale di 40' è stata effettuata da ogni ciclista sulla propria bicicletta collegata ad un cicloergometro che ne controllava la potenza, e il protocollo prevedeva un breve riscaldamento seguito dal test in cui si chiedeva di cercare di effettuare lo sforzo in modo da raggiungere la massima potenza media sui 40' della prova. I risultati hanno riportato un incremento della potenza media durante la prova del 6,5% nel gruppo Sperimentale, mentre non vi sono state differenze nel gruppo di Controllo. Questo miglioramento è in accordo con altri studi, dove

l'incremento è stato di circa l'8% quindi una differenza statisticamente significativa, ed inoltre questa prova ha mostrato un'ulteriore correlazione con l'incremento che ci è stato nella potenza espressa a 4 Millimoli di Lattato, confermando ulteriormente l'effetto positivo dell'Allenamento di Forza su uno dei determinanti della Performance come la Soglia Lattacida.

Un altro parametro di cui non si è ancora parlato ma che è risultato correlato alla Performance è la Potenza erogata a VO_{2max} , chiamata anche W_{max} . Questo parametro è influenzato dal VO_{2max} , dalla capacità anaerobica, da caratteristiche neuromuscolari e dall'efficienza, e solitamente viene misurato durante un test incrementale su cicloergometro uguale a quello che abbiamo spiegato in precedenza ed usato per testare il VO_{2max} , tenendo come valore la potenza media erogata durante l'ultimo step o la potenza media degli ultimi 2 minuti. Questo valore è considerato un importante parametro di valutazione della Prestazione in Ciclisti di alto livello, e in alcuni studi (Rønnestad, Hansen, Hollan, & Ellefsen, 2015) si è visto che l'allenamento di forza affiancato al lavoro di Endurance ha portato a dei miglioramenti di questo valore, o in altri lavori, comunque, ad una capacità di mantenere questa potenza più a lungo, con effetti positivi sulla Performance. Il valore di W_{max} misurato in questo tipo di test ha mostrato anche una correlazione con le prove a cronometro, e come detto questo tipo di prove sono molto importanti ed inoltre strettamente legate alla Prestazione. Questi miglioramenti sono avvenuti in caso di utilizzo di queste due tipologie di allenamento concorrenti per un periodo abbastanza lungo, mentre per periodi brevi non si sono visti effetti su questo parametro, come anche nel caso di allenamenti di forza esplosiva.

Come si è visto prima nel tentativo di valutare la Performance ciclistica si è tentato di introdurre dei test che simulino quello avviene durante una gara su strada, quindi è stato formulato un protocollo che prevede 3 ore di pedalata ad intensità sub-massimale seguite da uno

sforzo di 5' al massimo delle proprie capacità, in modo da valutare come la capacità di esprimere al meglio la propria performance sia influenzata da un carico di lavoro precedente (Rønnestad, Hansen, & Raastad, 2011). In precedenza ci si è soffermati sull'effetto avuto nell'Economia di pedalata mentre in questo caso ci si focalizzerà su come l'Allenamento di Forza ha portato ad un miglioramento nello sforzo di 5' finale rispetto al gruppo di controllo, dimostrando ancora una volta i possibili benefici di questa metodica. Nel dettaglio in questo studio è emerso che mentre nel gruppo di Controllo non ci sono stati cambiamenti nella potenza espressa nel test da 5' finale, nel gruppo sperimentale dopo 12 settimane in cui sono stati svolti allenamenti di Forza vi sia stato un incremento del 7% rispetto al test pre-intervento. Questo incremento probabilmente è una conseguenza del miglioramento dell'Economia di pedalata durante l'ultima ora e di altri meccanismi di cui si parlerà successivamente. Comunque questo studio dimostra ancora una volta che l'inserimento di Strength Training porta benefici alla Performance, come in questo caso in una situazione che riproduce le condizioni di corsa.

Un ulteriore fattore importante nelle gare di Ciclismo riguarda la capacità di produrre alti valori di potenza per brevi periodi, questo risulta determinante in momenti come: lo sprint finale, quando c'è la necessità di chiudere un buco o un piccolo gap e per cercare di entrare nei tentativi di attacco, determinando a volte la differenza tra una vittoria o un altro risultato meno prestigioso. Solitamente questo parametro viene valutato tramite un test massimale su cicloergometro di 30", chiamato Wingate dove si valuta la potenza media e il picco. Da vari studi questa capacità è risultata principalmente determinata dalla quantità di massa muscolare utilizzata nello sforzo e dalla capacità di forza massima delle gambe, oltre ad una componente neuromuscolare di reclutamento e velocità di contrazione delle Fibre (Douglas, Ross, & Martin, 2021). Basandoci su quello che è stato spiegato anche nei capitoli precedenti, quindi, è facile intuire come l'Allenamento di Forza porti ad un miglioramento di questo

fattore visto che influisce in modo positivo sui parametri che sono stati appena citati. Ed è stato ulteriormente dimostrato attraverso altri studi effettuati recentemente, che riportano un miglioramento nella capacità di esprimere valori di potenza elevati per brevi periodi a seguito di un protocollo di Allenamento di Forza (Rønnestad B., 2022). In particolare questa capacità si è visto è determinata dalla Forza Massima, ed in tutti gli studi questa è sempre risultata aumentata con l'inserimento di Allenamento di Forza, riportando incrementi tra il 10 e il 25%. Nel dettaglio per fare qualche esempio dopo 8 settimane è stato riscontrato un incremento del 14% dell'1RM e del 17% di RFD (Rate of Force Development) nell'Half Squat, dopo 12 settimane un +26%, in un altro studio dopo 25 settimane un +20% e un incremento del Picco di Potenza durante il Wingate test del 2/3%, dopo 20 settimane si è riscontrato un miglioramento della potenza espressa durante uno sprint di 6" del 8,5% (da 865 a 938 watt), e in uno studio a lungo termine (3/4 anni) un +22% sulla Forza e +23% sullo Sprint. (Sunde, et al., 2010) (Rønnestad, Hansen, & Raastad, 2010) (Rønnestad B., 2022) (Beattie, Carson, Lyons, & Kenny, 2017) Quindi come visto non ci sono dubbi che l'inserimento dell'allenamento di Forza porti ad un miglioramento della Forza con conseguente effetto positivo sulla capacità di generare alti valori di Potenza per periodi brevi.

3.3. Meccanismi alla base dei miglioramenti

Dopo aver illustrato gli effetti positivi e su quali parametri determinanti nella Performance di Ciclismo influisce l'Allenamento di Forza, ora si cercherà di vedere per via di quali meccanismi avviene questo, esplorando le varie ipotesi secondo cui questi miglioramenti possono essere spiegati da adattamenti nell'individuo.

Uno dei principali meccanismi che sembra implicato in tutto questo riguarda le Fibre Muscolari, in particolare le Fibre di Tipo I. Prima di entrare nel dettaglio è utile fare una piccola panoramica sui diversi tipi di

fibre muscolari, che principalmente si dividono in due categorie: Tipo I chiamate anche Fibre Lente o Slow Twitch e Tipo II chiamate anche Veloci o Fast Twitch. Le prime cioè le Fibre Lente sono caratterizzate da una minor velocità di contrazione ma sono più resistenti alla fatica, vengono definite anche Fibre Rosse in quanto ricche di Mitochondri e Enzimi Ossidativi, e proprio questa caratteristica ne determina la capacità di resistenza. Le Fibre Veloci, definite anche Fibre Bianche sono caratterizzate da maggior forza contrattile e maggior velocità di accorciamento, ma sono anche facilmente affaticabili; queste poi possono ulteriormente essere divise in due sottocategorie: IIx e IIa, dove le seconde cioè le IIa presentano una minor affaticabilità e maggior resistenza rispetto alle prime (Weineck, 2009).

Quindi uno dei meccanismi che può spiegare gli effetti benefici del Concurrent Training riguarda l'incremento di Forza delle Fibre di Tipo I che sono più efficienti; ed anche ad una conseguente attivazione ritardata delle invece meno efficienti Fibre di Tipo II, portando ad un miglioramento dell'Economia di pedalata e della Performance. In particolare, questo concetto potrebbe spiegare i risultati ambigui sul miglioramento dell'Efficienza, cioè il perché vi sia un miglioramento ma solamente in sforzi di lunga durata con un incremento nella terza ora come spiegato precedentemente. Questo sembra dovuto al fatto che le prime due ore ad intensità sub massimale portano ad un rinforzo delle Fibre di tipo I, ed il reclutamento posticipato delle Fibre di Tipo II che prima vengono risparmiate, porta ad un effetto positivo nella terza ora. Inoltre per spiegare l'effetto del miglioramento dei 5' massimali svolti nello studio dopo 3 ore di sforzo sembra implicato anche il Glicogeno muscolare, perché un'attivazione ritardata delle Fibre di Tipo II può influire anche su un risparmio di Glicogeno Muscolare, visto che le Fibre di Tipo I ne permettono un uso più efficiente, con il risultato finale di avere le scorte più rifornite e un conseguente miglioramento della Performance grazie all'inserimento di questo protocollo di Forza.

Sempre riguardo le Fibre muscolari un altro meccanismo che può spiegare i miglioramenti riguarda un incremento delle Fibre di Tipo IIa a spese delle Fibre di Tipo IIx, dove come abbiamo spiegato precedentemente le prime risultano più resistenti alla fatica nonostante una capacità comunque elevata di produrre alti valori di potenza. I risultati di vari studi hanno dimostrato come dalle 12 alle 16 settimane di Allenamento Combinato di Forza ed Endurance abbiano portato ad una maggior conversione di Fibre IIx in Fibre IIa, inoltre è stata riscontrata una correlazione positiva tra una maggior proporzione di Fibre IIa e minori Fibre IIx con le performance su una prova massimale di 40', dove gli adattamenti indotti da 12 settimane di Allenamento di Forza hanno portato ad un incremento della performance sulla prova di 40'. (Rønnestad, Hansen, Hollan, & Ellefsen, 2015)

Un'ulteriore spiegazione sui meccanismi che portano al miglioramento dei determinanti della Performance sembra essere dovuto ad un incremento della Forza massima o Tasso di Sviluppo della Forza. Questo incremento porta ad un miglior flusso sanguigno nei muscoli durante lo sforzo, con un abbassamento dell'intensità relativa di esercizio. Inoltre un incremento del Tasso di Sviluppo della Forza può ridurre il tempo necessario allo sviluppo della forza necessaria per ogni pedalata, con conseguente miglioramento della fase di rilassamento muscolare. Questo è stato dimostrato anche in vari studi dove dopo un periodo di Allenamento di Forza è risultata un'anticipazione del Picco di Potenza durante la pedalata nel gruppo di Intervento rispetto al gruppo che ha svolto il solo allenamento di Endurance. (Rønnestad, Hansen, Hollan, & Ellefsen, 2015) Come detto prima questo meccanismo ha un effetto positivo permettendo un miglior flusso sanguigno, e potrebbe anche portare ad un maggior scambio di Ossigeno e Substrati nei tessuti che permetterebbe un incremento di potenza ad una determinata concentrazione di Lattato. Nonostante questo, non sia stato investigato fino in fondo per capire se sia determinato da un miglioramento

dell'Efficienza o altri meccanismi, in vari studi è risultata una correlazione positiva tra il miglioramento della potenza a 4 millimoli di Lattato e la potenza espressa in una prova massimale di 40' con l'anticipazione del Picco di Potenza durante la pedalata come potenziale meccanismo responsabile. L'anticipazione del Picco di Potenza ha mostrato una correlazione anche con il valore di W_{max} , che, come spiegato precedentemente, è un buon indicatore della performance, quindi aumento di W_{max} e Anticipazione del Picco di Potenza vanno di pari passo, dimostrando ulteriormente l'effetto positivo di questo adattamento. Il raggiungimento anticipato della Potenza desiderata durante la pedalata sembra essere principalmente dovuto ad un aumento della Forza Massima; quindi, è un adattamento conseguenza dell'Allenamento di Forza, dimostrando quindi perché nei vari studi nei gruppi di Controllo non sia mai avvenuto questo adattamento. Quindi il meccanismo di Efficienza Muscolare è risultato importante per l'incremento della Performance ed in particolare nell'Economia di pedalata.

Una correlazione positiva tra la quantità di massa magra e la performance su una prova massimale di un'ora ha portato ad un'ulteriore possibile meccanismo in grado di spiegare l'effetto positivo dell'Allenamento di Forza in aggiunta al normale allenamento di Resistenza. Infatti, la capacità di reclutare una più ampia massa muscolare come spiegato anche nel primo capitolo risulta collegata ad una miglior performance, questo avviene grazie alla presenza di un maggior numero di Mitocondri e la suddivisione tra più muscoli nella produzione della potenza necessaria, che porta ad un minor stress su ogni singolo muscolo. Tutto questo porta ad una maggior frazione di utilizzazione del VO_{2max} , che dopo un periodo di allenamento di Forza è stato stimato essere incrementato dal 76 al 83% del VO_{2max} , effettuando una prova massimale su 45'. Anche in uno studio effettuato su una prova massimale di 40' è risultato un miglioramento della frazione di utilizzo di

VO_{2max} e maggior potenza nella prova correlati ad un incremento della sezione del Quadricipite. Importante poi far notare che nella maggior parte degli studi dove è stata riscontrato un aumento della Massa Magra non vi sia stata un aumento proporzionale del peso corporeo; infatti, nella maggior parte dei casi l'aumento di tessuto muscolare è avvenuto a spese di una riduzione di massa grassa, mentre più in generale possiamo lo stesso affermare che in tutti gli studi sull'effetto dell'Allenamento di Forza non sia mai stato riscontrato un aumento di peso corporeo significativo. Questo era da menzionare in quanto il Ciclismo è uno Sport in cui il peso gioca un ruolo importante, e si potrebbe pensare che l'aumento di massa muscolare potrebbe incidere su questo; invece, non è così o almeno non avviene in modo rilevante. Quindi un aumento di Massa Magra porta ad effetti benefici, ed in particolare un maggior numero assoluto di Enzimi Aerobici nonostante una concentrazione muscolare di questi invariata è uno dei meccanismi che spiega l'effetto dell'Allenamento di Forza in aggiunta al classico allenamento di Endurance per il miglioramento della Performance.

3.4. Protocolli e Raccomandazioni Pratiche

Ora si vedrà come mettere in pratica tutti questi concetti (Cheung & Zabala, 2017), e per prima cosa è importante dire che per migliorare la Performance nel Ciclismo inserire allenamenti in palestra o di Forza può portare dei benefici, però solo a fronte di un volume minimo di allenamento, cioè se si svolgono almeno tre allenamenti di Endurance alla settimana. Al contrario se non si ha il tempo necessario per svolgere almeno tre allenamenti di resistenza risulta controproducente sostituire un possibile allenamento in bicicletta con un allenamento di pesi, in questo caso si dovrà cercare di sfruttare il tempo a disposizione al meglio e quindi pedalare sarà più produttivo che svolgere un allenamento di Forza. Dopo questa raccomandazione, è possibile affermare invece che con più tempo a disposizione e un allenamento di Endurance sufficiente

risulta molto produttivo come dimostrato precedentemente aggiungere degli Allenamenti di Forza, solitamente con due sedute di forza alla settimana che sono risultati sufficienti per ottenere un miglioramento della performance e ad un incremento della Forza Massima. Entrando nel dettaglio del lavoro da svolgere durante questi allenamenti è da tenere a mente il principio di Specificità per orientare gli adattamenti nell'ottica della performance. Quindi prima di tutto ci si deve focalizzare sui muscoli target, in particolare nella parte inferiore del corpo, che sono quelli di maggior interesse, e cercare di utilizzare dei movimenti che siano simili e funzionali a quelli di pedalata, soprattutto tenendo in considerazione che lo sviluppo di Forza delle gambe in modo alternato risulta diverso dall'utilizzo contemporaneo, quindi quando possibile è meglio scegliere esercizi singoli per ogni gamba piuttosto che eseguiti con entrambe le gambe. Per indurre adattamenti Neuromuscolari ottimali è importante anche tenere in considerazione che nel ciclismo il maggior contributo allo sviluppo di forza nella pedalata avviene durante la fase concentrica, in particolare quando la pedivella è ad un angolo di 90 gradi, e la gamba di circa 100. Quindi solitamente si consigliano esercizi con angoli di lavoro volti a simulare questi parametri, utilizzando quindi una flessione degli arti con angoli del ginocchio tra i 90 gradi e la massima estensione. Inoltre come detto è la fase concentrica quella che risulta fondamentale; quindi, gli esercizi devono essere svolti cercando di focalizzarsi in modo particolare su questa fase, in generale con una fase Eccentrica lenta, anche per evitare infortuni, ed una fase Concentrica eseguita in modo veloce, essendo quella specifica nel movimento di pedalata, in modo da incrementare il tasso di sviluppo di Forza in modo specifico per lo Sport di nostro interesse (Rønnestad & Mujika, 2014).

La velocità di esecuzione sarà anche modulata in base al periodo di preparazione che si sta svolgendo; quindi, ora si vedrà anche di come organizzare in generale la Periodizzazione dell'Allenamento di Forza. Come detto due allenamenti alla settimana sono risultati sufficienti a

sviluppare un miglioramento della Forza dopo un periodo di circa 10-12 settimane (Rønnestad, Hansen, Hollan & Ellefsen, 2015); quindi, nella fase preparatoria è possibile svolgere questo numero di sessioni. Nella prima fase sarà fondamentale cercare di sviluppare la Forza in generale e massima, e si deve tener conto che per atleti senza esperienza i miglioramenti iniziali saranno più veloci ma in questo tipo di lavoro si possono presentare dopo i primi allenamenti conseguenze spiacevoli come dolori muscolari o gambe pesanti, che potrebbero influire anche sull'allenamento di Endurance. Quindi si consiglia di iniziare l'allenamento con i pesi in un periodo in cui l'Allenamento di resistenza abbia una priorità minore, con un volume ridotto; quindi, solitamente si inizia la fase di Preparazione di Forza appena dopo la fine della stagione agonistica, perché il carico di lavoro di Endurance è ridotto e ci si può concentrare senza effetti collaterali sul lavoro in Palestra. Come detto la prima fase sarà di sviluppo di forza generale e di costruzione muscolare, e molto importante per gli atleti non esperti in questo tipo di allenamento all'inizio l'obiettivo principale sarà imparare l'esecuzione tecnica degli esercizi. In questo caso per prima cosa si dovrà assimilare l'esecuzione corretta, anche utilizzando dei pesi molto leggeri, quindi senza focalizzarsi sullo sviluppo della forza ma per imparare l'esercizio correttamente e mettere le basi per poi svolgerlo senza errori che potrebbero creare problematiche e infortuni. Quando la tecnica è stata imparata in modo corretto si può iniziare il vero lavoro, e nella prima fase con durata variabile ma che indicativamente potrà essere all'incirca dalle 6 alle 12 settimane si utilizzeranno un numero di ripetizioni inizialmente intorno alle 8-10 per serie a scendere perché l'obiettivo è di sviluppare la Forza Massima, la velocità di esecuzione in questa fase non serve sia elevata, verrà aumentata successivamente, l'importante è che vi sia la massima tensione muscolare durante l'esercizio per indurre gli adattamenti ricercati. Dopo la prima fase poi si tenderà a ridurre il numero di ripetizioni aumentando il carico cercando di aumentare la velocità di

esecuzione soprattutto nella fase concentrica, da eseguire in modo esplosivo, e si potranno svolgere sempre due o tre serie ma questa volta con 6-4 ripetizioni. La scelta del carico si basa per entrambe queste fasi sul principio del massimo numero di ripetizioni o sulla percentuale del carico in base al 1RM (1 ripetizione massimale), cioè il lavoro andrà progressivamente adattato in base allo sviluppo della forza, in modo che il carico scelto sia quello che permetta di eseguire al massimo il numero di ripetizioni da eseguire, o che sia sempre proporzionato in percentuale rispetto al 1RM secondo delle tabelle che possono prevedere il numero di ripetizioni. In generale il principio da seguire è quello di avere un range di ripetizioni tra le 10 e le 4, con una progressione che andrà dal volume iniziale elevato per poi diminuire, e inversamente il carico che inizialmente sarà ridotto per permettere l'esecuzione di tutte le ripetizioni previste, aumenterà nel tempo sia grazie alla diminuzione del numero di ripetizioni sia grazie all'aumento della capacità di forza dell'atleta, quindi la progressione di lavoro andrà impostata partendo da 10 ripetizioni a carico 60-70% per poi arrivare a 4 ripetizioni con carico elevato anche del 80-90%, tutto sempre da ripetere per due o tre serie con 2-3' di recupero. Dopo la fase preparatoria avvicinandosi alla stagione agonistica la priorità dovrà essere data all'allenamento di Endurance, ed in questa fase l'allenamento di Forza potrà passare ad una sessione alla settimana come mantenimento degli adattamenti avuti durante la prima fase. Qui non si dovrà per forza seguire il principio delle massime ripetizioni, l'importante sarà eseguire un numero di ripetizioni non elevato, tra le 4-6 ma con un carico alto, non necessariamente quello che permetta al massimo quelle ripetizioni, ad esempio si potranno eseguire 4 ripetizioni in modo esplosivo ma con un carico che ne permetterebbe di fare 5-6, qui il focus sarà sul mantenimento. Come succederà anche durante la stagione agonistica, perché per non perdere gli effetti del lavoro di forza fatto e andare in contro a de-allenamento non si deve cessare completamente questo lavoro, ma si dovrà cercare di mantenere

un richiamo di Forza almeno ogni 7-10 giorni, con ripetizioni basse e carico elevato anche in questo caso. Questo è stato dimostrato anche in uno studio (Rønnestad, Hansen, & Raastad, 2010) dove un gruppo di atleti classificati di buon livello ha svolto un periodo di preparazione di 12 settimane con due sedute settimanali di Forza, e durante la stagione competitiva per 13 settimane ha svolto un allenamento di mantenimento di Forza alla settimana. I risultati hanno dimostrato come anche una sola seduta abbia conservato gli adattamenti avuti durante il periodo di preparazione, e nel dettaglio sono rimasti invariati gli incrementi di massa muscolare della coscia (estensori e flessori) e l'aumento di Forza misurata tramite 1RM dell'Half Squat. Inoltre, dopo il periodo di mantenimento vi sono stati ulteriori incrementi in fattori della Performance importanti rispetto alla fine del periodo di preparazione, con miglioramento di Wmax, Potenza espressa a 2 Millimoli di Lattato e Potenza espressa in una prova massimale di 40'. (Blafoss, et al., 2022)

Nello studio appena citato è stato sperimentato l'effetto di 8 settimane di allenamento combinato di Endurance e Forza con successive 6 settimane solamente di allenamento di resistenza per vedere se gli effetti benefici dell'intervento venivano mantenuti dopo 6 settimane senza allenamenti in palestra. Durante il periodo di intervento in accordo con i risultati che abbiamo già visto vi è stato un incremento della Forza massima, del Tasso di Sviluppo di Forza, della Massima Contrazione Volontaria e della Potenza sui 5' massimali dopo un periodo prolungato ad intensità sub massimale. Dopo le 6 settimane in cui si è interrotto lo svolgimento dell'allenamento di Forza si sono mantenuti i miglioramenti sui 5' all-out e sulla Massima Contrazione Volontaria, mentre vi è stato un decremento con ritorno ai valori pre-intervento nella Forza Massima e nella RFD. Quindi da tutto questo è possibile dire che dopo un periodo relativamente breve (6 settimane) senza richiami si possono mantenere gli adattamenti benefici per la Performance di Endurance, ma vi è già una

perdita dei miglioramenti sullo Sviluppo della Forza che possono incidere negativamente sulla capacità di sprint e di Capacità Anaerobiche.

Queste evidenze sul mantenimento dell'Allenamento di Forza sono importanti in quanto in altri studi si è visto come periodi di 8-12 settimane senza alcun tipo di richiami portano alla perdita degli adattamenti positivi avuti con questa metodica di allenamento; quindi, si deve mantenere almeno una seduta ogni 7-10 giorni con carichi abbastanza elevati in modo da non avere l'effetto negativo del DeAllenamento.

3.5. Esercizi e Sedute di Allenamento

La scelta degli esercizi andrà fatta come visto cercando di orientarsi verso movimenti funzionali alla pedalata, e ora verranno illustrati vari esercizi tra cui scegliere, ma in ottica generale l'ideale sarebbe creare una routine con gli stessi esercizi e variare solamente i carichi e le ripetizioni col passare del tempo. Un numero di 4-5 esercizi per allenamento sembra l'ideale per indurre gli adattamenti neuromuscolari, anche se alcuni studi hanno riportato effetti positivi con lo svolgimento di un solo esercizio (Sunde, et al., 2010), la maggior parte ne ha utilizzati da 4 a 5, da ripetere per due o tre serie, e si possono svolgere a circuito o come allenamento a stazioni (Rønnestad, Hansen, Hollan, & Ellefsen, 2015) (Rønnestad & Mujika, 2014) (Cheung & Zabala, 2017). Solitamente è meglio partire con gli esercizi che interessano la maggior massa muscolare e che necessitano di maggior coordinazione, poi esercizi che richiedono uno sforzo coordinativo minore rispetto ai primi. La seduta può iniziare con un piccolo riscaldamento e terminare con una serie di esercizi per il core, in modo da prevenire infortuni e scompensi, in alternativa il core può essere eseguito all'inizio e fungere anche come riscaldamento. In totale l'allenamento di Forza solitamente dura sui 45', in modo da non affaticare troppo il soggetto e poter essere effettuato anche considerando i carichi di lavoro dell'allenamento di

Endurance. Entrando nello specifico della scelta degli esercizi i più utilizzati sono: Half Squat, Single-Leg Half-Squat, Step Up, Leg Press a una gamba, Single-Leg Hip Flexion, Ankle Plantar Flexion e Toe Raise. In altri protocolli sono stati utilizzati anche Affondi, Bulgarian Squat, Stacchi, Squat completo e Leg Extension. Se necessario per alcuni atleti sono stati inseriti anche esercizi per la parte superiore del corpo, in casi di eccessivi scompensi o per infortuni precedenti, in modo da armonizzare e ottimizzare la trasmissione della forza durante la pedalata, ma questo non rientra negli adattamenti ricercati nel lavoro di forza di cui stiamo parlando, ma più come programma sussidiario per alcune esigenze solo in alcuni atleti e per casi particolari. In situazioni normali un semplice allenamento a circuito del Core con esercizi funzionali è risultato nella maggior parte dei casi sufficiente a mantenere una trasmissione di forza efficace e un corpo bilanciato.

Ora verranno riportati alcuni Esempi di allenamenti di Forza, e successivamente una tabella con dei programmi in cui sono riportati anche numero di ripetizioni e carico. Una seduta può essere composta da un breve riscaldamento iniziale di circa 10' su cyclette o tapis roulant, poi iniziare con tre serie di Half Squat, che interessa i gruppi muscolari maggiori e necessita una buona coordinazione, poi sempre tre serie di Leg Press (Pressa) con una gamba alla volta, DeadLift (Stacchi) e Ankle Plantar Flexion (Flessioni della Caviglia). Per finire un piccolo circuito di Core con esercizi per rinforzare addominali e schiena, in modo da prevenire possibili infortuni.

3.6. Differenze Genere ed Età

In alcuni studi ci si è anche soffermati sul valutare la differenza degli effetti dell'Allenamento di Forza in base al Genere ed all'Età. (Vikmoen & Ronnestad, 2021) (Markov, Hauser, & Chaabene, 2023) (Gabler, Prieske, Hortobagyi, & Granacher, 2018). Nel primo studio citato si è cercato di valutare se l'allenamento di forza abbia dei diversi effetti

sul genere femminile rispetto agli uomini; infatti, la maggior parte dei lavori scientifici sono stati effettuati su atleti maschi. In questa ricerca è emerso che i principali benefici avvengono nello stesso modo, anche se è stata trovata una piccola differenza sull'Economia di pedalata che è risultata incrementata maggiormente nelle cicliste donne rispetto agli uomini. Questo però potrebbe essere dovuto al volume di allenamento e al livello delle atlete rispetto agli uomini, perché anche in altri studi si è visto che in ciclisti di livello più basso rispetto a ciclisti di alto livello con l'inserimento di allenamento di Forza l'Economia di pedalata è incrementata in modo maggiore. Probabilmente questo è dovuto al fatto che in atleti di Élite che passano molte ore in sella la loro efficienza di pedalata sia già ad un livello molto elevato, e quindi difficile da incrementare ulteriormente, mentre per atleti che non svolgono un volume così elevato i margini di miglioramenti siano maggiori, come è emerso per lo studio comparativo tra uomini e donne e tra atleti di alto e medio-basso livello. Un'ulteriore differenza tra ciclisti e cicliste sembra essere nel tasso di sviluppo di Forza Massima (RFD), che è risultata incrementata in modo maggiore negli uomini rispetto alle donne, e questo è probabilmente dovuto al maggior incremento di stiffness tendinea come adattamento negli uomini rispetto alle donne, anche se globalmente lo sviluppo di Forza è risultato simile. Probabilmente perché nelle donne vi è stato un incremento leggermente maggiore di massa muscolare dei quadricipiti e di forza negli arti inferiori; quindi, in generale gli effetti dell'allenamento di Forza si compensano e portano gli stessi benefici in entrambi i sessi.

Nella Review citata ad inizio paragrafo si è ricercato l'effetto di un allenamento combinato di Forza ed Endurance a confronto dei due metodi svolti singolarmente in giovani di età compresa tra i 10 e i 18 anni, per valutare se vi sia qualche differenza rispetto agli adulti. In questo studio si è visto che l'Allenamento di Forza ed Endurance insieme ha un effetto migliore rispetto al solo allenamento di endurance sulla

performance atletica, e rispetto al solo allenamento di forza per lo sviluppo di forza negli arti inferiori. Le differenze non sono state molto significative nei giovani fino a 13 anni, ma comunque con una tendenza ad essere superiori, mentre sono risultati più significative negli adolescenti tra i 13 e i 18 anni, con effetti migliori del Concurrent Training rispetto alle modalità singole. Per quello che riguarda questo elaborato quindi come già dimostrato per gli adulti è possibile affermare che anche per atleti in età giovanile l'inserimento di allenamento di Forza affiancato alle sedute di Endurance migliora la performance, con poi ulteriori possibili effetti positivi nello sviluppo di atleti in giovane età in prospettiva futura, anche se su questo non sono ancora disponibili dati sufficienti.

In un'altra review (Markov, Hauser, & Chaabene, 2023) invece si è valutato l'effetto dell'allenamento combinato in persone di età compresa tra i 50 e i 75 anni, per vedere gli effetti su parametri di forma fisica. Questo lavoro è interessante in particolare perché come noto uno dei parametri che più viene influenzato con l'avanzare dell'età è la forza, con solitamente un rapporto proporzionale inverso tra età e sviluppo di forza. Quindi come dimostrato anche in questa meta analisi dove sono stati confrontati vari studi è emerso che l'allenamento combinato porta a benefici maggiori rispetto al singolo allenamento di endurance, in particolare per adulti di età superiore ai 65 anni. Questo è probabilmente dovuto al fatto che con l'avanzare dell'età si ha una maggior perdita di forza; quindi, l'allenamento di quest'ultima permette una compensazione di questo deficit, con effetti positivi sulla performance. In questa review si è visto anche che l'allenamento combinato non porta ad un miglioramento significativo della efficienza cardiovascolare rispetto al solo allenamento di resistenza, ma i benefici sulla performance sono principalmente dovuti al mantenimento dei livelli di forza muscolare, anche questo in accordo con studi già effettuati su atleti adulti.

3.7. Riepilogo Allenamento di Forza nel Ciclismo

Ricapitolando quello di cui si è parlato in questo Capitolo, si è visto come un gran volume di allenamento di Endurance che è tipico nel Ciclismo, influisce negativamente sulla Forza e l'Ipertrofia. Però combinando insieme al normale allenamento di Endurance delle sessioni di allenamento di Forza in Letteratura scientifica si riportano comunque dei piccoli miglioramenti di Forza ed incremento di massa muscolare. Inoltre, quello che per il Ciclismo è più interessante, riguarda i miglioramenti per la performance che si hanno grazie a questa pratica di Concurrent Training su parametri come l'Economia di Pedalata e nella Potenza espressa alla Soglia Lattacida, senza interferire con effetti negativi sul VO_{2max} . Poi il miglioramento di Forza massima e l'incremento di Massa Muscolare porta benefici alla componente Anaerobica ed in particolare alla capacità di generare elevati valori di potenza per tempi brevi e negli sprint. Tutto questo sembra dovuto agli adattamenti del sistema Neuromuscolare e nel dettaglio da un incremento di forza delle Fibre di Tipo I, dall'attivazione posticipata delle Fibre di Tipo II, da una conversione di Fibre di Tipo IIx in Fibre IIa, dall'incremento del tasso di sviluppo della Forza (RFD) ed un anticipo nel Picco di Potenza durante la pedalata.

Ora si riporta una tabella con gli studi effettuati su questa metodica di allenamenti e i protocolli utilizzati con i principali effetti sui parametri di interesse risultati i Determinanti della Performance nel Ciclismo.

Tabella 1. Sintesi degli studi analizzati.

AUTORI	DURATA	PARTECIPANTI	TIPO ALLENAMENTO	EFFETTI SU PERFORMANCE
Beatty, Carson, Lyons & Kenny (2017)	20 Settimane	15 Competitive Cyclists (ES=6 E=9)	2 Sessioni a settimana (45') 4x Esercizi LowerBody (SquatJump, Trap-bar Deadlift, Romanian Deadlift & GlobetSquat o SplitSquat) +Core 2-3 Serie (12-3RM)	-Max Strength +10,4% -Explosive Strength +11,2% -6" Sprint Peak Power +8,4% (865->938W) -Wmax +8,5% (392->425W) -CyclingEconomy +1,2% -Lean Body Mass +1,4% (56,3->57,1)
Cesanelli, Ammar, Arede, Gonzalez & Leite (2022)	1 Anno	30 Well trained male cyclists (ES=30 No Gruppo di Controllo)	1 o 2 Sessioni a settimana 7x Esercizi (Full Back BarbellSquat, LegPress 45°, Monopodal Horizontal LegPress, Cable Kickbacks, Horizontal LegCurl, Seated LegCurl & Monopodal Cable Knee Rises) +Core 3-5 Serie (Ripetizioni dipendenti dal Carico)	-FTP +5,5% (253->267W) -LTP +5% (254->267W) -Maximal Strength 1RM B. Squat +27Kg LegPress +58W
Ronnestad (2022)	3 Anni (divisi in 1 anno e mezzo, più altri due)	4 Male XCO cyclists (ES=2 E=2 x 1,5year + ES=1 x 2moreYears)	2 Sessioni a settimana nel periodo di preparazione e 1 seduta durante le competizioni	Prima parte (1,5 years) -Leg press Force & Power +22% & +31% -6" Cycling sprint power +22%

			4x Esercizi (HalfSquat in Smith Machine, LegPress 1Leg at Time, Standing one-legged Hip Flexion & Toe Raises) 3 Serie (12-4RM) 2' Rest	Seconda parte (2years) -Leg press Force & Power +44% & +48% -6" Cycling sprint power +25% (Da inizio)
Rønnestad, Hansen & Raastad (2010)	25 Settimane (12 Prep. +13 Comp.)	12 Well-trained cyclists (ES=6 E=6)	2 Sessioni a settimana nel periodo di preparazione e 1 seduta durante le competizioni x4 Esercizi (HalfSquat, One-legged LegPress, Standing One-legged Hip Flexion & Ankle Plantar Flexion) 3 Serie (10-4RM) 2' Rest	-Wmax +8% (420->454W) -Wingate peak Power +6% (1470->1557W) -Thigh Muscle CSA +4,4% -Strength 1RM Half Squat +23% -Power output 2Mmol +12% (253->284W)
Rønnestad, Hansen & Raastad (2011)	12 Settimane	23 Well-trained cyclists (ES=11 E=9 DNF=3)	2 Sessioni a settimana x4 Esercizi (HalfSquat in SmithMachine, One-legged LegPress, One-legged Hip Flexion & Toe Raises) 3 Serie (10-4RM) 2' Rest	-Strength 1RM Half Squat +26% -Oxygen Consumption (CE) -3,8% (52,7->50,7) -Mean Power Output 5' All-Out +7,2% -CE LastHour (VO2, HR, LA, RPE) -2,2%, -6,5%, -14%, -8,2%
Rønnestad, Hansen, Hollan &	25 Settimane (12 Prep. +13 Comp.)	16 Young Elite cyclists (ES=9 E=7)	2 Sessioni a settimana nel periodo di preparazione e 1 seduta durante le competizioni	-Max Strength Half Squat +20% -Lean Lower Body Mass +2% -Peak Power Output 30" Wingate +2%

Ellefsen (2015)			x4 Esercizi (HalfSquat, One-legged LegPress, One-legged Hip Flexion & Ankle Plantar Flexion) 3 Serie (10-4RM) 2' Rest	-Wmax +3% -Power Output 4Mmol +3,2% -Mean Power Output 40' TT +6,5% -Angle of Peak Torque 86°->83°
Sunde, Storen, Bjerkaas, Larsen, Hoff & Helgerud (2010)	8 Settimane	13 Well-trained competitive cyclists (ES=8 E=5)	3 Sessioni a settimana (20') (4x4RM Half Squat in SmithMachine) 3' Rest	-Strength 1RM Half Squat +14,2% -RFD Half Squat +16,7% -CE (70%VO _{2max}) +4,8% -Work Efficiency (70%VO _{2max}) +4,7% -Power at 70% VO _{2max} +6,9% -Time to Exhaustion at Maximal Aerobic Power +17,2%
Paton & Hopkins (2005)	4-5 Settimane	18 Road Cyclists (ES=9 E=9)	2-3 Sessioni a settimana (Tot.12) 30' a sessione (3xMax effort Single Leg Jump (StepUp on 40cm Box) + 3xMax intensity Cycling efforts (30'')) 2' Rest SingleLegJump 30'' Rest CyclingEfforts	-Peak Power +6,7% -1Km mean Power +8,7% -4Km mean Power +8,4% -Oxygen Cost (CE) -3,2%
Ronnestad, Hansen & Nygaard (2017)	10 Settimane	20 Elite Cyclists (ES=12 E=8)	2 Sessioni a settimana 4 Esercizi	-Max Strength Iso-HalfSquat +20% SquatJump Heigh +8%

			(HalfSquat, LegPress 1Leg at Time, Standing one-legged Hip Flexion, Ankle Plantar Flexion) 3 Serie 2' Rest 3Wks(10RM,6RM) +3Wks(8RM,5RM) +4Wks(6RM,4RM)	-Mean Power Output 30" Wingate +2% -Power output 4Mmol +2,4%
Rønnestad, Hansen & Raastad (2010)	12 Settimane	20 Well-trained cyclists (ES=11 E=9)	2 Sessioni a settimana 4 Esercizi (HalfSquat, LegPress 1Leg at Time, Standing one-legged Hip Flexion, Ankle Plantar Flexion) 3 Serie 2' Rest 3Wks(10RM,6RM) +3Wks(8RM,5RM) +4Wks(6RM,4RM)	-Thigh Muscle CSA +4,6% -Maximal Force Iso-HalfSquat +21,2% -Peak Power Output 30" Wingate +9,4% -Wmax +4,3% -Power output 2Mmol +3,7% (242->251W) -Mean Power Output 40' TT +6%
Vikmoen, Rønnestad, Ellefsen & Raastad (2017)	11 Settimane	19 Well-trained Female Duathletes (ES=11 E=8)	2 Sessioni a settimana 4 Esercizi (HalfSquat in Smith Machine, LegPress 1Leg at Time, Standing one-legged Hip Flexion, Ankle Plantar Flexion) 3 Serie 3Wks(10RM,6RM) +3Wks(8RM,5RM) +5Wks(6RM,4RM)	-1RM HalfSquat +45% -Leg Lean Mass +3,1% -Mean Power Output 5' All-out +7% (Running+4,7%) -Fibre Iix 9%->0 Fibre Ila 39%->51%

Le
informazioni
complete
sugli studi
sono
presenti in
Bibliografia

ES=
Endurance+Strength
Gruppo Sperimentale
E=Endurace Gruppo di
Controllo

Wks= Weeks

Effetti principali su cui si è vista
differenza significativa rispetto E

Legenda:

CE= Cycling Economy

Wmax= W at VO_{2max}

RM= Repetition Maximum

RFD= Rate of Force Development

CSA= Cross Sectional Area

FTP= Functional Threshold Power

LTP= Lactate Threshold Power

Capitolo 4 Cadenza e Forza: si può allenare la Forza in Bici?

4.1. Forza in Bici

Nei capitoli precedenti sono stati esposti gli effetti dell'allenamento di Forza sulla Performance nel ciclismo, ed in particolare come l'allenamento in palestra e con i pesi (sovraccarichi) possa portare a dei benefici sulla prestazione in bicicletta.

Però è pratica comune nel Ciclismo quella di utilizzare degli allenamenti a bassa cadenza per indurre adattamenti come conseguenza dell'allenamento della Forza. Ma non è ancora chiaro se questo tipo di allenamenti specifici possano davvero influire sulla Forza e se portino a dei benefici. Infatti, gli effetti riportati precedentemente sono stati ottenuti con lavori eseguiti con sovraccarichi abbastanza consistenti, grazie all'utilizzo di carichi elevati ed un numero di ripetizioni basse, ma in grado di stimolare il sistema Neuromuscolare, mentre il lavoro che si può effettuare pedalando risulta molto inferiore a livello di carico meccanico. L'idea alla base di questi allenamenti a bassa cadenza parte dal presupposto che la Forza impressa sui pedali, chiamata anche Torque che viene misurata in Nm, a parità di potenza espressa, sia inversamente proporzionale alla cadenza di pedalata, che solitamente si misura in numero di pedalate al minuto, che viene anche abbreviato in RPM (Revolution per Minute). È stato dimostrato da vari studi (Imbery, Leo, Wakefield, & Schoberer, 2022) (Mater, Clos, & Lepers, 2021) che all'aumentare della cadenza di pedalata a parità di potenza espressa la Torque diminuisca, quindi al contrario utilizzando basse cadenze di pedalata si dovrà imprimere più Forza per esprimere la stessa potenza. Nonostante una maggior Torque, si è visto che a parità di Potenza una cadenza più bassa porti ad un minor sforzo Cardio Respiratorio, in particolare una minor Frequenza Cardiaca, minor Consumo di Ossigeno

(VO₂) e minor produzione di Lattato (Beneke & Alkhabit, 2015). Quindi nella tradizione ciclistica sono stati utilizzati dei lavori specifici effettuando intervalli a bassa cadenza così da stimolare maggiormente il sistema Muscolare ma con un minor sforzo da parte del sistema Cardio Respiratorio. Per spiegare questo nel dettaglio si deve far notare che nei Ciclisti di qualsiasi livello si è notato che la Cadenza preferita rientra in un range abbastanza delimitato, infatti si è visto che la maggior parte utilizza una cadenza di pedalata compresa tra le 80 e le 90 RPM. (Hansen & Ronnestad, 2017) (Kristoffersen, Gundersen, Leirdal, & Iversen, 2014). Quindi la definizione di intervalli a bassa cadenza ed alta cadenza, va rapportato alla cadenza preferita, arrivando così a definire in generale bassa cadenza valori inferiori alle 80 RPM solitamente nel range 40-70, ed alta cadenza valori superiori alle 100 RPM, solitamente 100-130. Mentre come detto pedalare ad una cadenza inferiore di quella preferita porta ad un maggior impegno muscolare, in quanto si deve imprimere più forza sui pedali a parità di potenza espressa, si è visto che utilizzare cadenze superiori a quella preferita invece incide maggiormente sul sistema neuromuscolare, ed in particolare sulla coordinazione muscolare.

4.2. Effetti sulla Performance di diverse Cadenze di pedalata

Come è stato introdotto in precedenza si è visto che l'utilizzo di una cadenza di pedalata maggiore o minore rispetto a quella preferita può portare a diversi effetti sulla performance. In particolare in uno studio effettuato sull'Efficienza di pedalata a diverse cadenze di pedalata e al variare dell'altezza della sella (Lee & Park, 2021) si è visto come la cadenza migliore in termini di efficienza di pedalata sia a RPM alte, mentre in termini di consumo di energia l'utilizzo di una cadenza bassa sia risultato il più economico, ed in questo studio è stato rapportato anche a diverse posizioni in sella, e senza entrare nello specifico accenniamo solamente che un'altezza sella leggermente più alta risulta migliore

quando si pedala a bassa cadenza, mentre per cadenze più alte è risultata più efficiente un'altezza di sella inferiore rispetto alla precedente. In un altro studio (Beneke & Alkhabit, 2015) sono stati valutati gli effetti su vari parametri utilizzando un test incrementale ad esaurimento con una cadenza di 50 RPM ed una di 100 RPM, in particolare durante il test si è misurato Consumo di Ossigeno e CO₂, Concentrazione di Lattato e Utilizzo di Carboidrati. I risultati hanno mostrato come alla cadenza di 50 RPM vi sia stato un minor consumo di Ossigeno, una minor concentrazione di Lattato ed un utilizzo minore di carboidrati, anche se questi se rapportati alla concentrazione di Lattato sono risultati minori a 100 RPM; quindi, come appena detto l'utilizzo di carboidrati in rapporto al Lattato è minore a cadenza più alta. Questi risultati sono importanti e portano alla conclusione che l'utilizzo di una cadenza inferiore rispetto a quella preferita si traduce in un Minor Consumo di Ossigeno e Minor Concentrazione di Lattato, con conseguente minor utilizzo di Carboidrati. Per quel che riguarda cadenze di pedalata sopra a quella preferita invece si è visto che il carico meccanico risulta minore, e come detto inizialmente è possibile esprimere la stessa potenza con una Torque minore, ma dall'altra parte è necessaria una maggior coordinazione muscolare ed un impegno Metabolico maggiore. Come detto inizialmente l'utilizzo di una cadenza più bassa di quella preferita permette un impegno cardiovascolare minore a parità di potenza espressa, ma con un carico meccanico e sulle articolazioni maggiore, inoltre con l'utilizzo di una cadenza elevata si è visto che vengono reclutate più Fibre di tipo II rispetto alle Fibre di tipo I, e questo può anche spiegare la maggior concentrazione di Lattato, in quanto le fibre veloci sono più facilmente affaticabili. In generale quindi nei metodi di allenamento degli ultimi anni sono stati utilizzati intervalli a bassa cadenza con l'obiettivo di creare uno stimolo meccanico maggiore in modo da poter creare degli adattamenti allo scopo di aumentare la Forza, anche se come vedremo in seguito questo non è stato confermato da alcuni studi, mentre l'utilizzo

di una cadenza di pedalata oltre a quella preferita è usato per creare uno stimolo metabolico maggiore, quindi in particolare quando si effettuano allenamenti HIIT (High Intensity Interval Training) o ad intensità molto elevate prossime al VO_{2max} .

4.3. Origine allenamenti a bassa cadenza e SFR

I primi allenamenti a bassa cadenza nel Ciclismo risalgono al 1983, quando Aldo Sassi durante la preparazione di Francesco Moser per battere il Record dell'Ora, ha introdotto degli allenamenti a bassa cadenza che ha denominato SFR, acronimo di Salite Forza Resistente. Il lavoro consisteva in intervalli in Salita utilizzando un rapporto molto lungo ad una cadenza di circa 40 RPM della durata da 1 a 5' e da ripetere per 6-8 volte con recupero di 2-3', ad un'intensità di fondo Medio, corrispondente circa al 85% della Frequenza Cardiaca massima. L'idea di svolgere un lavoro simile può far pensare che lo scopo sia quello di lavorare nello specifico sul miglioramento in salita grazie alle condizioni con cui si svolge l'esercizio, ma in realtà è stato ideato con lo scopo poter lavorare ad un'intensità sub massimale, in quanto corrisponde circa al ritmo che si può tenere per un'ora di sforzo, tra il fondo medio e la soglia, ma sfruttando la cadenza di pedalata più bassa indurre una parziale occlusione del flusso sanguigno dei tessuti muscolari coinvolti. Questo induce uno stimolo allenante che nonostante le intensità moderate porta ad alterazioni metaboliche e conseguente affaticamento con lo scopo di portare adattamenti positivi al fine della Performance. Il livello di Forza che si sviluppa con questa cadenza e ad un ritmo moderato corrisponde circa al 15-25% della Forza Massima che si potrebbe sviluppare con lo stesso Schema Motorio, nonostante ciò, questo è sufficiente a creare pressioni intramuscolari tali da indurre minor disponibilità di Ossigeno e in grado di generare gli attesi adattamenti che conseguentemente portano ad un miglioramento della Performance. Queste ipotesi sono state confermate da vari studi (Takaishi, et al., 2002) (Takaishi & al.,

2002), in cui utilizzando un dispositivo per misurare i livelli di Ossiemoglobina (SmO_2) sono stati valutati gli effetti di diverse intensità e condizioni di lavoro sull'Ossigenazione muscolare, confermando che l'utilizzo di una cadenza di pedalata inferiore a parità di Potenza espressa porti ad una maggior occlusione del flusso Sanguigno nei muscoli d'interesse, in grado poi di adattarsi migliorando l'estrazione e la distribuzione di Ossigeno. Altro importante fattore da considerare per questo tipo di Allenamento è che l'utilizzo di Forza non superiore al 30% del Massimale consente il reclutamento principale di Fibre di Tipo I, a spese delle Fibre di Tipo IIa, quindi con un rafforzamento delle prime che come noto sono più resistenti alla fatica e quindi importanti nelle prestazioni di Endurance, e il limitato reclutamento di Fibre veloci che hanno capacità di resistenza inferiori. Quindi questo metodo di allenamento sembra efficace come dimostrato dalle Evidenze riportate sopra, non allo scopo di migliorare la Forza Massimale o pura, ma per la Forza Resistente, caratteristica degli Sport di Endurance come il Ciclismo. Gli adattamenti indotti da questa metodica sono differenti da quelli esposti nei primi capitoli, riguardanti l'uso di allenamenti di Forza con Sovraccarichi e in Palestra, ma sembrano comunque funzionali al Ciclismo.

4.4. Studi recenti

Sono stati effettuati vari studi sugli effetti dell'allenamento a bassa cadenza, ma i risultati sono contrastanti, in quanto alcuni portano risultati con effetti positivi sulla performance, mentre altri nessun effetto o addirittura effetti negativi rispetto all'utilizzo di cadenza di pedalata libera. Nel lavoro di Nimmerichter, Eston, Bachl, & Williams (2012) sono riportati risultati positivi, infatti dopo un periodo di allenamento con intervalli a bassa cadenza (60 RPM) in salita, vi è stato un miglioramento del 4,4% nella performance di una cronometro di 20' in salita, ed un miglioramento del 1,5% in una cronometro di 20' ma in pianura, portando anche in luce

il fatto che i due sforzi siano biomeccanicamente diversi e che gli adattamenti di questo tipo di lavoro abbiano più benefici per un tipo di sforzo rispetto ad un altro. Nello studio di Paton, Hopkins, & Cook, (2009) in cui l'allenamento prevedeva intervalli anche qui a bassa cadenza, sulle 60-70 RPM, sono stati riportati effetti positivi sulla Performance, quindi si potrebbe arrivare all'ipotesi che la maggior Forza impressa sui pedali abbia indotto degli adattamenti con effetto benefico sulla prestazione, e che quindi l'utilizzo di una frequenza di pedalata ancora inferiore significherebbe dover imprimere una forza ancora maggiore, ma qui non sono finora stati provati ulteriori miglioramenti. Infatti nel lavoro di Kristoffersen, Gundersen, Leirdal, & Iversen, (2014) sono stati reclutati 22 esperti ciclisti e sono stati divisi in due gruppi, in cui un gruppo ha inserito per un periodo di 12 settimane un allenamento che comprendeva degli intervalli a bassa cadenza, nel dettaglio il lavoro consisteva in 5x6' a 40 RPM ad un'intensità di Fondo Medio basata sulla Frequenza Cardiaca compresa tra il 73-82% della massimale, mentre l'altro gruppo di Controllo ha inserito un'uscita di 90' ad un'intensità sempre basata sulla Frequenza Cardiaca (73-82% FCmax) ma con cadenza di pedalata libera. Quindi il gruppo di intervento in aggiunta alla propria routine di allenamento in totale svolgeva 60' di lavoro a bassa cadenza e 30' tra riscaldamento e recupero tra le serie, mentre il gruppo di Controllo svolgeva la seduta di 90' alla stessa intensità e con cadenza preferita. I partecipanti hanno effettuato dei Test prima e dopo il periodo di intervento, in cui sono stati misurati VO_{2max} , Soglia Lattacida, una prestazione a cronometro di 30' e la Forza degli arti inferiori. I risultati dei test prima del periodo di intervento non hanno mostrato differenze significative, mentre nel post periodo di intervento il gruppo che ha svolto lavori a bassa cadenza non ha ottenuto miglioramenti in nessuno dei parametri che venivano valutati; invece, sorprendentemente nel gruppo a cadenza libera sono stati riportati miglioramenti con un incremento del VO_{2max} , della potenza espressa alla soglia Lattacida e della prestazione

sui 30'. In nessuno dei due gruppi sono stati riscontrati cambiamenti nella forza degli arti inferiori e nella Economia di pedalata. Questi risultati sono in contrasto con quanto riportato dai due studi citati precedentemente, e questo potrebbe essere dovuto a diversi motivi, per iniziare si può notare che negli studi precedenti i lavori a bassa cadenza venivano effettuati a 60-70 RPM, mentre in questo lavoro consistevano in lavori a 40 RPM, quindi molto più basse delle precedenti, questo teoricamente visto lo scopo dell'intervento, cioè stimolare maggiormente la componente della forza dovrebbe portare maggiori adattamenti, ma in nessuno dei lavori effettuati si è riportato un miglioramento della Forza degli arti inferiori. Un ulteriore limite di questo studio potrebbe essere dato dall'intensità con cui sono stati svolti i lavori a bassa cadenza, infatti il lavoro è stato effettuato ad un'intensità relativamente bassa (73-82% FCmax), mentre nei lavori precedenti gli intervalli sono stati svolti ad un'intensità di lavoro maggiore, portando dei risultati positivi, questo spiegherebbe anche perché non vi siano stati miglioramenti della Forza, in quanto lo stimolo di questo tipo di lavoro non è sufficiente ad indurre degli adattamenti, infatti il carico meccanico del lavoro in bici nonostante la frequenza di pedalata bassa, se effettuato a livelli di torque troppo bassi non crea un carico meccanico sufficiente e non è paragonabile al lavoro di forza effettuato in palestra con sovraccarichi, che invece ha dimostrato effetti positivi sulla performance. Un altro limite di questo studio potrebbe essere dato dalle caratteristiche dei partecipanti, in quanto sono stati selezionati dei ciclisti con un'età abbastanza elevata; quindi, gli adattamenti potrebbero essere differenti su ciclisti di età più giovane o di livello più elevato.

Tabella 2. Sintesi degli studi analizzati.

AUTORI	DURATA	PARTECIPANTI	TIPO ALLENAMENTO	EFFETTI SU PERFORMANCE
Nimmerichter, Eston, Bachl, & Williams (2012)	4 Settimane	18 Competitive Cyclists (Int60=6 Int100=6 CON=6)	2 Sessioni a settimana 6x5' Intervalli(Power Output of respiratory compensation point) Int60 at 60 rpm Int100 at 100 rpm	-Int60 +4,4% Uphill TT & +1,5% Flat TT Vs -Int100 -1,3% Uphill TT & +2,6% Flat TT Vs -CON +4% Uphill TT & -3,5% Flat TT
Paton, Hopkins, & Cook (2009)	4 Settimane	18 Road cyclists LC(LowCadence(60-70 rpm))=9 HC(HighCadence(110-120 rpm))=9	2 Sessioni a settimana di 30' -Explosive Single LegJump alternato con High-Intensity Cycling Sprints a diversa cadenza (LC=60-70 rpm & HC=110-120 rpm)	-LC +97% Testosterone Concentration Vs HC +62% -60''TT +2,5% LC Vs HC -PeakPower +3,6% LC Vs HC - 4-mM Lactate Power +7% LC Vs HC -Maximum Oxygen Uptake +3,2% LC Vs HC
Kristoffersen, Gundersen, Leirdal, & Iversen (2014)	12 Settimane	22 Well trained veteran cyclists LC(LowCadence(60-70 rpm))=11 FCC(FreelyChoseCadence)=11	2 Sessioni a settimana -Low Cadence interval Training 5x6' Interval (HR 72-82% of HRmax) at 40 rpm	-VO2max +3,3 FCC Vs +1,4 LC -V02 Cosumption at Lactate Threshold +2,4 FCC Vs +1,5 LC -30' TT Performance Test

		-FCC 90' (HR 73-82% of HRmax) at Freely chose cadence	Oxygen Consumption +1,9 FCC Vs -0,1 LC Mean Power +13W FCC Vs -3W LC
Le informazioni complete sugli studi sono presenti in Bibliografia	Int=Gruppo Sperimentale CON=Gruppo di Controllo	HR= Heart Rate HRmax= Maximum Heart Rate	Effetti principali su cui si è vista differenza significativa Legenda: Int60=IntervalGroup 60 Int100=IntervalGroup 100 TT=Time Trial LC=Low Cadence HC=High Cadence FCC= Freely Chose Cadence

4.5. Riepilogo Forza in Bici e possibili future applicazioni

Dopo aver illustrato le varie ipotesi di come effettuare dei lavori di Forza in Bici, ed aver visto i risultati di vari studi, è difficile affermare con quale tipo di intervento e se davvero sia possibile allenare questa componente utilizzando lavori a bassa cadenza. Le evidenze scientifiche riportano risultati contrastanti, alcune con effetti positivi e altre nulli o addirittura negativi, anche se è importante notare che il materiale non sia molto ampio in materia e la maggior parte di questi lavori abbiano diverse limitazioni. La spiegazione più logica su allenamenti a bassa cadenza sembra essere quella della maggior occlusione del flusso sanguigno e di minor disponibilità di ossigeno dovuto alla pressione intramuscolare, e la metodica degli intervalli creati da Aldo Sassi denominati SFR sembrano quelli più efficaci, anche se come si può dedurre dal nome siano finalizzati alla componente di Forza Resistente e non alla Forza di cui si è parlato nei primi capitoli, che era il risultato degli adattamenti avvenuti dopo un periodo di allenamenti in Palestra. La Forza resistente risulta uno dei principali fattori durante la Performance di Ciclismo, e l'utilizzo di SFR ne permette il miglioramento sfruttando intensità di allenamento moderate, ma in alcuni studi effettuati negli ultimi anni non sono stati riportati miglioramenti in nessun parametro misurato dopo un periodo di intervento con questa metodica di allenamento rispetto al gruppo di Controllo. La spiegazione potrebbe essere data dalle varie limitazioni di questo studio, ma in particolare potrebbe essere dovuta dall'intensità a cui venivano effettuati. L'intensità di esercizio infatti risulta una delle variabili principali da tenere in considerazione quando si effettuano intervalli per migliorare la performance, e per una possibile applicazione pratica durante i lavori di forza in bici si potrebbe aumentare l'intensità a cui si svolgono, che porterebbe sicuramente dei vantaggi, infatti nell'ultimo periodo si stanno iniziando ad introdurre lavori sotto la cadenza preferita ma ad un ritmo elevato, sopra la soglia anaerobica e nella suddivisione a zone ad un'intensità corrispondente alla Z5 che è

quella in grado di evocare il VO_{2max} , per una durata di circa 1-2' e periodi di recupero superiori alle precedenti, sui 4-5' in modo da poter esprimere poi elevati valori di potenza durante lo sforzo, e i risultati di atleti che le hanno iniziate ad eseguire sembrano promettenti. Come visto in tutti gli studi esaminati i lavori a bassa cadenza sono stati effettuati a ritmi moderati, fino al 85% della massima Frequenza cardiaca, e questo potrebbe rappresentare il maggior limite sui risultati ottenuti, oltre al limitato numero di partecipanti e al periodo di intervento. Riguardo questo per ottenere degli adattamenti a questo stimolo allenante potrebbe essere necessario tenere in considerazione un periodo più lungo, perché come detto è una metodica di allenamento utilizzata dalla maggior parte di ciclisti di alto livello quindi un effetto in acuto, visto che gli studi sono stati relativi ad alcune settimane, potrebbe non mostrare risultati, ma se considerato per un tempo maggiore ad esempio su alcuni anni si potrebbero vedere adattamenti e miglioramenti più importanti. Inoltre questo porta a dedurre che non sia possibile valutare gli effetti di allenamenti a bassa cadenza su ciclisti di alto livello in quanto parte della routine di allenamento di questi atleti, e valutare differenze dopo periodi in cui sono stati effettuati questi lavori non può essere un riferimento attendibile in quanto condizionati dall'essere ormai esperti in questo genere di allenamenti. Piccolo accenno anche su un altro tipo di lavoro utilizzato per allenare la Forza sulla bici, ed in particolare la capacità di sprintare e di effettuare sforzi massimali, chiamato partenze da fermo o Rolling Start. Il lavoro consiste nel partire da velocità molto bassa quasi da fermo con un rapporto molto lungo, e imprimere la massima forza sui pedali per accelerare come se si volesse effettuare uno sprint, ma limitati dal rapporto di partenza molto impegnativo e di conseguenza da una cadenza di pedalata molto bassa. Il lavoro dura circa dagli 8 ai 15 secondi, per stimolare il sistema anaerobico e la capacità di Forza Massimale direttamente con un lavoro specifico funzionale al gesto sulla bicicletta, e si consiglia effettuare queste partenze da 3 a 6 volte con

pause tra le ripetute di circa 3' che permettano il completo recupero. Su questo tipo di allenamento non esiste molta letteratura scientifica e non ho trovato studi a riguardo, ma potrebbe essere un metodo efficace per indurre adattamenti simili a quelli ottenuti con il lavoro in palestra e di cui si è già parlato con risultati positivi.

Conclusioni

In questo lavoro è stato dimostrato l'effetto positivo dell'allenamento di Forza sulla performance nel Ciclismo, come visto i determinanti della prestazione sono principalmente VO_{2max} , Soglia Lattacida, Efficienza e componente Anaerobica, e vengono influenzate positivamente da un periodo di lavoro con sovraccarichi. Nei lavori citati in generale gli adattamenti che sono avvenuti a seguito dell'introduzione di un allenamento di forza hanno riguardato un rafforzamento delle Fibre di Tipo I, una conversione di Fibre di Tipo IIx in IIa, l'anticipazione del Picco di Potenza durante la pedalata dovuto ad un incremento della RFD (Rate of Force Development) ed un aumento della massa muscolare magra. I benefici maggiori sono stati riscontrati sull'Economia di pedalata, che è migliorata nella maggior parte degli studi, e di conseguenza ha contribuito all'incremento degli altri parametri, in particolare su Soglia Lattacida e prove cronometrate. L'aumento di Forza risulta anche utile negli sforzi brevi, ormai parte fondamentale delle gare di Ciclismo, in cui sprint e accelerazioni possono determinare il risultato finale. Inserire nel programma di allenamento dei ciclisti sedute in palestra è stato dimostrato quindi fondamentale, e non sono necessarie sedute lunghe, infatti da 45' a 1 ora per seduta è risultata sufficiente ad indurre gli adattamenti desiderati, con due sedute a settimana durante il periodo di preparazione ed una durante le competizioni. Gli esercizi da svolgere durante la seduta devono essere funzionali al movimento della pedalata, concentrandosi soprattutto sulla fase concentrica con una fase eccentrica lenta, utilizzando un numero di ripetizioni compreso tra le 4 e le 10 RM per 2 o 3 serie intervallate da pause di 2 o 3'. Gli esercizi più utilizzati comprendono Squat, Deadlift, Stacchi, Leg Press e Ankle plantar flexion. Per non perdere gli adattamenti è necessario mantenere un allenamento di richiamo di Forza almeno ogni 7 o 10 giorni, anche in periodi dove il lavoro di Endurance avrà la priorità. Si è visto che gli effetti

benefici sono simili tra uomini e donne con solamente piccole differenze su Economia di pedalata che risulta influenzata maggiormente nelle donne e Tasso di sviluppo della Forza massima che invece è più influenzato da questi allenamenti negli uomini. Alcuni studi si sono concentrati anche su i diversi effetti in base all'età, riportando risultati positivi sia in soggetti giovani soprattutto in prospettiva di sviluppo futuro, sia in soggetti anziani dove l'allenamento di Forza compensa maggiormente il decremento di questa componente dovuto all'età, e quindi lo stimolo allenante del lavoro con sovraccarichi riporta risultati positivi. Inoltre è importante tenere in considerazione l'effetto del lavoro di Forza sugli Ormoni, perché questo allenamento stimola Testosterone, Ormone della crescita e IGF-1, che invece a volte vengono influenzati negativamente dall'allenamento di Endurance, quindi l'inserimento di sedute di Forza nella routine di allenamento può aiutare a mantenere i valori di questi Ormoni ad un buon livello. Tra i metodi utilizzati per migliorare la Forza, sono stati utilizzati per molti anni allenamenti a bassa cadenza in bici, basandosi sul concetto che a parità di potenza espressa una cadenza di pedalata minore porti ad una maggior Torque e quindi si imprima sui pedali maggior Forza. Questo potrebbe portare quindi ad adattamenti benefici per la Forza, in quanto una cadenza inferiore a quella preferita richiede un maggior sforzo Meccanico ma ad un costo Metabolico minore, infatti è stato provato che Frequenza cardiaca, Consumo di Ossigeno e concentrazione di Lattato risultino inferiori ad una cadenza più bassa rispetto ad alta cadenza, sempre a parità di potenza espressa. Gli studi scientifici però non riportano risultati concordanti, in alcuni infatti sono risultati effetti positivi, mentre in altri nulli o addirittura negativi, questo probabilmente anche per alcuni limiti e per i metodi utilizzati, in particolare riguardo l'intensità troppo bassa durante gli intervalli a bassa cadenza.

I metodi di allenamento si stanno evolvendo e per ottenere la miglior performance risulta fondamentale saper bilanciare i diversi stimoli

allenanti, il lavoro di Forza è quindi fondamentale per poter raggiungere il massimo potenziale da ogni atleta, l'inserimento di queste sedute nella programmazione porta effetti positivi sulla prestazione ed inoltre risulta anche utile per prevenire infortuni, avere prospettive di carriera più lunghe e beneficiare di maggior salute.

In questa Tesi è stato discusso l'effetto dell'allenamento di Forza sulla Performance nel Ciclismo, questa metodica di allenamento viene sempre più spesso introdotta nella programmazione degli atleti di alto livello, dove invece in passato veniva trascurata o addirittura vista come negativa. Sicuramente deve essere ben bilanciata e la priorità deve averla sempre il lavoro di Endurance, ma la possibilità di integrare i classici allenamenti di Resistenza con questa pratica ha dimostrato avere effetti positivi. In un Ciclismo dove si è costantemente alla ricerca di ogni margine di miglioramento, a partire dall'alimentazione, passando dai materiali e all'aerodinamica per andare più veloce sulla bici, non è possibile trascurare la componente della Forza che è molto più di un vantaggio marginale, le velocità di corsa si continuano ad alzare e sempre più spesso la vittoria si decide allo sprint. Inoltre per la salute come detto con l'aumentare dell'età una delle componenti che ne risente di più è proprio la Forza, e per compensare questo effetto negativo è risultato molto utile svolgere allenamenti con i pesi per mantenere questa capacità condizionale. Come per giovani atleti è molto utile utilizzare questa metodica di allenamento soprattutto in prospettiva di sviluppo futuro. In conclusione, l'Allenamento di Forza ha effetti positivi sulla Performance nel Ciclismo, ed è stato provato da diversi studi scientifici, dove sono state illustrate anche le varie applicazioni pratiche e come inserirlo nella programmazione di ogni atleta.

Bibliografia

- Beattie, K., Carson, B., Lyons, M., & Kenny, I. (2017). The effect of Maximal and Explosive strength training on Performance Indicators in Cyclists. *International Journal of Sport Physiology and Performance*, 470-480.
- Beneke, R., & Alkhabit, A. (2015). High cycling cadence reduces carbohydrate oxidation at given low intensity metabolic rate. *Biol Sport*, 27-33.
- Blafoss, R., Rikardo, J., Andersen, A., Hvid, L., Andersen, L., Jensen, K., . . . Aagaard, P. (2022). Effects of resistance training cessation on cycling performance in well-trained cyclists: an exploratory study. *J Strength Cond Res* 36, 796-804.
- Brooks, G.A., Arevalo, J.A., Osmond, A.D., Leija, R.G., Casey, C.C., & Tovar, A.P. (2022). Lactate in contemporary biology: a phoenix risen. *J. Physiol*, 1229-1251
- Cesanelli, L., Ammar, A., Arede, J., Gonzalez, J., & Leite, N. (2022). Performance Indicators and functional adaptive windows in competitive cyclists: effect of one-year strength and conditioning training programme. *Biol Sport*, 329-340.
- Cheung, S., & Zabala, M. (2017). *Cycling Science: The ultimate nexus of knowledge and performance*. USA: Human Kinetics.
- Chi M, Hintz CS, Coyle EF, Martin WH 3rd, Ivy JL, Nemeth PM, Holloszy JO & Lowry OH (1983). Effect of detraining on enzymes of energy metabolism in individual human muscle fibers. *Am J Physiol Cell Physiol* 244, C276-C287.
- Costil, D. (1970). Metabolic responses during distance running. *J Appl Physiol* 28, 251-255.
- Coyle, E. (1995). Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. *Exerc Sport Sci Rev* 23, 25-63.

- Douglas, J., Ross, A., & Martin, J. (2021). Maximal muscular power: lessons from sprint cycling. *Douglas et al. Sport Medicine*.
- Ehlenz, Grosser, & Zimmerman. (1998). Krafttraining.
- Furrer, R., & Hawley, C. (2023). The Molecular athlete: exercise physiology from mechanisms to medals. *Physiol Rev* 103, 1693-1787.
- Gabler, M., Prieske, O., Hortobagyi, T., & Granacher, U. (2018). The Effects of Concurrent Strength and Endurance Training on Physical Fitness and Athletic Performance in Youth: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front. Physiol.* 9, doi: 10.3389/fphys.2018.01057.
- Goulding, R. P., & Marwood, S. (2023). Interaction of Factors Determining Critical Power. *Sport Medicine*, 595-613.
- Hansen, E., & Ronnestad, B. (2017). Effects of Cycling Training at Imposed Low Cadences: A Systematic Review. *Int J Sports Physiol Perform* , 1127-1136.
- Heuberg, J., Gal, P., Stuurman, F., Muinck Keizer, W., Mejia Miranda, Y., & Cohen, A. (2018). Repeatability and predictive value of lactate threshold concepts in endurance sports. *PLoS ONE* 13, 1-16.
- Hickson, R., Rosenkoetter, M., & Brown, M. (1980). Strength training effects on aerobic power and short-term endurance. *Medicine and Science in Sport and Exercise* 12, 36-39.
- Hill, A. (1925). Athletic records. *Lancet* 5, 481-486.
- Imbery, F., Leo, P., Wakefield, J., & Schoberer, U. (2022). Torque behaviour during cycling sprints from different pedalling frequencies. *Journal of Science & Cycling*, 11:2.
- Joyner, M. J. (2019). Genetic Approaches for Sport Performance: How far Away are We? *Sport Medicine* , 199-204.
- Joyner, M. J., & Coyle, E. F. (2008). Endurance exercise performance: the physiology of champions. *J Physiol* 586.1, 35-44.

- Kazior, Z., Willis, S., Moberg, M., Aprò, W., Calbet, J., & Holmberg, H. (2016). Endurance Exercise enhances the effect of Strength Training on muscle fiber size and Protein expression of Akt and mTOR. *PLoS ONE* 11.
- Kraemer, W., Ratamess, N., Hymer, W., Nindl, B., & Fragala, M. (2020). Growth Hormone(s), Testosterone, Insulin-Like Growth Factors, and Cortisol: Roles and Integration for Cellular Development and Growth with Exercise. *Front. Endocrinol.* 11:33, 1-25.
- Kristoffersen, M., Gundersen, H., Leirdal, S., & Iversen, V. (2014). Low cadence interval training at moderate intensity does not improve cycling performance in highly trained veteran cyclists . *Frontier in Physiology*, V5 A34.
- Lee, J., & Park, K. (2021). Modeling cycling performance: Effects of saddle position and cadence on cycle pedaling efficiency. *Science Progress*, 1-17.
- Markov, A., Hauser, L., & Chaabene, H. (2023). Effects of Concurrent Strength and Endurance Training on Measures of Physical Fitness in Healthy Middle-Aged and Older Adults: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sport Medicine* , 437-455.
- Mater, A., Clos, P., & Lepers, R. (2021). Effect of Cycling Cadence on Neuromuscular Function: A Systematic Review of Acute and Chronic Alterations. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 7912.
- Methenitis, S. (2018). A Brief Review on Concurrent Training: From Laboratory to the Field. *Sports*, 1-17.
- Nimmerichter, A., Eston, R., Bachl, N., & Williams, C. (2012). Effects of low and high cadence interval training on power output in flat and uphill cycling time-trials. *Eur. J. Appl. Physiol.* , 69-78.
- Paton, C. D., Hopkins, W. G., & Cook, C. (2009). Effects of low- vs. high-cadence interval training on cycling performance. *J. Strength Cond. Res.* 23, 1758-1763.

- Paton, C., & Hopkins, W. (2005). Combining explosive and high-resistance training improves performance in competitive cyclists. *J. Strength Cond. Res.* 19, 826-830.
- Robinson, S., Edward, H., & Dill, D. (1937). New records in human power. *Science* 85, 409-410.
- Rønnestad, B. (2022). Case Report: Effects of Multiple Seasons of Heavy Strength Training on Muscle Strength and Cycling Sprint Power in Elite Cyclists. *Front. Sports Act. Living* 4.
- Rønnestad, B., & Mujika, I. (2014). Optimizing strength training for running and cycling endurance performance: A review. *Scand J Med Sci Sports*, 603-612.
- Rønnestad, B., Hansen, E., & Raastad, T. (2010). Effect of heavy strength training on thigh muscle cross-sectional area, performance determinants, and performance in well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol*, 965-975.
- Rønnestad, B., Hansen, E., & Raastad, T. (2010). In-season strength maintenance training increases well-trained cyclists performance. *European Journal of Applied Physiology*, 1269-1282.
- Rønnestad, B., Hansen, E., & Raastad, T. (2011). Strength training improves 5-min all-out performance following 185 min of cycling. *Scand J Med Sci Sports*.
- Rønnestad, B., Hansen, J., & Nygaard, H. (2017). 10 weeks of heavy strength training improves performance-related measurements in elite cyclists. *Journal of Sport Sciences*, 1435-1441.
- Rønnestad, B., Hansen, J., Hollan, I., & Ellefsen, S. (2015). Strength training improves performance and pedaling characteristics in elite cyclists. *Scand J Med Sci Sports*, 89-98.
- Rosberg, R., Ghiasvand, F., & Parker, D. (2004). Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 287, 502-516.

- Sunde, A., Storen, O., Bjerkaas, M., Larsen, M., Hoff, J., & Helgerud, J. (2010). Maximal strength training improves cycling economy in competitive cyclists. *J Strength Cond Res* 24, 2157-2165.
- Takaishi, T., & al., e. (2002). Changes in blood volume and oxygenation level in a working muscle during a crank cycle. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 33, No. 3, 520-528.
- Takaishi, T., Ishida, K., Katayama, K., Yamazaki, K., Yamamoto, T., & Moritani, T. (2002). Effect of cycling experience and pedal cadence on the near-infrared spectroscopy parameters. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 34, No., 12, 2062-2071.
- Vanhatalo, A., Black, M. I., DiMenna, F., Blackwell, J., Schmidt, J., Thompson, C., . . . Jones, A. (2005). The mechanist bases of the power-time relationship: muscle metabolic responses and relationship to muscle fibre type. *J Physiol* 595, 4407-4423.
- Vikmoen, O., & Ronnestad, B. (2021). A Comparison of the Effect of Strength Training on Cycling Performance between Men and Women. *J. Funct. Morphol. Kinesiol.*
- Vikmoen, O., Ronnestad, B., Ellefsen, S., & Raastad, T. (2017). Heavy strength training improves running and cycling performance following prolonged submaximal work in well-trained female athletes. *Physiol Rep*, 5 (5), e13149-1-14.
- Weineck, J. (2009). *L'Allenamento Ottimale*. Calzetti e Mariucci Editori, 262-435