

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

Dipartimento di Scienze Biomediche

Corso di Laurea Triennale in Scienze Motorie

Tesi di Laurea

**Autoregolazione nel Resistance Training: Quando l'RPE ed il RIR  
Potrebbero Essere Strumenti Utili per Migliorare Forza Massimale e  
l'Ipertrofia in un Soggetto Principiante, Intermedio o Avanzato? Una  
Revisione sulla Base della Letteratura Attuale**

Relatore: Antonio Paoli

Laureando: Capuzzo Andrea

N° di matricola: 1224070

Anno Accademico 2021/2022

## **INDICE**

<b>Capitolo 1 - Introduzione: che cos'è l'Autoregolazione nell'allenamento? ....</b>	<b>4</b>
<b>La Storia dell'Autoregolazione .....</b>	<b>4</b>
Da dove proviene il concetto di Autoregolazione?.....	4
Come si è sviluppata l'Autoregolazione fino ad ora?.....	5
<b>Considerazioni attuali sull'Autoregolazione .....</b>	<b>6</b>
Efficacia dell'Autoregolazione sulla base dei dati ad oggi disponibili.....	6
Confronto delle metodologie di autoregolazione: passato vs presente .....	7
<b>Future ricerche sull'Autoregolazione .....</b>	<b>11</b>
Direzione delle future ricerche.....	11
<b>Capitolo 2 - Utilizzo dell'Autoregolazione vs utilizzo del Cedimento</b>	
<b>Muscolare nel Resistance Training.....</b>	<b>14</b>
<b>Metodi per autoregolare il RT .....</b>	<b>14</b>
<b>Che cos'è l'RPE?.....</b>	<b>15</b>
<b>Che cos'è il RIR?.....</b>	<b>18</b>
<b>Allenamento della Forza (1RM): AR vs MF .....</b>	<b>23</b>
<b>Allenamento dell'ipertrofia muscolare: AR vs MF.....</b>	<b>30</b>
<b>Allenamento della potenza: AR vs MF.....</b>	<b>38</b>
<b>Capitolo 3 - Quando e come l'autoregolazione può essere utile a seconda</b>	
<b>dei vari casi? .....</b>	<b>40</b>
<b>L'autoregolazione nel principiante.....</b>	<b>41</b>
Chi è il principiante?.....	41
Punti di forza e di debolezza nel principiante. ....	42
Come può approcciare il RT?.....	43
L'AR nell'allenamento del principiante.....	45
<b>L'autoregolazione nell'intermedio .....</b>	<b>47</b>
Chi è l'intermedio? .....	47
Punti di forza e di debolezza nell'intermedio. ....	47
Come può approcciare il RT?.....	48
L'AR nell'allenamento dell'intermedio. ....	50
<b>L'autoregolazione nell'avanzato .....</b>	<b>51</b>
Chi è l'avanzato?.....	51
Punti di forza e di debolezza dell'avanzato. ....	51
Come può approcciare il RT?.....	52

L'AR nell'allenamento dell'avanzato. ....	55
<b>Conclusioni</b> .....	55
<b>Capitolo 4 – Differenze sostanziali tra RPE e RIR</b> .....	57
<b>Perché scegliere l'RPE?</b> .....	57
Vantaggi dell'RPE e della scala di Borg .....	58
Svantaggi dell'RPE e della scala di Borg .....	59
<b>Perché scegliere il RIR?</b> .....	59
Vantaggi del RIR .....	60
Svantaggi del RIR .....	61
<b>Si possono usare l'RPE e il RIR simultaneamente?</b> .....	62
La RIR-based RPE scale .....	63
<b>Capitolo 5 – Come utilizzare l'autoregolazione</b> .....	66
<b>a fini ipertrofici?</b> .....	66
<b>Quando utilizzare l'autoregolazione per l'ipertrofia muscolare?</b> .....	66
<b>Utilizzo di RPE e RIR nell'allenamento per l'ipertrofia (HT).</b> .....	68
<b>Differenze nell'AR di esercizi monoarticolari e multiarticolari per l'ipertrofia.</b> .....	72
<b>Un anno di HT autoregolato vs HT a carichi prescritti.</b> .....	74
<b>Conclusioni: si potrebbe sempre autoregolare l'allenamento per l'ipertrofia?</b> .....	77
<b>Capitolo 6 – Come si può utilizzare l'autoregolazione per</b> .....	80
<b>aumentare la forza massimale (1RM)?</b> .....	80
<b>Quando utilizzare l'autoregolazione per aumentare l'1RM?</b> .....	81
<b>Utilizzo di RPE e RIR nell'allenamento della forza (ST).</b> .....	83
<b>Fasi di accumulo, intensificazione e peaking in AR vs FL.</b> .....	86
<b>Macro cicli di allenamento in AR vs macro cicli a FL.</b> .....	88
<b>Conclusioni: Si potrebbe sempre autoregolare lo ST?</b> .....	90
<b>Capitolo 7 – Conclusioni</b> .....	93
<b>L'efficacia dell'autoregolazione nel Resistance Training (RT)</b> .....	93
<b>Applicazioni dell'AR in base alla Training Experience (TE) del Soggetto.</b> .....	93
<b>L'AR nel Principiante.</b> .....	94
<b>L'AR nell'Intermedio.</b> .....	96
<b>L'AR nell'Avanzato.</b> .....	97
<b>L'AR e gli effetti sulla fatica neuro-muscolare.</b> .....	98
<b>L'AR e la prevenzione di infortuni.</b> .....	98

<b>Limitazioni incontrate nella stesura della Tesi. ....</b>	<b>99</b>
<b>Conclusioni.....</b>	<b>100</b>
<b>Bibliografia.....</b>	<b>101</b>

# **Capitolo 1 - Introduzione: che cos'è l'Autoregolazione nell'allenamento?**

## **La Storia dell'Autoregolazione**

### **Da dove proviene il concetto di Autoregolazione?**

L'Autoregolazione (AR) è una forma di periodizzazione dell'allenamento che viene utilizzata per modulare ed adattare, giornalmente o settimanalmente, le variabili della singola seduta allenante (e.g. volume ed intensità) in base ai cambiamenti della performance del soggetto allenato. Questi cambiamenti possono essere influenzati da diversi fattori: in primis dalle risposte fisiologiche all'esercizio (e.g. aumento di forza, ipertrofia, miglioramento degli scemi motori, etc...); al livello di fatica accumulata nelle sedute precedenti; infine a tutti gli "stressor" (o fattori di stress) non correlati all'allenamento (e.g: sonno, alimentazione, vita giornaliera, etc...). Lo scopo di questa metodologia, dunque, è garantire un'ottima prestazione, individualizzando le progressioni d'allenamento, cercando di evitare tutti quegli eventi che potrebbero rallentare o fermare il progresso dell'atleta (e.g. sovrallenamento o infortuni) (Mann et al <sup>[22]</sup>).

L'origine di questa teoria è stata attribuita ai primi studi condotti negli anni '40 nei quali si utilizzava l'AR come metodo d'allenamento per soggetti che avevano subito interventi, basandosi su quanto e come il soggetto poteva performare in quella seduta: se avesse riportato un feedback positivo, allora il volume di lavoro sarebbe aumentato dalla seduta successiva. Al giorno d'oggi questa metodologia sta prendendo sempre più piede grazie alle evidenze in continua crescita che dimostrano come si possa adattare le variabili dell'allenamento ai diversi stressor ai quali l'atleta può essere sottoposto, quando non è in campo o nella vita di tutti i giorni (lavoro, famiglia, etc.). Secondo la "Sindrome di Adattamento

Generale”, o GAS, formulata da Selye nel 1950, un organismo ha bisogno di uno stressor per adattarsi ma, nel contempo, questo organismo dovrà essere capace di recuperare in maniera efficace per potersi adattare. Questa cosa, nell’atleta, può essere influenzata negativamente da tutti quegli stressor ulteriori elencati nel paragrafo precedente:

- Qualità e quantità del sonno;
- Alimentazione;
- Vita giornaliera (famiglia, lavoro, etc...).

### Come si è sviluppata l’Autoregolazione fino ad ora?

Secondo Greig et al <sup>[11]</sup>, al giorno d’oggi, sono presenti due macro-aree riguardanti come l’AR possa essere implementata negli studi che vengono condotti: la prima, più utilizzata, consiste nel misurare e modificare giornalmente i parametri allenanti che si vuole considerare:

- Volume, ovvero la quantità totale di lavoro in una seduta allenante;
- Intensità, ovvero quanta fatica richiede completare quella seduta;
- Densità, il rapporto tra tempo di lavoro e tempo di recupero;
- Frequenza, il numero di volte che lo stimolo viene ripetuto.

Questi fattori verranno trattati più approfonditamente nel prossimo capitolo. Questi adattamenti vengono fatti per far fronte a quelle che possono essere descritte come “variazioni giornaliere altamente frequenti” causate da stressor direttamente e non direttamente correlati all’allenamento. Nella seconda modalità i parametri vengono registrati e modulati in maniera meno frequente (e.g.: una volta a settimana o al mese o alla fine del mesociclo di allenamento) per monitorare variazioni croniche causate dall’allenamento, sia a livello centrale che periferico. Greig et al <sup>[11]</sup> suggeriscono di vedere le due strategie di monitoraggio e adattamento come complementari tra di loro, andando a creare

adattamenti più costanti e continui nel programma d'allenamento, vedendo quindi l'AR come una metodologia d'allenamento molto malleabile.

## **Considerazioni attuali sull'Autoregolazione**

### Efficacia dell'Autoregolazione sulla base dei dati ad oggi disponibili

Al giorno d'oggi sta emergendo un numero sempre maggiore di evidenze scientifiche a supporto di una maggiore efficacia dei programmi basati sull'AR rispetto ai classici programmi basati su carichi e percentuali prestabiliti, per migliorare la prestazione dell'atleta sul lungo termine, in quanto si andrebbe a rispecchiare maggiormente il livello di prestazione giornaliero del soggetto, creando una maggiore individualizzazione dei programmi d'allenamento (Larsen et al <sup>[19]</sup>). Al contrario, i classici blocchi d'allenamento utilizzano dei carichi già prestabiliti attraverso uno o più test (e.g: 1RM test, Greig et al <sup>[11]</sup>) eseguiti tra la fine di un blocco di lavoro e l'inizio di quello successivo. Questa, però, a detta delle stesse fonti, può essere un'arma a doppio taglio, poiché data la libertà del soggetto di adattare i carichi allenanti al proprio stato di prontezza giornaliero, potrebbe creare anche adattamenti sfavorevoli nel lungo termine, a causa di un continuo lavoro a carichi sottostimati o a causa di un protocollo basato su carichi troppo elevati che potrebbe portare, nel lungo termine, all'insorgenza di infortuni.

Dal punto di vista psicologico, invece, sembra che l'utilizzo di un programma di allenamento autoregolato possa tramutarsi in un'aderenza maggiore, da parte dell'atleta, alle singole sedute di allenamento come, poi, all'interno del blocco intero. Favorendo l'autonomia dell'atleta nel poter scegliere la metodica o il carico di lavoro per quella sessione specifica (scelta da un gruppo di metodiche o carichi di lavoro

predeterminati dall'allenatore, Baker et al <sup>[6]</sup>) si incoraggia l'atleta anche dal punto di vista della voglia di approcciare la sessione, ma questa ipotesi deve ancora essere confermata.

### Confronto delle metodologie di autoregolazione: passato vs presente

Come già fatto notare, la storia dell'Autoregolazione comincia in un ambiente abbastanza estraneo al contesto alla quale si è arrivata ad applicare negli ultimi quarant'anni, ovvero l'ambiente del recupero "post-surgery": in questa prima fase si organizzavano sedute giornaliere di condizionamento del paziente adattando i parametri allenanti (e.g. volume ed intensità) sulla base dei feedback che venivano forniti dal paziente durante la fase di riscaldamento e durante l'esecuzione delle prime serie di ciascun esercizio. Quando il paziente riportava un feedback positivo, ovvero che riusciva a sostenere lo sforzo senza problemi o senza avvertire alcun dolore, nella sessione successiva, si sarebbero andati a modulare volume e/o intensità, per tenere uno stimolo adeguato al recupero.

Al contrario, se il paziente riportava un feedback negativo, l'esercizio andava reso più semplice o, in alternativa, sostituito da un movimento simile che poteva essere eseguito senza le medesime difficoltà (Greig et al <sup>[11]</sup>).

In seguito a questa sua prima modalità d'uso, l'Autoregolazione andò incontro a diversi cambiamenti nel tempo: la prima persona a cui possiamo attribuire lo sviluppo di questa metodologia d'allenamento è Thomas L. DeLorme, il quale negli anni '40 riprese il concetto di Autoregolazione e lo riadattò all'ambiente della riabilitazione, andando a modulare l'esercizio sulla base di cambiamenti settimanali nella performance in un test di 10 ripetizioni massimali (RM), notò come la performance nei protocolli di forza andava ad incrementarsi, rispetto ad una programmazione non autoregolata.

Nel 1979 Knight riprese il lavoro di DeLorme e creò il protocollo DAPRE (“Daily Adjustable Progressive Resistive Exercise”) basandosi sull’assunzione che i test per modulare i parametri d’esercizio, dovessero essere più frequenti, in modo da tener conto dei cambiamenti di performance in termini ancora più brevi. Knight andava a monitorare la terza o penultima serie di un esercizio attraverso un test 6RM, utilizzando quel risultato per modificare la quarta o le ultime serie, ottenendo un parametro per la sessione successiva. Seppur il protocollo DAPRE ottenne grande successo, nel 2000 Siff aggiunge al lavoro di Knight l’utilizzo di test 3RM e 10RM, sempre durante la terza serie di ciascun esercizio, come misure di valutazione di una più vasta gamma di componenti dell’allenamento contro resistenza: forza, potenza ed ipertrofia. Inoltre, venne riconsiderata la frequenza con la quale si andavano a prendere i test, poiché andare sempre a cedimento muscolare andava ad aumentare la fatica complessiva e il rischio di infortuni.

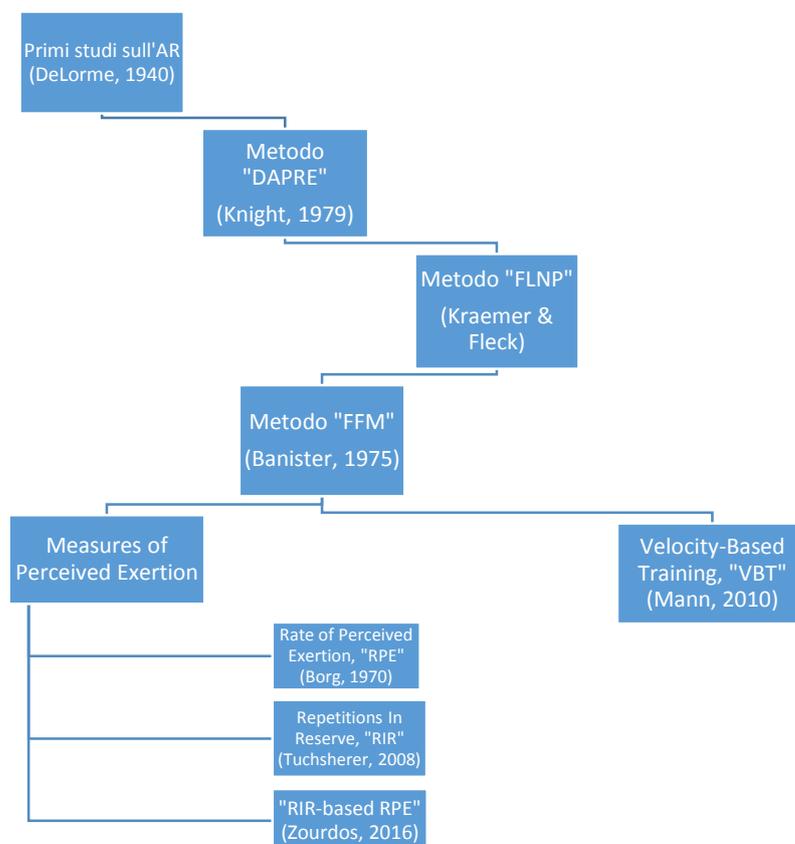


Figura 1.1.1 – Storia dell’autoregolazione

Un altro modello di programmazione autoregolata è stata introdotta da Kraemer e Fleck, la “Flexible Non-Linear Periodized” model (o FLNP), adattata per soggetti con poca o nessuna esperienza nell’allenamento contro resistenza (RT), o “training experience” (TE).

Questa periodizzazione permette al soggetto di scegliere il numero di ripetizioni del test massimale (10, 15 o 20RM) sulla base della percezione soggettiva della performance, tra un blocco di allenamento e l’altro. Nello studio che valutava l’utilizzo della FNLN i partecipanti sono stati sottoposti a dodici settimane di allenamento, divise in tre blocchi da quattro settimane ciascuno: prima di passare al blocco successivo veniva eseguito il test massimale. Lo studio ha riportato miglioramenti significativi nel test 1RM per la Leg Press, ma non sono stati rilevati gli stessi miglioramenti nel 1RM Chest Press e nello Standing Long Jump. Kraemer e Fleck, però, sancirono che i risultati ottenuti nell’esercizio della leg press potessero fornire delle prove iniziali sull’effetto di questo tipo di periodizzazione.

In seguito a questo studio, si andò a guardare, principalmente, due dei metodi di autoregolazione più famosi: il primo metodo è chiamato “Velocity-Based Training” (o VBT) ed è una metodologia d’allenamento che si basa sull’adattamento o modulazione dei carichi d’allenamento osservando la velocità di esecuzione, durante la fase concentrica, di un movimento (Weakly et al <sup>[30]</sup>).

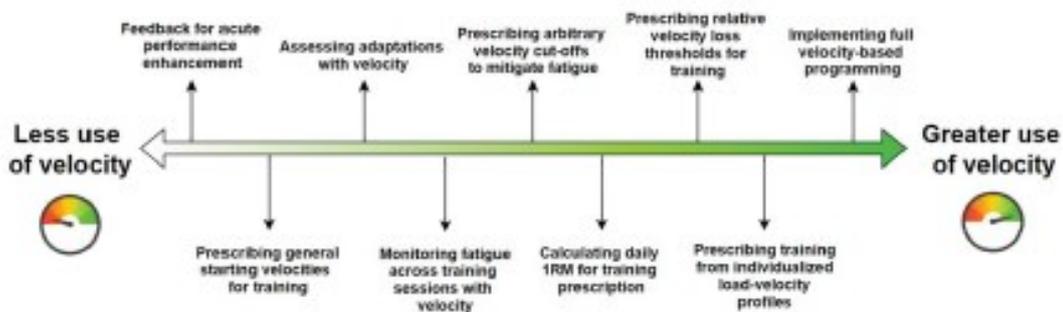


Figura 1.2.1 – Utilizzo del VBT <sup>[30]</sup>

Il secondo metodo riguarda le “perceptual measures of exertion”. Zourdos et al <sup>[34]</sup> ripresero la famosa scala di Borg e la modificarono per adattare i carichi allenanti sulla base della “readiness” percepita dall’atleta al momento di eseguire l’esercizio. “Readiness”, o prontezza, è il termine che viene utilizzato per descrivere le fluttuazioni nella performance dell’atleta sul breve termine, oppure la sua percezione riguardo a come eseguire un determinato esercizio durante una specifica seduta.

Questi metodi di autoregolazione si basano sul “Fitness Fatigue Model” (o FFM) sviluppato da Banister et al, 1975. Secondo il FFM una singola seduta di allenamento produce due effetti opposti tra loro: un primo effetto negativo sul breve termine (fatica) e un secondo effetto positivo sul medio-lungo termine (adattamento).

Dei due metodi visti, questa tesi si soffermerà in particolare sul secondo metodo, ovvero quello che quantifica lo sforzo percepito: per fare ciò vengono utilizzati due indici, il “Rated Perceived Effort”, o RPE e le “Repetition In Reserve”, o RIR.

La scala del RIR è una variante della più nota scala di Borg o RPE scale, originariamente introdotta da M. Tuchsherer nel 2008, per essere un metro di misura e adattamento più specifico al Resistance Training. Questa misura le ripetizioni che ad un soggetto, durante l’esecuzione di un esercizio contro resistenza, mancano per raggiungere il cedimento muscolare. Davies et al <sup>[7]</sup>, condussero uno dei primi studi in materia, riscontrando un’ottima risposta nell’uso del RIR, poiché i soggetti nel gruppo RIR riuscivano ad avvicinarsi di più al corretto livello di intensità scelto dagli esaminatori, rispetto al gruppo che utilizzò la scala RPE. Anche se questo studio sembrava portare molta validità alla neonata scala del RIR, in realtà ciò fu dovuto al fatto che Davies e colleghi si concentrarono sul dare dei parametri più accomodanti per il RIR piuttosto che per l’RPE, perciò, non vi era una standardizzazione vera e propria. Nel 2016, Zourdos et al <sup>[34]</sup> fusero le due scale, creando una terza misura dello sforzo percepito, dove ad ogni valore della scala RPE, corrispondeva lo stesso valore opposto della scala RIR.

La scala RIR, inoltre, può essere utilizzata per modificare il volume d'allenamento di sessione in sessione, utilizzando i "RIR stop-points", ovvero dei target di ripetizioni dal cedimento muscolare che una volta raggiunti decreteranno la fine di una serie allenante. Per esempio: ad un soggetto viene chiesto di eseguire una serie di un esercizio, con un determinato carico, dandogli come autoregolazione dieci ripetizioni a RIR 2. Se al termine della serie riterrà che avrebbe potuto eseguire almeno altre due ripetizioni, allora verranno aggiunte una o più serie con lo stesso carico, al contrario, se non fosse riuscito ad arrivare a dieci ripetizioni con almeno RIR 2, l'esercizio o la seduta si sarebbe conclusa (Helms et al <sup>[16]</sup>).

Anche in questo ambito dell'Autoregolazione, gli studi condotti sono veramente pochi, perciò, prima di confermare o meno la validità di queste metodiche, sarebbe opportuno vederle impiegate in studi che prevedano l'utilizzo di programmazioni nel medio-lungo termine.

## **Future ricerche sull'Autoregolazione**

### **Direzione delle future ricerche**

A tutt'oggi le varie metodiche di autoregolazione di un programma d'allenamento hanno ancora molto da raccontare, in particolare quali misure sono più adatte all'atleta (frequenza cardiaca a riposo, valori ematici, stress, biomarkers salivari, etc. Helms et al <sup>[17]</sup>) e come esse possono essere utilizzate per modificare e migliorare l'allenamento giorno dopo giorno. Un altro tema sul quale dovrebbero essere condotte ulteriori ricerche, sono gli strumenti utilizzati per monitorare lo stato fisico dell'atleta (Pelland et al <sup>[24]</sup>, poiché è stata riscontrata un'elevata discrepanza tra i diversi studi.

Detto ciò, adattare l'allenamento allo stato di prontezza generale giornaliera dell'atleta, dovrebbe essere un processo più costante e continuo nel tempo.

Lo scopo di questa tesi, in particolare, è stato investigare su quanta più letteratura possibile riguardante il mondo dell'Autoregolazione nel Resistance Training, in particolar modo, sull'utilizzo del RPE e del RIR come metodi di quantificazione dello sforzo percepito dal soggetto.

Per fare ciò sono stati valutati 62 articoli scientifici dalle seguenti riviste, PubMed, Google Scholar, Journal of Strength and Conditioning, NCBI e quattro articoli da fonti terze quali blog e siti inerenti all'argomento scelto, con data di pubblicazione non più antecedente al 2010. Le parole chiave utilizzate nella ricerca degli articoli sono state:

- Autoregulation;
- RPE;
- RIR;
- Resistance training;
- Strength training;
- Hypertrophy Training;

Dagli articoli che sono stati scelti inizialmente, si è andato a scartare tutti gli articoli che non erano "open access" e tutti gli articoli che includevano solo una delle parole chiave, ma che non facevano riferimento all'argomento cardine e allo scopo di questa tesi. In secondo luogo, sono stati scartati tutti gli articoli che non prendevano in causa il Resistance Training, ma contesti più sport-specifici (e.g: pallavolo, atletica leggera, etc.). Da questa selezione, sono risultati 22 articoli scientifici e quattro articoli presi da blog online, i quali sono stati ulteriormente suddivisi in sei capitoli in base all'affinità che lo studio o l'argomento dimostrava per uno dei sei capitoli. Dalla lettura di alcuni articoli, in particolare le meta-analisi, sono risultati ulteriori articoli utili ad ampliare le informazioni necessarie alla compilazione della tesi, portando l'ammontare totale a 30 articoli.

Infine sono stati considerati anche cinque libri che hanno fornito le definizioni per descrivere al meglio la terminologia tecnica utilizzata.

## **Capitolo 2 - Utilizzo dell'Autoregolazione vs utilizzo del Cedimento Muscolare nel Resistance Training**

### **Metodi per autoregolare il RT**

Come già visto nel primo capitolo, quando si parla di Autoregolazione, ci sono varie metodologie a disposizione per adattare le variabili di una seduta allenante alle condizioni fisiche e psicologiche del soggetto: un primo metodo possono essere i “Test massimali (RM)”, i quali consistono nell’andare ad eseguire un determinato numero di ripetizioni (e.g. 10) con un carico che, tra una serie e l’altra, aumenta fino a trovare il carico con il quale il soggetto andrà ad eseguire il numero di ripetizioni date, senza poter eseguire una sola ripetizione in più, a causa della fatica accumulata e dello sforzo eseguito durante quella serie. Grazie a questo tipo di test riusciamo a ricavare un dato che consiste nel massimo numero di ripetizioni che il soggetto è capace di performare, in un dato esercizio e con un determinato carico. Con questo dato si andranno a regolare le serie successive sulla base delle caratteristiche del soggetto determinate dalla sua TE e dei feedback che fornirà di seduta in seduta. Questa metodologia venne inizialmente utilizzata da T. L. DeLorme negli anni ’40, per tutte quelle persone che si trovavano in una fase riabilitativa, dopo un’operazione medico—chirurgica. In questo modo, DeLorme riuscì a far adattare settimanalmente i soggetti a protocolli di allenamento in continuo cambiamento, per quanto riguardava le variabili come volume ed intensità di lavoro.

Successivamente a DeLorme, arrivò Knight (1979) che riprese il lavoro di quest’ultimo e creò il protocollo DAPRE, dove questo acronimo sta per “Daily Adjustable Resistive Exercise”, ovvero un protocollo che monitorava e adattava l’esercizio. In seguito alla creazione del protocollo DAPRE, vennero creati altri protocolli che riprendevano il medesimo concetto e gli stessi obiettivi:

- “Flexible Non-Linear Periodized” model (FLNP, Kraemer e Fleck);
- “Fitness Fatigue Model” (FFM, Banister, 1975);
- “Rate of Perceived Exertion” (RPE, Borg, 1970);
- “Velocity Based Training” (VBT, Mann, 2015);
- “Repetitions In Reserve” (RIR, Tuchsherer, 2008).

In particolare, questa tesi si soffermerà sull’analizzare l’RPE e il RIR come indici per autoregolare l’allenamento contro resistenza (RT).

### **Che cos’è l’RPE?**

L’RPE, o Rate of Perceived Exertion, è un indice per quantificare lo sforzo di una persona nell’eguire uno sforzo, una scala che combina un valore numerico (che va da 1 a 10 o da 1 a 20) ad una descrizione a parole di quel valore numerico.

Secondo i dati riportati dal sito “borgperceptionAB” <sup>[35]</sup>, questa scala venne ideata da G. Borg negli anni '60, il quale fu proprio il pioniere nell’ambiente della "percezione dello sforzo" e ciò gli valse diversi riconoscimenti tra gli anni '60 e '80.

<b>RESISTANCE EXERCISE-SPECIFIC RATING OF PERCEIVED EXERTION</b>	
<i>Rating</i>	<i>Description of Perceived Exertion</i>
10	<i>Maximum Effort</i>
9.5	<i>No further repetitions but could increase load</i>
9	<i>1 repetition remaining</i>
8.5	<i>1-2 repetitions remaining</i>
8	<i>2 repetitions remaining</i>
7.5	<i>2-3 repetitions remaining</i>
7	<i>3 repetitions remaining</i>
5-6	<i>4-6 repetitions remaining</i>
3-4	<i>Light effort</i>
1-2	<i>Little to no effort</i>

Figura 2.1.1 – La scala di Borg “CR10” [35]

Le applicazioni di questa scala di misurazione variano in molteplici campi: partendo dall'autovalutazione di sintomi somatici fino a diversi tipi di valutazione delle percezioni o emozioni.

Insieme alla figlia, E. Borg, hanno sviluppato la "The CR100 scale" (o "Centimax"), una scala composta da punteggi che vanno da 1 a 100 per valutare in maniera ancora più specifica i sintomi e gli sforzi percepiti.

La scala di Borg ed il suo utilizzo è stata riconosciuta come uno strumento fondamentale da diverse società, e.g. The American College of Sports Medicine e diverse società europee.

Secondo Wanderson et al [26], per valutare e quantificare il RT, viene utilizzato l'RPE, in quanto ci può fornire una stima molto precisa sulla percezione dello sforzo, da parte di un soggetto, nell'esecuzione di un esercizio o di un intero protocollo allenante (in quest'ultimo caso si parla di "session Rate of Perceived Exertion", sRPE).

Un esempio semplice ma molto pratico può essere quello di chiedere ad un soggetto di eseguire dieci ripetizioni di Back Squat con un determinato

carico, per poi chiedere a quest'ultimo di quantificare lo sforzo che è stato richiesto per completare quelle dieci ripetizioni. Sulla base della scala RPE che andremmo ad utilizzare, potremmo valutare lo sforzo in un range che va da 0 (che corrisponderà ad una fatica pressoché inesistente) a 10 (una fatica talmente elevata che il soggetto non avrebbe potuto completare un'altra ripetizione). Oltre alla classica misurazione, può essere utilizzata una scala che va da 0 a 20, per avere un range di precisione maggiore, poiché una persona potrebbe trovarsi tra un RPE 7 e un RPE 8 di fatica percepita, utilizzando una via di mezzo come un RPE 7.5, che in questa scala alternativa assumerà un valore pari a 15 su 20.

Da questo fatto possiamo evincere come una scala che presenta più valori, alle volte, possa essere più adatta di una scala che ne presenta meno. D'altra parte, avere una scala che possiede troppi valori, come la scala "Centimax", per valutare lo sforzo nell'ambito del RT, potrebbe essere abbastanza confusionario, in quanto disporremmo di troppi valori numerici ai quali assegnare una risposta verbale e, inoltre, troppi gradi di variabilità.

Per valutare correttamente il RT negli studi analizzati (Helms et al <sup>[15]</sup>) è stata utilizzata la classica "Borg RPE scale", che va da 0 a 10, in quanto la variante da venti punti è nata con lo scopo di quantificare lo sforzo in protocolli d'allenamento di tipo aerobico (Greig et al <sup>[11]</sup>).

Quando si utilizza la scala del RPE i vantaggi di cui si può beneficiare sono (Helms et al <sup>[15]</sup>, Zourdos et al <sup>[34]</sup>):

1. Una misura che quantifica lo sforzo percepito, che può aiutarci ad autoregolare l'allenamento nelle varie sedute o a valutare la difficoltà di un'alzata, e.g. un "top set" ovvero una serie che si distingue dalle altre serie dello stesso esercizio per l'utilizzo di un carico e/o un livello di fatica che eccedono la media di carico e/o sforzo previsti per quell'esercizio per quella seduta d'allenamento;

2. Metodologia di autoregolazione altamente disponibile e, soprattutto, gratuita a differenza di altre metodologie (e.g. VBT) che necessitano una particolare attrezzatura, non sempre alla portata di tutti, per poter essere applicate;
3. A fini agonistici, utile per gestire i periodi pre- e post-competizione (e.g. settimana di peaking), i quali spesso sono caratterizzati da stress psico-fisici elevati, evitando che l'atleta entri in fasi di overtraining e di OTS. Nel post-competizione, invece, può essere utile per far recuperare l'atleta in una settimana di tapering per migliorare la transizione tra un macrociclo di allenamento e quello successivo.

Per quanto riguarda gli svantaggi dell'RPE, bisogna aspettarsi:

1. Metodologia che può richiedere del tempo per essere compresa, poiché riuscire ad esprimere il vero valore nella scala dello sforzo percepito non è un compito semplice, perciò sarà una metodologia meno indicata (ma non per questo non efficace) per soggetti o atleti principianti e/o poco familiari col RT;
2. Metodologia che richiede molta attenzione e sistematicità con i dati che vengono registrati di sessione in sessione. Il soggetto, dunque, sarà "vincolato" a questa sistematicità.

### **Che cos'è il RIR?**

RIR è un acronimo che sta per "Repetitions In Reserve" ed è un indice che fu introdotto qualche anno fa da un famoso powerlifter americano, Michael Tuchscherer. Nel 2006 sviluppò il "Reactive Training System", una metodologia di allenamento che viene descritta all'interno del libro "Reactive Training Manual", pubblicato nel 2008. In questo libro

Tuchscherer spiega come questa metodologia possa adattare il programma di allenamento, nel modo più specifico possibile, all'atleta avanzato, il quale necessita di stimoli elevati e, perciò, non può progredire in tutti gli aspetti delle alzate da competizione.

In particolare, Tuchscherer parla del RIR all'interno del secondo capitolo, dove vengono introdotti gli indici per autoregolare un programma di allenamento: questo indice prende spunto dalla famosa "Borg RPE scale"<sup>[35]</sup>, poiché in quest'ultima l'intensità viene valutata in una scala da 1 a 10 e mano a mano che ci si avvicina al 10, l'intensità della serie allenante raggiungerà il suo picco massimale. Al contrario, il RIR misura la fatica sulla base del numero di ripetizioni dal cedimento muscolare (MF), che l'atleta riporta al termine della serie allenante: più si andrà verso lo "zero" (0 RIR) e più la serie si potrà definire "massimale".

Da ciò, inoltre, si evince come l'RPE e il RIR, in realtà, siano due facce della stessa medaglia, poiché ad un valore di una scala corrisponde l'esatto valore opposto dell'altra (e.g. RPE 4 = RIR 6, RPE 8 = RIR 2, etc...).

RPE	RIR	nRM*
10	0	100%
9	1	95%
8	2	92%
7	3	89%
6	4	86%
5	5	83%
<b>*Variabile in base al soggetto</b>		

Figura 2.1.2 – La scala del RIR [37]

Per approfondire meglio questo argomento, Zourdos et al [34] investigarono meglio il RIR e, confrontandolo con l’RPE trovarono i punti di forza e di debolezza di entrambi i sistemi e crearono la “RIE-based RPE scale”. Questa scala di misurazione dello sforzo fornisce un indice di valutazione dell’intensità della serie allenante sulla base delle ripetizioni che mancano dal cedimento muscolare e le traduce nel valore corrispondente del RPE.

Metodologia	Misurazione	Vantaggi	Svantaggi
RPE	Scala da 0 a 10 (CR 10) Scala da 6 a 20	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quantificazione dello sforzo percepito;</li> <li>- Metodologia altamente disponibile e gratuita;</li> <li>- Autoregolazione delle varie fasi di una periodizzazione d’allenamento con fini agonistici e non;</li> <li>- Prevenzione di infortuni o adattamenti sfavorevoli all’obiettivo della programmazione.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Minore è la TE e maggiore sarà la pratica richiesta per apprenderla;</li> <li>- Sistematicità e precisione nel fornire i dati per modulare correttamente i carichi allenanti.</li> </ul>
RIR	Scala da 10 a 0 (inversamente proporzionale alla CR10)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stima ancora più specifica del RPE;</li> <li>- Utilizzo molto affine a tutte le discipline dove il target di ripetizioni è basso (e.g. 3RM, 8RM);</li> <li>- Metodologia altamente disponibile e gratuita;</li> <li>- Autoregolazione delle varie fasi di una periodizzazione d’allenamento con fini agonistici e non;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Minore è la TE e maggiore sarà la pratica richiesta per apprenderla;</li> <li>- Sistematicità e precisione nel fornire i dati per modulare correttamente i carichi allenanti;</li> <li>- Inadatta per lavori senza un conteggio delle ripetizioni, per lavori a medio-alte ripetizioni (&gt;10), per lavori con tempi di recupero incompleti.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prevenzione di infortuni o adattamenti sfavorevoli all'obiettivo della programmazione.</li> </ul>	
<b>RIR-based RPE</b>	Scala da 0 a 10 basata sulla correlazione inversa col RIR (da 10 a 0)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizzo combinato di RPE e RIR che fornisce un dato ancora più oggettivo;</li> <li>- Utilizzo molto affine in tutte le discipline dove il target di ripetizioni è basso (e.g. 3RM, 8RM);</li> <li>- Metodologia altamente disponibile e gratuita;</li> <li>- Autoregolazione delle varie fasi di una periodizzazione d'allenamento con fini agonistici e non;</li> <li>- Prevenzione di infortuni o adattamenti sfavorevoli all'obiettivo della programmazione.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Minore è la TE e maggiore sarà la pratica richiesta per apprenderla;</li> <li>- Sistematicità e precisione nel fornire i dati per modulare correttamente i carichi allenanti;</li> <li>- Inadatta per lavori senza un conteggio delle ripetizioni, per lavori a medio-alte ripetizioni (&gt;10), per lavori con tempi di recupero incompleti.</li> </ul>

Figura 2.1.3 –Vantaggi e svantaggi di RPE, RIR e RIR-based RPE <sup>[15]</sup>

Dunque, a che cosa serve combinare questi due indici? Sicuramente si otterrà una scala ancora più accurata (Zourdos et al <sup>[34]</sup>) che può fornirci un risultato ancora più oggettivo, rispetto al risultato che otterremmo nell'utilizzare questi due indici separatamente poiché si è visto, nel paragrafo precedente, come l'RPE abbia molti vantaggi significativi nel suo utilizzo, ma anche alcuni svantaggi. La presenza del RIR va a ridurre la probabilità di un risultato poco attendibile, tuttavia neanche il RIR è un indice infallibile.

I vantaggi nell'utilizzare la metodologia del RIR possono essere:

1. Stima più specifica della prossimità al cedimento muscolare (MF) rispetto al RPE, in quanto meno soggettivo e perché stimare l'intensità attraverso le ripetizioni è più oggettivo che stimarla semplicemente attraverso un dato numerico;
2. L'utilizzo di questa metodologia è molto affine a tutti gli sport di forza/potenza dove si va a sollevare un carico per una ripetizione (1RM) o per poche ripetizioni (e.g. 3RM, 6RM);
3. Come nel caso del RPE, questa è una metodologia di autoregolazione altamente disponibile e, soprattutto, gratuita a

differenza di altre metodologie (e.g. VBT) che necessitano una particolare attrezzatura, non sempre alla portata di tutti, per poter essere applicate;

4. Si adatta molto facilmente al tipo di lavoro che si va ad eseguire, poiché la stima dell'intensità sarà sempre correlata a quante ripetizioni l'atleta percepisce che mancano al raggiungimento del MF.

D'altra parte, i possibili svantaggi nell'utilizzo del RIR sono:

1. Come nel caso del RPE, anche il RIR è una metodologia che richiede del tempo per essere compresa, poiché riuscire ad esprimere il vero valore nella scala dello sforzo percepito, non è un compito semplice e richiede esperienza nel campo del RT, perciò sarà una metodologia meno indicata (ma non per questo non efficace) per soggetti o atleti principianti e/o poco familiari col RT;
2. Metodologia che richiede molta attenzione e sistematicità con i dati che vengono registrati di sessione in sessione. Il soggetto, dunque, sarà "vincolato" a questa sistematicità;
3. Metodologia strettamente correlata agli sport di forza/potenza come il Powerlifting e, a causa di ciò, è sconsigliato utilizzarla in serie allenanti che prevedono:
  - a. Nessun conteggio delle ripetizioni (e.g. lavori a tempo)
  - b. Più ripetizioni si vanno ad eseguire e più sarà difficile determinarne il RIR (a meno che non sia una serie che porta al MF)
  - c. Se i tempi di recupero sono prestabiliti, nel caso in cui fossero troppo corti e il riposo troppo incompleto, la fatica accumulata non permetterebbe di esprimere il vero valore associato al RIR dato. Mano a mano che le percentuali di carico cresceranno, così dovrà fare anche il tempo di recupero.

## **Allenamento della Forza (1RM): AR vs MF**

Quando si parla di “Allenamento della Forza Massimale” si fa riferimento a tutti quei protocolli, metodologie e programmi che prevedono, alla fine di un determinato lasso di tempo, l’aumento della capacità del sistema neuro-muscolare di esprimere forza per vincere una resistenza determinata da un carico massimale, di solito, identificato con il termine “One Repetition Maximum” o “1RM”.

La Forza è una delle capacità condizionali che l’essere umano possiede e viene descritta come la capacità del nostro sistema nervoso e muscolo-scheletrico di opporsi ad una resistenza ed eventualmente vincerla, attraverso la produzione di tensione muscolare (Weineck, “L’allenamento Ottimale” [4]). La capacità di produrre forza, dunque, non è sempre descritta in maniera “positiva”, ovvero, solo quando riusciamo a vincere un determinato carico, muovendolo da un punto di partenza ad un punto di arrivo attraverso quella che viene chiamata “fase concentrica” del movimento, vale a dire la fase nella quale il muscolo produce forza accorciandosi.

La Forza può essere prodotta dai nostri muscoli mediante altre due modalità: nella prima i muscoli produrranno forza mantenendo la propria lunghezza invariata e questo tipo di contrazione viene definito come “contrazione isometrica”. Durante questa fase, secondo il libro di J. Weineck “L’Allenamento Ottimale” [4], i muscoli riescono a produrre in media dal 10% al 20% di forza in più rispetto ad una contrazione di tipo concentrica.

La terza modalità con la quale i nostri muscoli possono produrre forza è attraverso l’allungamento del muscolo stesso, per opporsi al carico, fino a raggiungere il grado massimo di allungamento fisiologico. Questo tipo di

movimento è detto “fase eccentrica” e, sempre secondo J. Weineck <sup>[4]</sup>, questa fase produce in media il 45% di forza in più rispetto ad una contrazione di tipo isometrico.

A. Hill, nel 1933, studiò la relazione tra forza espressa e velocità di contrazione, creando il famoso “grafico di Hill” che vede la correlazione tra forza e velocità come un rapporto inversamente proporzionale, poiché all’aumentare della velocità la capacità di esprimere forza diminuisce. Grazie a questo grafico, vengono riassunte in maniera molto esaustiva i tre tipi di contrazione appena discussi e tutti i diversi tipi di contrazione concentrica sulla base della velocità esercitata per far contrarre il muscolo.

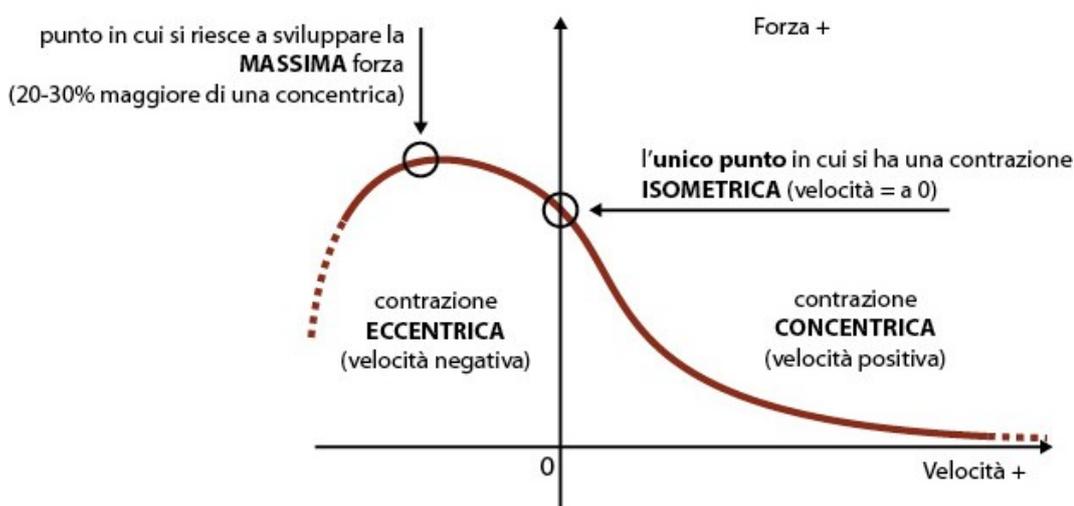


Figura 2.2.1 – Il grafico “forza-velocità” di Hill <sup>[42]</sup>

Infine, la forza muscolare è determinata anche da altri fattori che eccedono il tipo di contrazione, ovvero:

- Fattori fisiologici ed anatomici:
  - Physiological Cross-Sectional Area e Cross-Sectional Area, dette anche l’area di sezione trasversale anatomica e fisiologica di un muscolo (PCSA e CSA);
  - Angolo di pennazione del muscolo;
  - Angolo articolare;

- Lunghezza muscolare.
- Fattori neurologici:
  - Controllo neuro-muscolare, reclutamento delle Unità Motorie (UM);
  - RFD, Rate of Force Development;
  - Velocità di contrazione muscolare.

Dunque, per migliorare la forza massimale, dovremmo essere capaci di migliorare, innanzitutto, queste componenti: dall'anatomia muscolare, al tipo di contrazione e della capacità di reclutamento delle unità motorie per generare quanta più forza per opporsi ad una resistenza.

Gli articoli presi in analisi per questo capitolo riguardano gli effetti sull'aumento della forza massimale (1RM) utilizzando protocolli in autoregolazione (AR) e di protocolli a cedimento muscolare (MF) e mettendoli a confronto.

Per fare ciò, sono stati selezionati otto articoli su trenta, cinque articoli e tre systematic review con meta-analisi, che utilizzavano come stile di allenamento il resistance training (RT), ovvero allenamento contro resistenza utilizzando sovraccarichi e che prevedevano il confronto tra un protocollo in AR, dove generalmente veniva dato un valore di RPE o RIR entro il quale i soggetti dovevano attenersi e un protocollo che portava al MF, dove veniva chiesto ai soggetti di eseguire, durante le serie a carico costante, il maggior numero possibile di ripetizioni possibile.

Generalmente, questi protocolli sono durati da un minimo di 6 settimane (Vieira et al <sup>[29]</sup>) ad un massimo di 14 settimane (Grgic et al <sup>[12]</sup>).

I soggetti che sono stati valutati in questi articoli sono molto eterogenei, poiché in questi test si può notare l'intervallarsi di persone con età, sesso ed esperienza nel campo del RT (training experience, TE) diversi, perciò, anche per rispecchiare quello che è l'obiettivo di questa tesi, i soggetti sono stati suddivisi in tre categorie in base al parametro che ha influenzato maggiormente i risultati di questi test, ovvero la training

experience. Per creare dei gruppi sono state utilizzate le linee guida dell'“American College of Sport Medicine” (ASCM) aggiornate al 2009, poiché non sono state trovate versioni aggiornate. Le classi che si sono andate a creare sono:

- Principianti, o “Beginners”, ovvero quei soggetti i quali non possiedono alcuna esperienza nell'allenamento contro resistenza, caratterizzati da una “training experience” (TE) inferiore ai sei mesi o nulla. Tra i principianti sono compresi anche quei soggetti che hanno cessato l'attività fisica per diversi anni e hanno perso, anche se momentaneamente, la lor TE. In questo caso si parlerà di soggetti “deallenati” o “decondizionati”;
- Intermedi, o “Intermediate”, ovvero quei soggetti che possiedono una TE compresa tra i sei mesi e i due anni e avranno caratteristiche in comune sia coi principianti che con gli avanzati;
- Avanzati, o “Advanced”, sono quei soggetti che hanno riportato un background notevole in sala pesi e che possiedono una TE di due o più anni, con sedute in sala pesi sistematiche e almeno due volte a settimana. Nello specifico verrà visto che la maggior parte di loro sono Powerlifters, soggetti che si allenano con lo scopo specifico di migliorare il carico massimale (1RM).

Prima di iniziare con i test, in alcuni di questi articoli (Gonzàles-Hernàndez et al <sup>[9]</sup>, Graham et al <sup>[10]</sup>) si è visto come gli sperimentatori abbiano pianificato delle sedute di adattamento, o “familiarization sessions”, in cui venivano fatti provare gli esercizi, con volumi (serie moltiplicate per ripetizioni e carico) tali da non produrre affaticamento prima delle sedute di test vere e proprie, che sarebbero stati somministrati nelle giornate di test in modo tale da ridurre i bias dovuti alla poca familiarità con i gesti richiesti. Queste sedute di adattamento possono essere molto utili nel caso si vadano ad analizzare dei soggetti principianti o che non hanno confidenza con gli esercizi previsti dai test, in modo da consolidare uno

schema motorio corretto e ottenere un risultato quando più oggettivo alla fine dello studio.

Durante l'esecuzione dei test l'esercizio che veniva più utilizzato per osservare l'effetto dei due protocolli è stato il Back Squat con bilanciere ed al Multipower per la misurazione degli arti inferiori. I parametri di esecuzione dello Squat prevedevano in alcuni casi che il femore arrivasse ad essere parallelo a terra, mentre in altri casi, veniva eseguito un "full Squat" chiedendo ai soggetti di superare il parallelo nella fase eccentrica fino a dove si sentivano in grado di arrivare. Tuttavia, non è stato preso in considerazione solo questo movimento durante i test per gli arti inferiori, bensì anche la variante Front Squat con bilanciere (Graham et al <sup>[10]</sup>), mentre per i muscoli della parte superiore è stato spesso utilizzato il Bench Press (Grgic et al <sup>[12]</sup>). Infine, sono stati eseguiti anche test generali utilizzando movimenti definiti come "azioni ad alta intensità" (High Intensity Actions o HIAs, J. Arede et al <sup>[5]</sup>), ovvero sprint, corsa e "cutting", termine con i quali vengono identificati i cambi improvvisi di direzione.

I risultati ottenuti da questi protocolli non hanno evidenziato differenze significative nell'aumento della forza massimale (1RM) tra i soggetti sottoposti ai protocolli in AR e i soggetti sottoposti ai protocolli che portavano al MF, anche se, in minima parte, i risultati favorivano i gruppi AR. I soggetti di questi gruppi (Arede et al <sup>[5]</sup>, Graham et al <sup>[10]</sup>, Grgic et al <sup>[12]</sup>), non dovendo portare le serie al cedimento muscolare, hanno potuto eseguire più set il che si è tradotto in un maggior guadagno di forza massimale, data la correlazione dose-risposta tra una corretta dose di volume allenante e la risposta nell'aumento della forza massimale (Helms et al <sup>[15]</sup>).

Pre-test and post-test squat scores.			
	Pre-test	Post-test	Standardized difference
Front squat			
Fixed loading	111.3 ± 19.6 (99.5–123.1)	120.6 ± 18.3* (109.1–132.0)	+0.48
Autoregulated	120.7 ± 26.3 (108.5–132.9)	134.8 ± 26.1* (123.0–146.6)	+0.53†
Back squat			
Fixed loading	129.1 ± 21.3 (116.0–142.1)	138.2 ± 19.5* (125.4–151.0)	+0.44
Autoregulated	141.2 ± 29.4 (127.7–154.7)	156.4 ± 29.8* (143.3–169.7)	+0.51†

\*Post-test score is significantly greater than the pre-test score ( $p < 0.05$ ).

†increase in the squat score for the autoregulated group is significantly greater than that in the fixed loading group ( $p < 0.05$ ).

Figura 2.3.1 – Risultati dello studio di Graham et al <sup>[10]</sup>

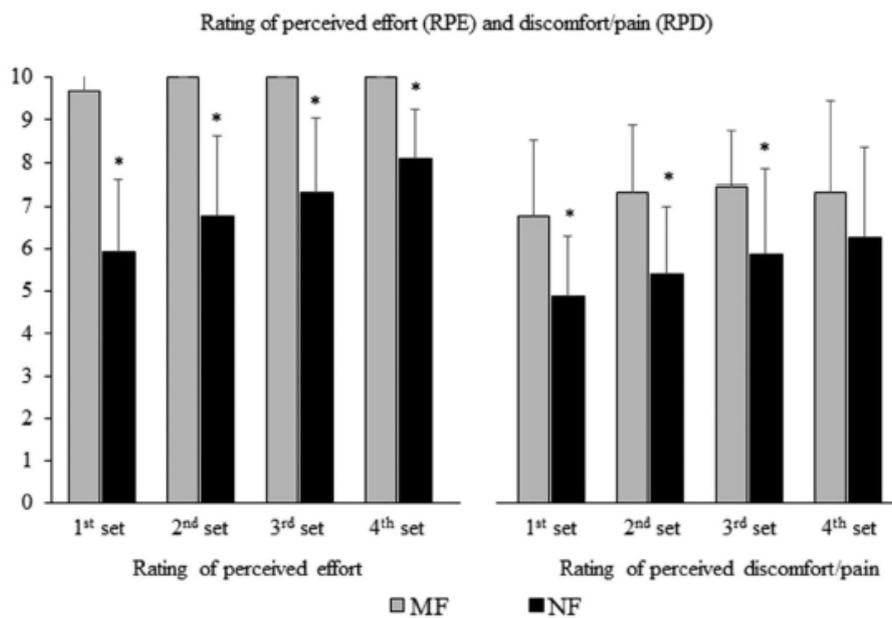
Altrimenti, negli studi che hanno standardizzato il volume per entrambe le parti, si è visto come nei protocolli AR i soggetti accumulassero molta meno fatica e ciò si traduceva in uno stato di riposo e readiness del soggetto maggiori, tra una seduta e l'altra (Grgic et al <sup>[12]</sup>).

A prova di quanto appena riportato intervengono due studi: uno studio di Gonzàles-Hernàndez et al <sup>[9]</sup> e uno studio di Wanderson et al <sup>[26]</sup>. Nello studio di Wanderson et al vennero analizzati la fatica e il livello di discomfort percepiti dai soggetti sottoposti ad un protocollo AR o ad un protocollo MF, tenendo conto del volume totale, che era simile tra i due gruppi.

I soggetti dovevano eseguire il Back Squat arrivando al parallelo e risalendo col massimo intento di accelerare la fase concentrica, per poi quantificare il valore dell'intensità percepita durante la serie attraverso tre indici:

1. Rate of Perceived Exertion, RPE
2. Rate of Perceived Discomfort; RPD
3. Rate of Perceived Exertion da una sessione all'altra, sRPE

I risultati furono abbastanza simili, in termini di ripetizioni, tra i gruppi AR e MF, mentre il primo gruppo ha riportato valori migliori del secondo in termini di minor perdita di velocità durante la serie, di maggior attivazione neuronale volontaria e di minor fatica e discomfort percepiti durante le serie e tra una seduta e l'altra.



*Figura 2.3.2 – Risultati dello studio di Wanderson et al, 2021 [26]*

Nello studio condotto da J. M. Gonzàles-Hernàndez et al [9], invece, si andarono ad indagare gli effetti dei protocolli AR e MF sui biomarkers di affaticamento meccanico, neuromuscolare e biochimico, sia nell'acuto che nel cronico. I risultati di questo studio furono che il protocollo MF indusse dei valori di fatica periferica maggiori rispetto al protocollo AR, il che comportò minore attivazione volontaria e velocità nell'eseguire movimenti volontari fino a 48 ore successive al test e, ovviamente, il protocollo MF ha riportato dei markers di danno muscolare più elevati rispetto al protocollo AR.

Variables	Protocol	TIME points										ANOVA			
		Pre	Set 1	Set 2	Set 3	Set 4	Set 5	Set 6	Post_1h	Post_24h	Post_48h	Protocol	Time	Protocol*Time	
Mechanical	MW (m·s <sup>-1</sup> )	Nont failure	—	0.72 ± 0.06	0.73 ± 0.05	0.73 ± 0.05	0.69 ± 0.03	0.68 ± 0.06	0.69 ± 0.07	—	—	—	F = 15.2; p = 0.002	F = 7.3; p = 0.002	F = 4.2; p = 0.018
		Failure	—	0.73 ± 0.08	0.69 ± 0.07	0.69 ± 0.09	0.66 ± 0.10	0.60 ± 0.12‡	0.57 ± 0.10‡‡	—	—	—			
Neuromuscular	MVC (N)	Nont failure	617 ± 118	547 ± 118	525 ± 104‡	493 ± 100‡	476 ± 111‡	489 ± 101‡	470 ± 106‡	510 ± 111‡	522 ± 101‡	547 ± 74	F = 3.9; p = 0.075	F = 14.9; p < 0.001	F = 0.4; p = 0.948
		Failure	604 ± 128	526 ± 137	490 ± 132‡	476 ± 129‡	435 ± 131‡	444 ± 118‡	431 ± 115‡	464 ± 118‡	491 ± 108‡	508 ± 135	F = 17.9; p = 0.001	F = 28.4; p < 0.001	F = 2.2; p = 0.028
Db100Hz (N)	Db10Hz (N)	Nont failure	281 ± 45	234 ± 32‡	233 ± 30‡	222 ± 30‡	221 ± 32‡	215 ± 30‡	207 ± 26‡	230 ± 31‡	246 ± 35	267 ± 23	F = 17.9; p = 0.001	F = 28.4; p < 0.001	F = 2.2; p = 0.028
		Failure	262 ± 47	230 ± 30‡	219 ± 30‡	205 ± 38‡‡	191 ± 34‡‡	189 ± 28‡‡	188 ± 36‡‡	229 ± 39‡	246 ± 41	258 ± 40	F = 21.1; p = 0.001	F = 78.2; p < 0.001	F = 3.7; p = 0.031
Tw (N)	10:100 (%)	Nont failure	258 ± 36	189 ± 36‡	181 ± 32‡	171 ± 31‡	166 ± 31‡	158 ± 34‡	151 ± 31‡	186 ± 34‡	218 ± 47	255 ± 34	F = 21.1; p = 0.001	F = 78.2; p < 0.001	F = 3.7; p = 0.031
		Failure	263 ± 46	187 ± 39‡	171 ± 38‡	146 ± 36‡‡	130 ± 31‡‡	125 ± 29‡‡	119 ± 31‡‡	169 ± 39‡	209 ± 41	238 ± 47	F = 3.5; p = 0.090	F = 34.5; p < 0.001	F = 3.1; p = 0.041
VA (%)	10:100 (%)	Nont failure	191 ± 37	150 ± 34‡	149 ± 30‡	142 ± 29‡	141 ± 32‡	137 ± 29‡	128 ± 28‡	151 ± 34‡	165 ± 37	190 ± 27	F = 3.5; p = 0.090	F = 34.5; p < 0.001	F = 3.1; p = 0.041
		Failure	207 ± 44	149 ± 25‡	140 ± 23‡	135 ± 34‡	117 ± 26‡‡	115 ± 28‡‡	110 ± 29‡‡	148 ± 37‡	167 ± 32	183 ± 38	F = 10.2; p = 0.009	F = 42.7; p < 0.001	F = 2.4; p = 0.016
Biochemical	CK (U·L <sup>-1</sup> )	Nont failure	94.0 ± 8.8	81.7 ± 8.5‡	78.2 ± 9.1‡	71.5 ± 7.6‡‡	68.4 ± 7.4‡‡	66.4 ± 7.2‡‡	62.9 ± 5.7‡‡	73.7 ± 6.7‡	86.0 ± 9.8	92.6 ± 7.6	F < 0.1; p = 0.963	F = 7.8; p < 0.001	F = 0.4; p = 0.925
		Failure	92.4 ± 5.0	85.0 ± 10.4‡	85.3 ± 8.0‡	82.8 ± 10.9‡	81.5 ± 10.9‡	84.9 ± 9.0‡	81.8 ± 11.6‡	86.5 ± 7.8‡	88.1 ± 6.6‡	85.4 ± 8.9‡	F < 0.1; p = 0.963	F = 7.8; p < 0.001	F = 0.4; p = 0.925
AST (U·L <sup>-1</sup> )	AST (U·L <sup>-1</sup> )	Nont failure	93.2 ± 7.9	87.2 ± 12.1‡	83.4 ± 14.3‡	83.7 ± 12.1‡	79.8 ± 13.4‡	83.4 ± 10.1‡	83.7 ± 9.7‡	87.2 ± 5.9‡	86.7 ± 9.0‡	86.4 ± 10.2‡	F = 1.0; p = 0.338	F = 9.7; p = 0.003	F = 0.6; p = 0.503
		Failure	224 ± 155	—	—	—	—	—	—	314 ± 184‡	532 ± 261‡	387 ± 175‡	F = 0.4; p = 0.844	F = 8.3; p < 0.001	F = 4.0; p = 0.015
AST (U·L <sup>-1</sup> )	AST (U·L <sup>-1</sup> )	Nont failure	30.0 ± 14.9	—	—	—	—	—	—	33.1 ± 16.1‡	33.4 ± 12.2	30.8 ± 6.3	F = 0.4; p = 0.844	F = 8.3; p < 0.001	F = 4.0; p = 0.015
		Failure	28.1 ± 15.5	—	—	—	—	—	—	31.4 ± 17.7‡	38.0 ± 17.9‡	34.7 ± 16.4‡	F = 0.4; p = 0.844	F = 8.3; p < 0.001	F = 4.0; p = 0.015

\*MW = mean velocity; MVC = maximal voluntary contraction; Db100Hz = potentiated doublet evoked at 100 Hz; Db10Hz = potentiated doublet evoked at 10 Hz; Tw = single twitch; VA = voluntary activation; CK = creatine kinase; AST = aspartate aminotransferase.  
‡Significant differences compared with Pre values.  
‡‡Significant differences compared with the nonfailure protocol. Data depicted as mean ± SD.

Figura 2.3.2 – Risultati dello studio di Gonzàles-Hernàndez et al [9]

Detto ciò, in quanto all’allenamento per migliorare la forza massimale (1RM) di un soggetto, è stato visto come non sia necessario andare a cedimento muscolare, poiché si rischierebbe di accumulare molta fatica e che ciò si traduca in effetti collaterali di minor entità, come la scarsa readiness e l’incapacità di performare come si vorrebbe nella seduta successiva, o di maggior entità come un infortunio in allenamento.

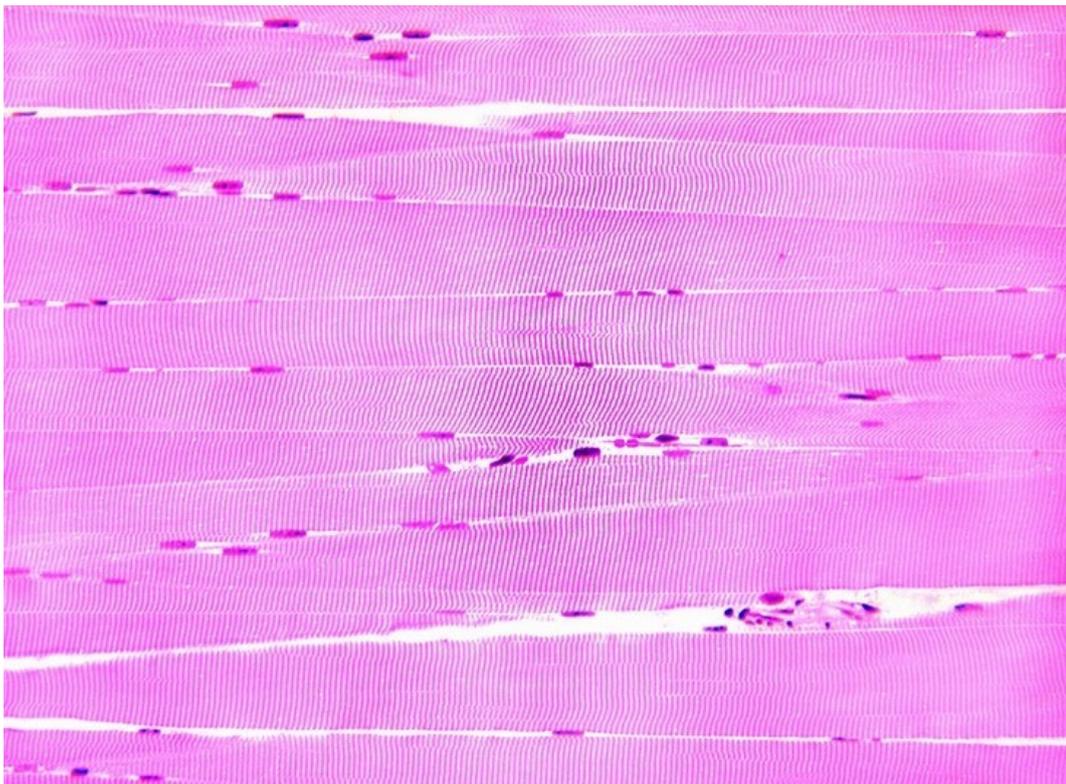
### Allenamento dell’ipertrofia muscolare: AR vs MF

Quando si parla di allenamento per massimizzare l’ipertrofia muscolare bisogna, innanzitutto, tenere in considerazione dei termini chiave che ci possono aiutare a capire meglio il tipo di lavoro che si va ad intraprendere: in primo luogo, si deve specificare che il fenomeno che prende il nome di “Ipertrofia” è un termine con il quale viene identificato l’aumento di volume di un tessuto o di un organo, consecutivo all’aumento degli elementi cellulari che li costituiscono, ma senza modificare in maniera apprezzabile la struttura degli stessi (Sherwood, “Fondamenti di Fisiologia Umana” [3]). Detto ciò, questa è una definizione molto generica e che sottintende un

fenomeno che nel nostro organismo avviene su vasta scala, andando a coprire una grande variabilità di cellule, tessuti e organi. L'apparato muscolare è il complesso di organi più vasto del nostro organismo, poiché la massa muscolare, in media, costituisce circa la metà del peso corporeo di una persona adulta in condizioni di salute.

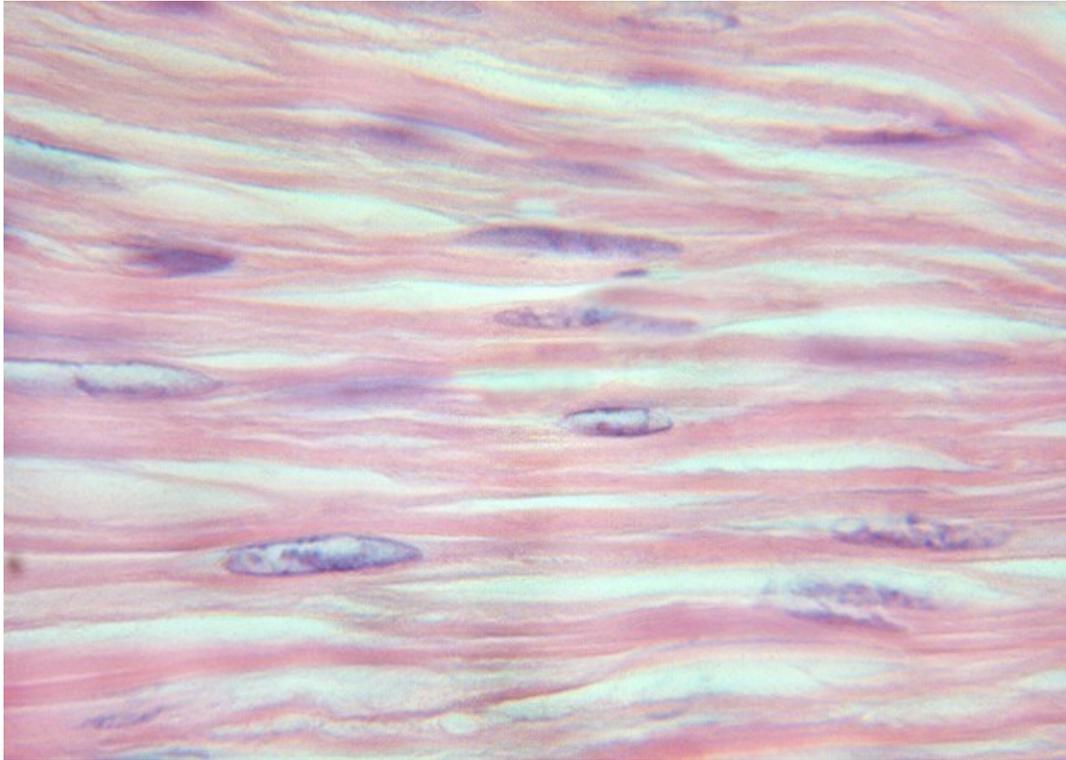
I muscoli, però, non assolvono ad una sola funzione e proprio per questa ragione, sono stati suddivisi in tre grandi gruppi sulla base della loro funzione, attivazione volontaria o involontaria e caratteristiche anatomiche:

- Muscoli striati, chiamati in questo modo per le striature osservabili a microscopio e la capacità di essere attivati volontariamente dal soggetto. Possiedono, inoltre, la caratteristica di muovere lo scheletro e quindi di creare il movimento in sé, attaccandosi alle ossa tramite una giunzione tendinea;



*Figura 2.4.1 – Muscolo scheletrico striato al microscopio [38]*

- Muscoli lisci, chiamati in questo modo per l'assenza delle striature che caratterizzano i muscoli volontari. Sono muscoli che rivestono le pareti dei vasi e degli organi e la loro attivazione è involontaria, per permettere il continuo svolgimento della loro attività;



*Figura 2.4.2 – Muscolo liscio al microscopio [38]*

- Muscolo misto, detto anche muscolo cardiaco, è l'unico muscolo di tipo misto presente nel nostro corpo. La caratteristica che gli conferisce questo nome è il fatto che a microscopio possiede la stessa struttura striata dei muscoli volontari, però possiede un'attivazione involontaria come i muscoli lisci.



*Figura 2.4.3 – Muscolo cardiaco al microscopio [38]*

Nello specifico, dunque, l'obiettivo di questa tesi è anche valutare il fenomeno dell'ipertrofia che avviene a carico dell'apparato muscolo-scheletrico, in risposta ad uno stimolo allenante, confrontando gli effetti delle metodologie in AR, a FL o che ricercano il MF.

Prima di parlare di ipertrofia, occorre ricordare la complessità dell'organizzazione interna del muscolo scheletrico: il muscolo intero è definito un organo, ovvero un insieme di tessuti, i quali sono formati da un numero elevato di cellule, le fibre muscolari, disposte parallelamente le une alle altre e tenute insieme da tessuto connettivo. Una fibra muscolare contiene numerose Miofibrille, elementi contrattili che costituiscono l'80% del volume della fibra muscolare. A loro volta, le miofibrille sono formate da una regolare disposizione di elementi citoscheletrici altamente organizzati, i filamenti spessi (costituiti dalla proteina Miosina) e i filamenti sottili (principalmente costituiti dalla proteina Actina).

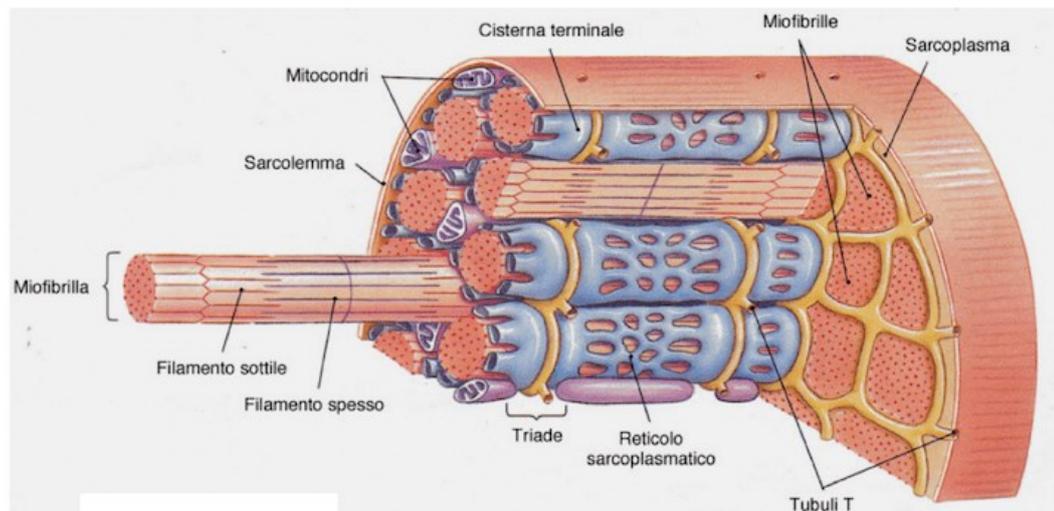


Figura 2.4.4 – Struttura di una miofibrilla [39]

Secondo il libro di Schoenfeld, “Science and Development of Muscle Hypertrophy” (2020), l’ipertrofia del muscolo scheletrico è definita come un aumento del volume del tessuto muscolare: durante questo processo, gli elementi contrattili del muscolo aumentano le loro dimensioni e la matrice extracellulare si espande per supportare tutto ciò. Vengono aggiunti sarcomeri e aumenta il volume degli elementi non-contrattili e del liquido sarcoplasmatico, aumentando anche l’attività delle cellule satelliti (SC). In quanto all’aggiunta dei sarcomeri, essi vengono disposti in parallelo quando, attraverso una sollecitazione meccanica adeguata, la struttura delle miofibrille e la matrice extracellulare vengono alterate e ciò porta ad una cascata di segnali intracellulari che, in un ambiente favorevole all’anabolismo muscolare, porta all’aumento del volume e del numero degli elementi contrattili e strutturali del muscolo.

Nel caso opposto, i sarcomeri vengono aggiunti in serie come risultato della risposta a una lunghezza che eccede quella fisiologica del muscolo. Studi condotti sia sugli umani che su animali hanno dimostrato come, immobilizzando gli arti in una posizione che favoriva l’allungamento di un distretto muscolare, portava ad un’aggiunta di sarcomeri in serie; nel caso opposto, immobilizzando gli arti in una posizione di allungamento

incompleto, si è visto come ciò andava a ridurre il numero di sarcomeri in serie. Nonostante ciò, il fattore primario per causare ipertrofia attraverso il RT è quello di porre nuovi sarcomeri in parallelo.

Gli articoli presi in analisi per questo capitolo riguardano gli effetti sull'ipertrofia muscolare (MH), utilizzando protocolli in autoregolazione (AR) e di protocolli a cedimento muscolare (MF) e mettendoli a confronto.

Per fare ciò, sono stati selezionati otto articoli, cinque articoli di ricerca e tre systematic review con meta-analisi, che vedevano come stile di allenamento il resistance training (RT), ovvero allenamento contro resistenza utilizzando sovraccarichi e che prevedevano il confronto tra un protocollo in AR, dove generalmente veniva dato un valore di RPE o RIR entro il quale i soggetti dovevano attenersi e un protocollo che portava al MF, dove veniva chiesto ai soggetti di eseguire, durante le serie a carico costante, il maggior numero possibile di ripetizioni possibile.

Generalmente, questi protocolli sono durati da un minimo di 6 settimane (Vieira et al <sup>[29]</sup>) ad un massimo di 14 settimane (Grgic et al <sup>[12]</sup>).

Come detto in precedenza nel paragrafo sull'aumento della forza massimale, i soggetti che sono stati valutati in questi articoli sono molto eterogenei di età, sesso ed esperienza nel campo del RT (training experience) diversi, perciò sono stati suddivisi in tre classi (Principianti, Intermedi e Avanzati) in base alla loro training experience.

Come citato nei paragrafi precedenti, prima di iniziare con i test (Gonzàles-Hernàndez et al <sup>[9]</sup>, Graham et al <sup>[10]</sup>) gli sperimentatori utilizzato le "familiarization sessions" per insegnare ai soggetti gli esercizi che avrebbero svolto nelle sedute dei test. Nel caso di soggetti principianti o comunque alle prime armi in un determinato esercizio, l'utilizzo di queste sedute è altamente consigliato poiché, nei principianti, i primi adattamenti al RT sono di tipo nervoso e riguardano la crescente capacità di reclutare sempre più unità motorie (UM). Man mano che il soggetto migliorerà

questa caratteristica, allora anche l'ipertrofia muscolare aumenterà (Fukunaga, 1976).

Osservando i risultati degli studi condotti, si può vedere come il protocollo MF sia più indicato per stimolare l'ipertrofia sia nei principianti, che negli intermedi e avanzati (Grgic et al <sup>[12]</sup>, Wanderson et al <sup>[26]</sup>, Vieira et al <sup>[29]</sup>, Willardson et al <sup>[32]</sup>) ma questo solo nei protocolli che non prevedevano un volume uguale tra i protocolli AR e MF. Questo ha fatto sì che, a parità di carico dato, i soggetti AR si sarebbero sempre fermati a qualche ripetizione dal cedimento muscolare, invece i soggetti MF avrebbero protratto quelle serie fino all'ultima ripetizione.

Al contrario, negli studi dove veniva equalizzato il volume totale per entrambi i gruppi, non è stata notata nessuna differenza significativa nei guadagni in termini ipertrofici (Grgic et al <sup>[12]</sup>, Vieira et al <sup>[29]</sup>).

Studies	Groups	Subjects (n)	Sex (M/F)	Age (y)†	Body mass (kg)†	BMI (kg·m <sup>-2</sup> )†	Training status
Cadore et al. (2), †, §	Failure†, §	17	17/0	66.1 ± 5.0	79.4 ± 10.6	27.1 ± 3.2	UT
	Nonfailure†	20	20/0	66.7 ± 6.1	80.3 ± 10.6	27.7 ± 2.8	UT
da Silva et al. (53), †, §	Nonfailure§	15	15/0	65.6 ± 3.4	87.9 ± 0.1	30.9 ± 4.8	UT
	Failure†, §	17	17/0	66.1 ± 5.0	79.4 ± 10.6	27.1 ± 3.2	UT
	Nonfailure†	20	20/0	66.7 ± 6.1	80.3 ± 10.6	27.7 ± 2.8	UT
Drinkwater et al. (8)	Nonfailure§	15	15/0	65.6 ± 3.4	87.9 ± 0.1	30.9 ± 4.8	UT
	Failure	15	15/0	NR	NR	NR	SA
	Nonfailure	11	11/0	NR	NR	NR	SA
Drinkwater et al. (9)	Failure	7	7/0	NR	NR	NR	SA
	Nonfailure	7	7/0	NR	NR	NR	SA
Folland et al. (13)	Failure	12	8/4	22.0 ± 2.0	70.0 ± 3.0	NR	UT
	Nonfailure	11	7/4	20.0 ± 1.0	68.0 ± 7.0	NR	UT
Izquierdo et al. (25)	Failure	14	14/0	24.8 ± 2.9	81.1 ± 4.2	24.9 ± 2.5	SA
	Nonfailure	15	15/0	23.9 ± 1.9	80.5 ± 7.4	24.6 ± 1.9	SA
Izquierdo-Gabarran et al. (26)	Failure	14	14/0	25.4 ± 4.2	79.8 ± 5.3	NR	SA
	Nonfailure	15	15/0	26.7 ± 5.7	83.2 ± 6.3	NR	SA
Kramer et al. (30)	Failure	16	16/0	NR	78.4 ± 8.4	NR	T
	Nonfailure	14	14/0	NR	76.8 ± 10.1	NR	T
Martorelli et al. (35), †, §	Failure†, §	30	0/30	22.3 ± 3.8	63.7 ± 22.5	NR	UT
	Nonfailure†	27	0/27	21.6 ± 3.3	62.5 ± 14.1	NR	UT
	Nonfailure§	32	0/32	21.7 ± 2.8	60.2 ± 13.5	NR	UT
Nóbrega et al. (40)	Failure	14	14/0	NR	NR	NR	UT
	Nonfailure	14	14/0	NR	NR	NR	UT
Rooney et al. (47)	Failure	13	NR	NR	NR	NR	UT
	Nonfailure	14	NR	NR	NR	NR	UT
Sampson and Groeller, (48)	Failure	10	10/0	23.4 ± 6.6	76.9 ± 0.2	NR	UT
	Nonfailure	10	10/0	23.7 ± 6.2	85.0 ± 13.7	NR	UT
Sanborn et al. (49)	Failure	9	0/9	NR	62.8 ± 9.2	NR	UT
	Nonfailure	8	0/8	NR	70.9 ± 12.1	NR	UT

\*M = males; F = females; BMI = body mass index; T = trained; UT = untrained; SA = sports athletes; NR = not reported.  
†Mean ± SD.

Figura 2.5.1 – Tabella studi della SR di Grgic et al <sup>[12]</sup>

Questa osservazione molto importante ha messo ancora una volta in luce come il volume di allenamento totale sia, tutt'oggi, una variabile molto

importante per determinare i risultati sia in termini di aumento della forza massimale che dell'ipertrofia muscolare.

Nello studio condotto da Wanderson et al <sup>[26]</sup> è stato visto come i soggetti, divisi nei gruppi AR e MF, hanno riportato circa lo stesso volume totale di lavoro, ma dei valori di RPE, RPD ed sRPE completamente diversi. Ciò suggerisce come si possa raggiungere lo stesso volume di lavoro, fattore molto importante per aumentare sia la forza massimale (1RM) che l'ipertrofia muscolare (MH), andando a stressare molto meno il soggetto: in questo modo si potrebbe riuscire ad avere un livello di sRPE più basso, che porterebbe maggior beneficio al soggetto, il quale arriverebbe alla seduta successiva con una capacità nervosa di esprimere forza maggiore e registrerebbe, quindi, una readiness maggiore.

D'altra parte, però, nello studio di Vieira et al <sup>[29]</sup> è stato visto come, anche se il volume era stato equalizzato per i due gruppi, il gruppo MF aveva creato maggior stress metabolico rispetto al gruppo AR, fattore che potrebbe essere rilevante riguardo alla risposta ipertrofica. A supporto di questa interessante ipotesi interviene lo studio condotto da Willardson et al <sup>[32]</sup>, dove è stato dimostrato che i protocolli MF, durante l'esecuzione di un numero di ripetizioni intermedio (e.g. 8-12RM), associato a tempi di recupero brevi (e.g. 30sec – 2min) portava ad un aumento più marcato dei livelli di lattato ematico, causando uno stress metabolico maggiore e ciò si è supposto essere la chiave per stimolare una più elevata produzione acuta di ormone della crescita (GH), il quale è un importante fattore che contribuisce all'ipertrofia.

Per riassumere e concludere questo paragrafo, è importante tenere a mente che per aumentare l'ipertrofia muscolare possono andare bene sia protocolli in AR che a MF, l'importante è tenere un buon volume allenante complessivo. Per quanto riguarda il MF nello specifico, potrebbe essere più indicato (per ciascuna delle categorie i soggetti) rispetto all'AR in quanto produrrebbe un maggiore stress metabolico, che potrebbe portare a guadagni ipertrofici migliori. D'altra parte, però, bisogna tenere in conto

che il MF produce anche alti livelli di discomfort e potrebbe peggiorare le sensazioni e le prestazioni tra la seduta precedente e quella successiva.

### **Allenamento della potenza: AR vs MF**

Quando si parla di “potenza” o “potenza muscolare” ci si riferisce alla capacità del nostro sistema neuro-muscolare di produrre la maggior quantità di forza possibile nel minor tempo possibile. Precedentemente, è stato illustrato come, grazie al grafico di A. Hill, venne data una spiegazione più dettagliata riguardo ai diversi tipi di contrazione muscolare, in particolare la contrazione di tipo concentrico e la forza che si riesce ad esprimere in relazione alla velocità con la quale il muscolo si accorcia. La “Massima Potenza” o “Maximal Power Output” si trova in quel punto del grafico di Hill dove sia la forza che la velocità, pur essendo inversamente proporzionali, si trovano in relazione nel punto più alto.

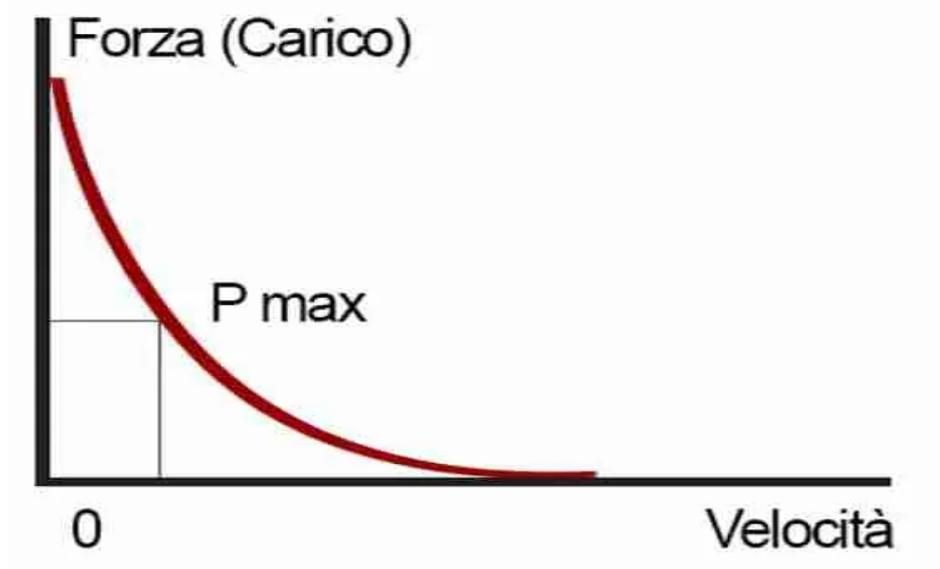


Figura 2.6.1 – Grafico “forza-velocità” (potenza) <sup>[41]</sup>

Questa capacità è una caratteristica fondamentale di tutte le discipline che richiedono dei movimenti dove viene esercitata la massima forza

volontaria nel più breve tempo possibile (e.g. sollevamento olimpico, salto verticale di un cestista che tenta una schiacciata e così via).

Per capire al meglio quali sono gli effetti dei protocolli AR e MF nell'allenamento di questa capacità, è stato preso in considerazione un articolo di Vieira et al <sup>[29]</sup>, una systematic review con meta-analisi, che va ad analizzare gli effetti di questi due protocolli sul maximal power output. Questa review prende in considerazione tredici studi fatti sugli effetti dei protocolli AR e MF su forza massimale (1RM), ipertrofia muscolare e power output: di questi 13 studi, solo 5 valutavano gli effetti sul power output, per un totale di 150 soggetti che sono stati analizzati in movimenti sia a corpo libero (e.g. salto verticale) sia in esercizi contro resistenza.

I risultati di questa review hanno mostrato come, a parità di volume, non ci fossero differenze sostanziali tra i protocolli AR e i protocolli MF; d'altra parte, quando il volume non veniva equalizzato, si è visto come i protocolli AR avessero un'efficacia maggiore rispetto ai protocolli MF. Nel caso di atleti avanzati si è visto come i protocolli MF abbiano portato i soggetti ad un incremento della fatica totale percepita e ad un decremento della prestazione.

Questi risultati possono essere spiegati attraverso l'evidenza scientifica che dimostra come nei soggetti avanzati, le serie che portano al MF causino un decremento nella massima velocità di contrazione volontaria e, di conseguenza, anche il maximal power output, oltre che ad allungare i tempi di recupero tra una seduta e l'altra. Per di più, è stato dimostrato che il RT eseguito attraverso set più piccoli, con una velocità media (MV) più alta e minor fatica accumulata, hanno fatto migliorare il power output dei soggetti testati.

### **Capitolo 3 - Quando e come l'autoregolazione può essere utile a seconda dei vari casi?**

Come sancito all'inizio del primo capitolo, l'obiettivo di questa tesi è esaminare, sulla base della letteratura scientifica attuale (2008 – 2022), se l'autoregolazione (AR) sia una metodologia d'allenamento valida per migliorare la forza massimale (1RM) e l'ipertrofia muscolare (MH). Da questi studi è emerso un numero molto eterogeneo di soggetti, i quali vanno a differenziarsi gli uni dagli altri sulla base di diverse caratteristiche.

Le principali sono:

- Sesso;
- Età;
- Training Experience (TE), termine utilizzato per esprimere l'esperienza del singolo soggetto nel campo dell'allenamento contro resistenza (RT), quantificata in anni.

In particolare, quest'ultima caratteristica è stata utilizzata come criterio di suddivisione per i soggetti analizzati, poiché secondo J. Steele et al <sup>[27]</sup>, l'AR è una metodologia molto soggettiva e perciò non sempre è accurata. È stato dimostrato come l'AR possa essere utilizzata al meglio grazie alla TE individuale del soggetto, ovvero all'esperienza che ha nel RT e grazie alla dimestichezza con tale metodologia che si sviluppa durante lo svolgimento della programmazione stessa.

Sulla base di quanto appena detto, è stato deciso di suddividere il numero totale dei soggetti analizzati in questi studi (n= 1365) in tre gruppi, prendendo come criterio di suddivisione la TE individuale:

- Soggetti Principianti, TE <6 mesi;
- Soggetti Intermedi, TE >6 mesi, <2 anni;
- Soggetti Avanzati, TE >2 anni.

Soggetti	TE	Vantaggi	Svantaggi
<b>Principiante</b>	< 6 mesi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Assenza di schemi motori pre-consolidati;</li> <li>- Adattamenti ai carichi molto repentini.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incapacità di reclutare abbastanza UM per esprimere il giusto quantitativo di forza;</li> <li>- Soglia della fatica molto bassa;</li> <li>- Recuperi più lunghi;</li> <li>- Adattamenti ai carichi imprevedibili.</li> </ul>
<b>Intermedio</b>	> 6 mesi < 2 anni	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parametri di allenamento migliori (e.g. Volume, Intensità, Frequenza) rispetto al principiante;</li> <li>- Introduzione del lavoro "split routine";</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacità di reclutare abbastanza UM incompleta;</li> </ul>
<b>Avanzato</b>	> 2 anni	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Massima capacità di reclutamento delle UM (&gt;RFD);</li> <li>- Capacità di recupero molto elevata;</li> <li>- Parametri di allenamento (e.g. Volume, Intensità, Frequenza) molto elevati;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta richiesta di specificità nell'allenamento;</li> <li>- Adattamenti ai carichi lenti;</li> <li>- Alto rischio di infortunio o di sviluppare sindromi da sovrallenamento (OTS).</li> </ul>

Figura 3.1.1 – Classificazione dei soggetti in base alla TE

Per l'analisi delle caratteristiche individuali di questi soggetti e della quantità di esercizio fisico che ciascun gruppo richiede per sviluppare forza massimale (1RM) e ipertrofia muscolare, sono state utilizzate le guide dell'American College of Sports Medicine (ACSM) del 2009 [25]. Non sono state utilizzate delle guide più recenti a poiché non sono state trovate versioni aggiornate di questo articolo.

### **L'autoregolazione nel principiante**

#### **Chi è il principiante?**

Secondo le linee guida dell'American College of Sports Medicine (ACSM [25]) aggiornate nel 2009, quando parliamo di un "soggetto principiante" nell'ambito RT, ci riferiamo a un soggetto che non si è mai allenato in ottica di RT, possedendo dunque una TE pari a zero; in alternativa, si parla di un soggetto che ha smesso di allenarsi da diversi anni, per

qualsiasi causa (e.g. infortunio, scelta personale, etc.) e che ha perso momentaneamente la TE: in questo caso il termine corretto non è principiante ma soggetto “deallenato” o “decondizionato”. In questo capitolo, onde evitare la ripetizione di due termini per indicare lo stesso gruppo di soggetti, verrà utilizzato il termine “principiante”.

### Punti di forza e di debolezza nel principiante.

Un soggetto definito “principiante”, dunque, è caratterizzato da un’elevata allenabilità, ovvero un alto grado individuale di adattamento ai carichi di allenamento. Nel soggetto principiante o deallenato gli adattamenti fisiologici al RT si presenteranno in un lasso di tempo minore (ACSM <sup>[25]</sup>).

Il principiante, data la completa assenza di esperienza nel RT, non conosce gli esercizi che caratterizzano questa disciplina (e.g. Bench Press, Back Squat, Trazioni alla Sbarra, etc.), perciò non possiede ancora nessuno schema motorio. Quando si parla di “schema motorio” di un movimento, s’intende la mappa d’attivazione neuro-motoria di ciascun movimento volontario, cioè la strada che compie l’impulso nervoso dall’encefalo al muscolo che effettuerà la contrazione necessaria alla realizzazione del movimento (CONI Liguria, 2017).

Data la completa assenza di schemi motori precedentemente consolidati, il soggetto principiante potrà imparare le corrette attivazioni muscolari per eseguire al meglio gli esercizi sin dalle prime sedute allenanti. D’altra parte, però, se il principiante non dovesse essere seguito propriamente o se decidesse di cominciare in maniera autodidattica il percorso di allenamento, potrebbe sviluppare degli schemi motori errati, che nel lungo termine potrebbero portare ad infortuni.

Secondo Fukunaga, 1976, quando il principiante comincia ad allenarsi in ottica RT, va tenuto a memoria che, specialmente nel caso di allenamenti volti all’aumento dell’ipertrofia muscolare, i primi adattamenti al RT

saranno prettamente di natura neuro-muscolare in quanto, imparando da zero nuovi schemi motori, migliorerà già dalle prime settimane la capacità di reclutamento delle Unità Motorie (UM). Una volta che, sempre più UM verranno richiamate nell'esecuzione di un esercizio, questo apporterà risultati apprezzabili in termini di aumento dell'ipertrofia muscolare e della forza massimale.

Infine, durante le prime sedute di allenamento e di test (e.g. 1RM test) i soggetti principianti tenderanno a riportare sensazioni di fatica, discomfort e carichi assoluti alterati. È stato dimostrato come la percezione della fatica nel principiante venga riportata in maniera errata, o almeno secondo valori diversi da quelli che ci si aspettava, a causa dell'insorgenza molto precoce della sensazione di fatica percepita dal soggetto (Steele et al <sup>[27]</sup>). Durante alcune sedute di test per valutare la forza massimale, è stato visto come il principiante riesca a predire in maniera abbastanza accurata i carichi che vanno dal 50% al 90% del suo 1RM stimato; d'altra parte, dal 94% al 100% si è visto come il principiante tenda a lavorare con carichi sottostimati (Cavarretta et al <sup>[7]</sup>).

### Come può approcciare il RT?

Secondo le guide dell'ACSM <sup>[25]</sup> il principiante dovrebbe approcciarsi gradualmente al RT, prediligendo carichi che corrispondono a un range che va dalle 8RM alle 12RM. Le sedute d'allenamento possono variare dalle due alle tre volte a settimana, andando ad incrementare sistematicamente il carico di lavoro. Per fare ciò, si andranno a modificare le variabili dell'allenamento a disposizione<sup>[1]</sup>:

- Volume, questa variabile dell'allenamento tiene conto della quantità di lavoro fatta durante una serie o un insieme di serie che compongono un esercizio o una seduta intera di allenamento e viene quantificato come "serie \* ripetizioni \* carico spostato". Le guide suggeriscono da due a quattro serie per esercizio, con

ripetizioni che vanno dalle otto alle dodici ripetizioni. Mano a mano che il soggetto prenderà confidenza col programma di allenamento, si potrà optare per un aumento controllato delle serie totali di allenamento,

- Intensità, ovvero la difficoltà che viene richiesta al soggetto per completare una serie allenante, di solito quantificata attraverso una percentuale del carico massimale che verrebbe utilizzato per eseguire quel numero massimo di ripetizioni. Nel principiante si è visto che la capacità di predire il carico da utilizzare diventa sempre meno accurata al crescere dell'intensità relativa, perciò è stato consigliato di evitare il cedimento muscolare (MF), almeno nel breve termine, concentrandosi su carichi dal 45% al 60% del 1RM per aumentare la corretta attivazione muscolare, dalla quale ne seguiranno aumenti di forza ed ipertrofia.
- Densità, è una misura del rapporto tra il tempo di lavoro e quello di recupero: minore sarà il tempo di recupero e più denso sarà il tipo di lavoro che si andrà a svolgere in un determinato esercizio. Per quanto riguarda questa variabile, non sembrano esserci linee guida che differenziano i tempi di recupero di un soggetto alle prime armi rispetto a quelli di un soggetto più avanzato, bensì i tempi di recupero andranno a regolarsi in base al tipo di lavoro e alla componente che si andrà ad allenare. Nel caso di un allenamento per migliorare la forza massimale, si preferiranno tempi di recupero più lunghi (dai tre minuti in su), mentre nel caso di un allenamento mirato all'ipertrofia muscolare, i tempi di recupero saranno incompleti (da uno a due minuti).
- Frequenza, corrisponde a quante volte la stessa seduta d'allenamento o lo stesso esercizio verranno ripetuti durante un arco di tempo di una settimana (o un Microciclo). Questa variabile dipenderà molto dalle precedenti e dalla capacità del soggetto di recuperare in tempo per sostenere un altro allenamento. Nel principiante si è visto come, già una frequenza di una o due volte

alla settimana possa produrre degli adattamenti considerevoli, sia in termini di aumento della forza che dell'ipertrofia.

- Selezione degli Esercizi, che già nel principiante può spaziare dagli esercizi monoarticolari ai multiarticolari, con utilizzo di attrezzatura come manubri, bilancieri, macchinari e altri tipi di attrezzatura (e.g. battleropes, kettlebells, etc.). Per il soggetto principiante si preferisce l'utilizzo di sedute di allenamento "full body", ovvero sedute di allenamento dove gli esercizi selezionati vanno a stimolare tutti i distretti muscolari del corpo (e.g. Quadricipiti, Grande e Piccolo Pettorale, Bicipite Brachiale, Tricipite della Sura, etc.). In questo modo il principiante disporrà della frequenza di stimolo necessaria a consolidare i nuovi pattern motori (ACSM <sup>[25]</sup>).

Una volta prese in considerazione queste variabili fondamentali, sarà possibile creare un programma d'allenamento adatto alle caratteristiche e alle necessità del principiante.

#### L'AR nell'allenamento del principiante.

Sulla base degli studi considerati per la compilazione di questa tesi, è stato visto che è possibile integrare l'AR come metodologia di allenamento in un programma per principianti. L'Utilizzo degli indici RPE e RIR per autoregolare i carichi in alzate come Back Squat, Bench Press e Deadlift, si sono dimostrati molto proficui (Lovegrove et al <sup>[20]</sup>, Ormsbee et al <sup>[23]</sup>, Zourdos et al <sup>[34]</sup>). Nello studio condotto da Zourdos et al <sup>[34]</sup> è stato visto come i soggetti principianti non sono stati capaci di trovare il loro 1RM effettivo, ipotizzando che ciò fosse dovuto al fatto che la loro capacità di sviluppare forza (RFD) non fosse stata ancora sviluppata correttamente. A supporto di questa ipotesi, nello studio condotto da Lovegrove et al <sup>[20]</sup>, è stato visto che i partecipanti che sono stati assegnati al gruppo dei principianti, non sono stati in grado di trovare il loro 1RM stimato e che hanno necessitato di più prove per potersi avvicinare al risultato previsto.

Un altro vantaggio dell'AR, in particolare nell'utilizzo del RIR, è dato dal fatto che nel principiante gli adattamenti fisiologici ai carichi allenanti avvengano in tempi molto ristretti (Lovegrove et al <sup>[20]</sup>, ACSM <sup>[25]</sup>) e che la capacità di recuperare tra una seduta e l'altra sia molto imprevedibile. Perciò, attraverso l'utilizzo degli indici di AR, il soggetto potrà predire i carichi di allenamento in maniera più accurata e potendo utilizzare dei carichi che riflettano al meglio la condizione giornaliera, gli adattamenti in termini di forma massimale ed ipertrofia muscolare saranno migliori.

D'altra parte, in uno studio condotto da Steele et al <sup>[27]</sup> sulla capacità di prevedere le ripetizioni mancanti dal MF, è stato visto come il gruppo composto da soggetti principianti avesse riportato una ridotta capacità di prevedere il numero di ripetizioni mancanti per raggiungere il MF, suggerendo che il RIR potrebbe non essere uno strumento così affidabile nell'autoregolazione dell'allenamento di soggetti con poca o nessuna training experience. Lo studio condotto da Lovegrove et al <sup>[20]</sup> getta una visione completamente opposta, a favore dell'utilizzo del RIR nonostante il soggetto principiante non riesca (per il momento) ad esprimere il suo vero potenziale in termini di forza massimale (1RM). Lovegrove suggerisce che, come visto pocanzi, gli adattamenti repentini del principiante farebbero in modo che l'AR risulti più affidabile come metodologia di allenamento, permettendo al principiante di progredire gradualmente.

## L'autoregolazione nell'intermedio

### Chi è l'intermedio?

Secondo le linee guida dell'American College of Sports Medicine (ACSM [25]) aggiornate nel 2009 e dei dati trovati dagli articoli analizzati in questa tesi, quando parliamo di un "intermedio" nell'ambito RT, ci riferiamo ad un soggetto che possiede all'incirca dai sei mesi ai due anni di training experience nel RT. Queste cifre sono state calcolate prendendo la base fornita dalle linee guida dell'ACSM [25] ed implementando i dati dei soggetti presi in analisi negli studi dove veniva specificata la loro training experience (TE), ovvero il dato che veniva utilizzato per suddividere i partecipanti in gruppi.

L'Intermedio, dunque, è una classe di soggetti che si trova nel mezzo tra la classe del principiante a quella dell'avanzato e sulla base di ciò, possiederà delle caratteristiche ibride dal punto di vista dell'allenabilità, del tempo di recupero tra le sedute allenanti, della modulazione delle variabili allenanti e degli adattamenti ai carichi progressivi di lavoro.

### Punti di forza e di debolezza nell'intermedio.

Secondo le linee guida dell'ACSM [25], il soggetto intermedio possiede alcune caratteristiche simili al soggetto principiante (e.g. volume d'allenamento), ma altre simili al soggetto avanzato (e.g. intensità di allenamento): la capacità di tollerare un volume complessivo maggiore gli permette di aggiungere, all'interno della singola seduta, da una a due serie per esercizio e di incrementare il numero di sedute settimanali fino a quattro volte a settimana. Ciò rende il soggetto intermedio altamente imprevedibile riguardo alla risposta ai carichi allenanti, i quali dovranno essere scelti attentamente, rispettando gli adattamenti fisiologici (e.g. incremento del 1RM e della capacità di lavoro).

Nel soggetto intermedio è stato dimostrato come aumenti anche la capacità di esprimere maggior forza (>RFD) che consentirà al soggetto di lavorare con carichi assoluti (numero di ripetizioni massimali) e relativi (percentuali di carico rispetto al massimale) maggiori, fino all'80% del 1RM per migliorare la forza massimale.

La possibilità di inserire esercizi monolaterali all'interno del programma di allenamento per un principiante, permette di andare a colmare carenze sia dal punto di vista del reclutamento delle UM che dei guadagni ipertrofici.

La capacità di predire i carichi allenanti sulla base dello sforzo percepito (RPE) o delle ripetizioni mancanti dal cedimento muscolare (RIR) risulta non molto accurata: nello studio condotto da Steele et al <sup>[27]</sup> è stato visto come le tre classi che, corrispondevano al range intermedio, la capacità di utilizzare correttamente il RIR fosse minore nei soggetti con una TE compresa tra i sei mesi e l'anno, mentre nei soggetti con una TE compresa tra un anno e due anni, la capacità di utilizzare correttamente il RIR assomigliasse ai soggetti avanzati.

### Come può approcciare il RT?

Secondo le guide dell'ACSM <sup>[25]</sup>, un approccio al RT efficace per il soggetto intermedio seguirebbe un'ottica già più simile a quella del soggetto avanzato, prediligendo carichi che rientrano in un range di ripetizioni che va dall'1RM alle 12RM, potendo anche optare per lavori su più alte ripetizioni (e.g. 20-28RM). Le sedute d'allenamento possono variare dalle tre alle quattro volte a settimana, andando ad alternare un lavoro focalizzato sull'aumento della forza massimale (1RM – 6RM) ad un lavoro focalizzato sull'aumento dell'ipertrofia muscolare (7RM – 12RM). Per fare ciò, si andranno a modificare le variabili dell'allenamento a disposizione:

- Volume, come già detto nel paragrafo del principiante, corrisponde a “serie \* ripetizioni \* carico”. Le linee guida suggeriscono da due a quattro serie per esercizio, con ripetizioni che vanno dalle otto alle dodici ripetizioni. Mano a mano che il soggetto si adatterà ai carichi di lavoro iniziali, si potrà optare per un aumento graduale delle serie allenanti totali, facendo attenzione a regolare volume e intensità in quanto inversamente proporzionali tra di loro;
- Intensità, descritta precedentemente come la difficoltà che viene richiesta al soggetto per completare una serie allenante.  
Nell'Intermedio si è visto che la capacità di lavorare con carichi relativi più alti aumenta, perciò è stato consigliato di concentrarsi su carichi dal 60% al 70% del 1RM, per 8-12RM, per la maggior parte delle serie allenanti. L'Intermedio, inoltre, potrà eseguire anche lavori con percentuali di carico più elevate (e.g. 80% per 1-6RM) o potrà spingersi verso range di ripetizioni più alti (e.g. 20-28RM) per stimolare maggiormente l'ipertrofia muscolare;
- Densità, è una misura del rapporto tra il tempo di lavoro e quello di recupero: minore sarà il tempo di recupero e più denso sarà il tipo di lavoro che si andrà a svolgere in un determinato esercizio. Per quanto riguarda questa variabile, non sembrano esserci linee guida che differenziano i tempi di recupero di un soggetto alle prime armi rispetto a quelli di un soggetto più avanzato, bensì i tempi di recupero andranno a regolarsi in base al tipo di lavoro e alla componente che si andrà ad allenare. Nel caso di un allenamento per migliorare la forza massimale, si preferiranno tempi di recupero più lunghi (dai tre minuti in su), mentre nel caso di un allenamento mirato all'ipertrofia muscolare, i tempi di recupero saranno incompleti (da uno a due minuti).
- Frequenza, ovvero quante volte la stessa seduta d'allenamento verrà ripetuta durante un arco di tempo di una settimana (o un Microciclo). Questa variabile dipenderà molto dalle precedenti e dalla capacità del soggetto di recupero del soggetto tra una seduta

e l'altra. Nell'Intermedio si è visto come, già una frequenza di due o tre volte alla settimana possa essere sufficiente ad ottenere adattamenti significativi sia dal punto di vista della forza massima che dell'ipertrofia muscolare.

- Selezione degli Esercizi, che già nel principiante può spaziare dagli esercizi monoarticolari ai multiarticolari, con utilizzo di attrezzatura come manubri, bilancieri, macchinari e altri tipi di attrezzatura (e.g. battleropes, kettlebells, etc.). Per il soggetto intermedio possono essere implementati esercizi monolaterali, ovvero esercizi che vanno eseguiti focalizzandosi su uno dei due lati (e.g. Bulgarian Split Squat, Lento Avanti monolaterale, Curl per Bicipiti monolaterale).

Una volta prese in considerazione queste variabili fondamentali, sarà possibile creare la programmazione di allenamento adatta alle caratteristiche e alle necessità del principiante.

#### L'AR nell'allenamento dell'intermedio.

Per valutare l'efficacia dell'allenamento in AR per il soggetto intermedio, sono stati presi in analisi cinque degli studi selezionati. Questi hanno riportato che nell'intermedio utilizzare una metodologia in AR sfruttando l'RPE e il RIR potrebbe apportare benefici in termini di aumento della forza massima e ipertrofia muscolare. Nonostante ciò, nello studio condotto da Steele et al <sup>[27]</sup> è stato visto come i soggetti analizzati non sono riusciti a predire in maniera accurata i carichi che sarebbero andati ad utilizzare per un certo numero di ripetizioni dal cedimento muscolare (MF). Questo risultato può essere imputato al fatto che i soggetti intermedi, come i soggetti principianti, non riescano ad esprimere completamente la quantità di forza necessaria per lavorare con dei carichi massimali (e.g. 1RM, 5RM) e che l'utilizzo di indici come l'RPE e il RIR possano non essere poi così

accurati, prescrivendo dei carichi inferiori a quelli che verrebbero stimati secondo un metodo “fixed load” (FL).

I dati riportati nella review sistematica con meta-analisi di Zhang et al <sup>[33]</sup> potrebbero screditare l'ipotesi sopracitata: Zhang e colleghi hanno analizzato diversi studi per un totale di n=166 partecipanti con almeno un anno di esperienza nel RT. Per valutare l'efficacia dell'AR sono stati presi due esercizi, Bench Press e Back Squat con bilanciere, i quali venivano programmati con l'utilizzo dell'AR o di un metodo FL. I risultati hanno premiato il primo metodo in entrambi gli esercizi, suggerendo che l'AR fosse più adatta per migliorare la forza massimale nei soggetti intermedi.

## **L'autoregolazione nell'avanzato**

### Chi è l'avanzato?

Secondo le linee guida dell'American College of Sports Medicine (ACSM <sup>[25]</sup>) aggiornate nel 2009 e dei dati trovati dagli articoli analizzati in questa tesi, quando parliamo di un “intermedio” nell'ambito RT, ci riferiamo ad un soggetto che possiede una training experience uguale o superiore ai due anni. Il soggetto avanzato, dunque, è un soggetto che si allena da svariati anni con o senza finalità competitive. Da non confondere con l'atleta, un soggetto che si allena da diversi anni nell'ottica di migliorare le proprie capacità fisiche con l'obiettivo di partecipare a delle competizioni.

### Punti di forza e di debolezza dell'avanzato.

Grazie alle linee guida dell' ACSM <sup>[25]</sup> e dallo studio di Baker et al <sup>[6]</sup> i punti di forza di un soggetto avanzato sono: l'elevata training experience che lo rende capace di performare al massimo delle sue possibilità ad ogni seduta d'allenamento; capacità di sopportare carichi complessivi di

allenamento molto importanti; una capacità di recupero tra gli allenamenti molto sviluppata, che permette al soggetto avanzato di disporre di una maggiore frequenza di allenamento, rispetto ai due gruppi visti precedentemente; infine, la capacità di utilizzare gli indici di AR al meglio, per predire i carichi con il massimo dell'accuratezza (Helms et al <sup>[13]</sup>, Ormsbee et al <sup>[23]</sup>, Steele et al <sup>[27]</sup>, Zourdos et al <sup>[34]</sup>).

Al contrario, i punti di debolezza di un avanzato sono: l'elevata training experience e la capacità di esprimere quanto più RFD possibile, fanno sì che il soggetto avanzato possa andare a predire carichi che risulterebbero "sopra le aspettative" se comparati con gli stessi carichi se predetti attraverso le percentuali di 1RM (ACSM <sup>[25]</sup>, Steele et al <sup>[27]</sup>). Questo porterebbe a lavorare con carichi maggiori a quelli stabiliti e ad accumulare fatica eccessiva nel lungo termine, con conseguente manifestazione di una situazione Overreaching precoce o, nei casi peggiori, di una "Sindrome da Overtraining" (OTS). Inoltre, Baker e colleghi <sup>[6]</sup> hanno dimostrato come, mano a mano che la TE aumenta, l'atleta per migliorare avrà bisogno di un programma di allenamento quanto più specifico possibile, che vada ad allenare la capacità richiesta dalla disciplina praticata, altrimenti i miglioramenti saranno molto marginali, se non inesistenti (plateau nello sviluppo della capacità). Questo studio ha evidenziato la presenza di uno "strength ceiling" o "tetto della forza", nel quale l'atleta fa fatica a migliorare una capacità (in questo caso la forza massimale) se non l'allena in maniera specifica.

### Come può approcciare il RT?

Il soggetto avanzato, dunque, dovrà mantenere innanzitutto un grado di specificità dell'allenamento molto alto, in quanto, secondo Baker et al <sup>[6]</sup> più avanzato è un atleta e più facilmente incorrerà nel suo "limite genetico" di miglioramento della forza (o "strength ceiling"). Sulla base delle guide dell'ACSM <sup>[25]</sup>, l'approccio ideale del soggetto avanzato al RT consiste nel

prediligere carichi che rientrano in un range di ripetizioni che va dall'1RM alle 12RM. Lo stimolo allenante, come nell'intermedio, può essere dato anche da lavori su più alte ripetizioni (e.g. 20-28RM). Le sedute d'allenamento possono variare dalle quattro alle cinque volte a settimana, andando ad alternare allenamenti focalizzati sull'aumento della forza massimale, dove si lavorerà in un range di 1-6 ripetizioni con carichi dall'80% al 100% del 1RM, ad allenamenti focalizzati sull'aumento dell'ipertrofia muscolare, con un range di ripetizioni dalle 7 alle 12 e carichi compresi tra il 70% e l'85% del 1RM. Per rendere questi allenamenti adatti ai soggetti, si andranno a modificare le variabili dell'allenamento a disposizione:

- Volume, come già detto nel paragrafo del principiante, corrisponde a "serie \* ripetizioni \* carico". Le linee guida suggeriscono da quattro a sei serie per esercizio, utilizzando un range di ripetizioni che va da 1 a 12 (o più, e.g. 20-25). La gran parte del volume totale di lavoro dovrà trovarsi compresa tra le 7 e le 12 ripetizioni, in quanto creare volume eccessivo con carichi sopra l'80% potrebbe portare all'insorgenza dell'OTS;
- Intensità, descritta precedentemente come la difficoltà che viene richiesta al soggetto per completare una serie allenante. Nell'Avanzato si è visto che grazie alla capacità di sviluppare un ottimo quantitativo di forza massimale, potrà lavorare con carichi che arrivano fino al 100% del 1RM. Per quanto riguarda lo sviluppo dell'ipertrofia muscolare, si potrà lavorare con percentuali di carico comprese tra il 30-40% e il 75% del 1RM;
- Densità, è una misura del rapporto tra il tempo di lavoro e quello di recupero: minore sarà il tempo di recupero e più denso sarà il tipo di lavoro che si andrà a svolgere in un determinato esercizio. Per quanto riguarda questa variabile, non sembrano esserci linee guida che differenziano i tempi di recupero di un soggetto alle prime armi rispetto a quelli di un soggetto più avanzato, bensì i tempi di recupero saranno regolati in base al tipo di lavoro e alla

componente che si vorrà allenare. Nel caso di un allenamento per migliorare la forza massimale, si preferiranno tempi di recupero più lunghi (dai tre minuti in su), mentre nel caso di un allenamento mirato all'ipertrofia muscolare, i tempi di recupero saranno incompleti (da uno a due minuti).

- Frequenza, ovvero quante volte la stessa seduta d'allenamento verrà ripetuta durante un arco di tempo di una settimana (o un microciclo). Questa variabile dipenderà molto dalle precedenti e dalla capacità del soggetto di recuperare in tempo per sostenere un altro allenamento. Nell'Avanzato si è visto come una frequenza di quattro fino a sei volte alla settimana risulti per suddividere in maniera efficace le sedute di forza da quelle di ipertrofia. I Powerlifters professionisti arrivano ad allenarsi sei volte a settimana, utilizzando delle "split routines", le quali sono sedute di allenamento dove verranno stimolati solo determinati gruppi muscolari per ciascuna seduta (e.g. Petto e Bicipiti, Dorso e Tricipiti, Gambe, Spalle e Addome).
- Selezione degli Esercizi, che per aumentare l'1RM prediligerà esercizi multiarticolari a corpo libero o con pesi liberi (bilancieri, manubri, kettlebell, etc.), in quanto è stato riportato dalle linee guida come questi esercizi richiedano un maggior sviluppo sia di forza che di potenza. Al contrario, per sviluppare l'ipertrofia, si opterà per esercizi monoarticolari, detti anche "di isolamento". Questo termine viene utilizzato per descrivere un esercizio che vada a stimolare un distretto muscolare senza coinvolgerne altri (e.g. Leg Extension per i Quadricipiti o Curl con Manubri per i Bicipiti). Come per il soggetto intermedio, anche nell'avanzato possono essere implementati esercizi monolaterali, come i Bulgarian Split Squat, il Lento Avanti monolaterale o il Curl per Bicipiti monolaterale.

Una volta prese in considerazione queste variabili fondamentali, sarà possibile creare la programmazione di allenamento adatta alle caratteristiche e alle necessità dell'avanzato.

### L'AR nell'allenamento dell'avanzato.

Secondo gli studi condotti da Helms et al <sup>[13]</sup> e da Steele et al <sup>[27]</sup> è stato dimostrato come i protocolli in AR siano più adatti a soggetti con una TE maggiore (> o = 2 anni). Il soggetto avanzato riesce a predire i carichi allenanti grazie all'elevata conoscenza di sé stesso e all'esperienza accumulata con determinati esercizi (negli studi sopracitati, in particolare, Back Squat, Bench Press e Deadlift). Secondo una revisione sistematica con meta-analisi di Zhang et al <sup>[33]</sup>, l'utilizzo del RPE e del RIR si è dimostrato migliore rispetto a dei protocolli FL per aumentare la forza massimale (1RM) nei soggetti avanzati. Questi risultati potrebbero essere associati al fatto che l'AR consiste in una metodologia di allenamento molto più flessibile, in quanto permette all'avanzato di regolare le variabili di ciascuna seduta allenante sulla base dei cambiamenti giornalieri della performance. Questo si traduce in adattamenti neuromuscolari ed ormonali diversi rispetto a protocolli dove i carichi vengono decisi sulla base di percentuali applicate al 1RM soggettivo.

### **Conclusioni**

Concludendo questo capitolo può essere sancito che, sulla base delle evidenze acquisite dagli studi presi in analisi, l'AR può essere considerata come una metodologia molto versatile e adatta sia ai soggetti con poca o scarsa training experience e un'elevata imprevedibilità negli adattamenti fisiologici ai carichi allenanti, che intercorrono in maniera molto rapida, sia ai soggetti con un'elevata training experience, ma con una soglia di adattamento e miglioramento molto bassa, che richiederà degli interventi sempre più specifici per ottenere nuovi risultati, abbattendo eventuali plateau della forza.

Nel soggetto principiante è stato dimostrato come l'AR sia una metodologia che possa essere ritenuta superiore alla metodologia del "fixed load", la quale si basa su percentuali di carico calcolate sulla base del 1RM del soggetto. L'incapacità del principiante di lavorare con carichi massimali o vicino al MF rende l'utilizzo del RPE e del RIR molto più proficuo per stare al passo coi cambiamenti repentini di questi soggetti amatori.

Nel soggetto intermedio gli studi condotti da Ormsbee et al <sup>[23]</sup> e Zhang et al <sup>[33]</sup> hanno dimostrato come l'AR, utilizzando indici tra i quali l'RPE e il RIR (gli altri due indici utilizzati sono stati l'APRE e il VBT) sia risultata più efficace nell'aumento della forza massimale, rispetto a dei protocolli che prevedevano carichi prescritti sulla base di un 1RM stimato attraverso un test. Questi risultati sono stati possibili nonostante il soggetto intermedio non abbia ancora sviluppato un RFD tale da lavorare con carichi massimali (Steele et al <sup>[27]</sup>, Zourdos et al <sup>[34]</sup>).

Infine, per quanto riguarda i soggetti avanzati, è stato visto come, nonostante i carichi assoluti e relativi siano più alti e certi soggetti tendano a sovrastimare i carichi sulla base del valore RPE o RIR dato, l'allenamento in AR preverrebbe l'insorgenza di infortuni causati da intensità di lavoro molto alte.

## **Capitolo 4 – Differenze sostanziali tra RPE e RIR**

### **Perché scegliere l'RPE?**

Il Rate of Perceived Exertion, o RPE, è una metodologia che fa parte del concetto di “Autoregolazione nel Resistance Training”. Come visto nei capitoli precedenti, questa metodologia nasce da G. Borg tra gli anni '50 e gli anni '60 con lo scopo di quantificare, in una scala di livelli crescenti, una sensazione di dolore o uno sforzo eseguito da un soggetto in sede di analisi. Questa scala fu introdotta nel mondo dell'allenamento come metodo di valutazione della prestazione aerobica e, per venire incontro ai valori cardiovascolari che si volevano misurare, si componeva di una serie di punti che andava da 6 a 20. In seguito, venne creata la “The Borg CR10”, ovvero una scala nella quale il punteggio andava da 1 a 10, alla quale seguì una scala analoga, ma denominata “OMNI-scale”. Grazie all'aiuto di queste tre scale per valutare lo sforzo, si riuscì a portare questi tipi di misurazione all'interno dell'allenamento contro resistenza (RT). Secondo Helms et al <sup>[15]</sup>, esistono vari modi per utilizzare queste scale di misurazione: il primo metodo è quello tradizionale nel quale l'atleta riporterà l'RPE alla fine di ciascuna serie di un esercizio o, in alternativa, alla fine di una serie di esercizi. Il secondo metodo consiste nel riportare l'RPE alla fine di una sessione d'allenamento, nello specifico dopo 30 minuti dalla fine dell'ultimo esercizio e questa metodologia prende il nome di “sessione RPE” o sRPE. Grazie alla sRPE, verrà valutata in toto la seduta d'allenamento e questo valore può essere utilizzato per prescrivere i livelli di intensità all'interno dell'intera seduta allenante o per monitorare le risposte e gli adattamenti del soggetto tra una seduta e l'altra per poter, eventualmente, modificare il programma di allenamento.

## Vantaggi dell'RPE e della scala di Borg

L'utilizzo del RPE all'interno di una programmazione di allenamento apporta i seguenti vantaggi:

- Una misura che quantifica lo sforzo percepito, che può aiutarci ad autoregolare l'allenamento nelle varie sedute o a valutare la difficoltà di un'alzata, e.g. un "top set" ovvero una serie che si distingue dalle altre serie dello stesso esercizio per l'utilizzo di un carico e/o un livello di fatica che eccedono la media di carico e/o sforzo previsti per quell'esercizio per quella seduta d'allenamento;
- Metodologia di autoregolazione altamente disponibile e, soprattutto, gratuita a differenza di altre metodologie (e.g. VBT) che necessitano una particolare attrezzatura, non sempre alla portata di tutti, per poter essere applicate;
- A fini agonistici, utile per gestire i periodi pre e post competizione (e.g. settimana di peaking), i quali spesso sono caratterizzati da stress psico-fisici elevati, evitando che l'atleta entri in fasi di overtraining come la "Sindrome da Overtraining" (OTS). Nel post-competizione, invece, può essere utile per far recuperare l'atleta durante una settimana di tapering per migliorare la transizione tra una fase d'allenamento e la successiva (Helms et al <sup>[15]</sup>, Israetel <sup>[11]</sup>);
- Metodologia di allenamento "altamente soggettiva", ovvero una metodologia che rifletterà sempre le condizioni psico-fisiche del soggetto che la utilizza, a differenza di una metodologia "fixed load", la quale fa affidamento su % calcolate sul 1RM del soggetto, ma che non corrispondono sempre alla vera capacità del soggetto di performare, perciò potrebbero essere sottostimate come sovrastimate. Il grado giornaliero di "readiness" di un soggetto è un fattore chiave per scegliere la corretta intensità d'allenamento.

## Svantaggi dell'RPE e della scala di Borg

Tuttavia, se si volesse utilizzare l'RPE come metodologia principale all'interno di una programmazione, si potrebbe incorrere nei seguenti svantaggi:

- Metodologia che richiede pratica per poter essere utilizzata al meglio, poiché riuscire ad esprimere il vero valore nella scala dello sforzo percepito, non è un compito semplice e richiede esperienza nel campo del RT. Perciò sarà una metodologia meno indicata (ma non per questo non efficace) per soggetti o atleti principianti o poco familiari col RT (Steele et al <sup>[27]</sup>);
- Metodologia che richiede molta attenzione e sistematicità con i dati che vengono raccolti tra una seduta allenante e quella successiva. Questo fattore, perciò, richiede sia il soggetto che si sta allenando che il soggetto che sta seguendo l'allenamento di raccogliere correttamente i dati onde evitare degli adattamenti indesiderati o non funzionali al fine del programma (Suchomel et al <sup>[28]</sup>);
- La maggior parte delle volte il valore dell'RPE fornito dallo sperimentatore è stato sottostimato dai soggetti, qualora si fosse andato a confrontare quel valore con il vero numero massimo di ripetizioni eseguibili (Helms et al <sup>[15]</sup>). Per ridurre l'incidenza questo evento, come visto nei punti precedenti, il soggetto dovrebbe passare più tempo possibile a praticare questa metodologia per migliorare la percezione della fatica (Helms et al <sup>[15]</sup>, Steele et al <sup>[27]</sup>).

## **Perché scegliere il RIR?**

L'indice di autoregolazione denominato "Repetitions In Reserve" o RIR, fu introdotto nel mondo del RT nel 2008 dal powerlifter americano M.

Tuchsherer grazie al suo libro “Reactive Training Manual”. Questa metodologia per valutare lo sforzo percepito si basa sul numero di ripetizioni che mancano dal raggiungimento del cedimento muscolare (MF) all’interno di ciascuna serie allenante. Lo scopo originario dell’invenzione del RIR era quello di fornire all’atleta avanzato (powerlifter agonista) una metodologia per autoregolare le serie con un determinato carico all’interno di un programma periodizzato per migliorare le tre alzate da gara (Bench Press, Back Squat e Deadlift).

Al contrario del RPE, il RIR si può definire come la “l’altra faccia della medaglia” in quanto l’indicatore che fornirà l’intensità percepita saranno le ripetizioni che mancheranno dal raggiungimento del MF, perciò il RIR avrà un decorso diametralmente opposto al RPE: mano a mano che ci si avvicinerà allo 0, l’intensità si farà progressivamente sempre più massimale.

### Vantaggi del RIR

I vantaggi che si possono ottenere attraverso l’utilizzo del RIR sono:

- Riesce a fornire una stima più specifica riguardo la prossimità al cedimento muscolare (MF) rispetto al RPE, in quanto il RIR è una metodologia ancora più soggettiva del RPE, poiché stimare l’intensità attraverso le ripetizioni in riserva permette di esprimere al meglio la fatica percepita da un soggetto, rispetto a quantificarla attraverso un dato numerico (Helms et al <sup>[17]</sup>);
- L’utilizzo di questa metodologia si dimostra più adatto in tutti gli sport di forza/potenza dov’è previsto il sollevamento di carichi massimali o sub-massimali per un range molto contenuto di ripetizioni, che di solito va dall’1RM alle 6-8RM;
- Come nel caso del RPE, questa è una metodologia di autoregolazione altamente disponibile e, soprattutto, gratuita a differenza di altre metodologie (e.g. VBT) che necessitano una

particolare attrezzatura, non sempre alla portata di tutti, per poter essere applicate;

- Si adatta molto facilmente al tipo di lavoro che si va ad eseguire, poiché la stima dell'intensità sarà sempre correlata a quante ripetizioni l'atleta percepisce che mancano al raggiungimento del MF.

### Svantaggi del RIR

Tuttavia, anche il RIR presenta alcuni svantaggi, ovvero:

- Come nel caso del RPE, anche il RIR è una metodologia che richiede pratica per essere compresa, perciò potrebbe essere una metodologia meno indicata (ma non per questo non efficace) per soggetti o atleti principianti o poco familiari col RT (Steele et al <sup>[27]</sup>);
- Metodologia che valuta la prossimità al MF durante l'esecuzione della serie stessa. L'atleta, perciò, dovrà imparare a prevedere il numero di ripetizioni rimanenti dal MF con un determinato carico;
- Come visto in precedenza (Tuchsherer, 2008), questa è una metodologia strettamente correlata agli sport di forza/potenza come il Powerlifting e a causa di ciò, è sconsigliato utilizzarla in sedute allenanti che prevedono:
  - o Nessun conteggio delle ripetizioni (e.g. lavori a tempo)
  - o Più ripetizioni si vanno ad eseguire e più sarà difficile determinarne il RIR (a meno che non sia una serie che porta al MF)
  - o Se i tempi di recupero sono prestabiliti, nel caso in cui fossero troppo corti e il recupero molto incompleto, la fatica accumulata non permetterebbe di esprimere il vero valore associato al RIR dato.

A supporto di questi vantaggi e svantaggi nell'utilizzo del RIR, il powerlifter canadese Avi Silverberg <sup>[36]</sup> ha riportato le stesse caratteristiche di queste metodologie nella sua esperienza sia come atleta che come coach.

### **Si possono usare l'RPE e il RIR simultaneamente?**

Essendo due metodologie speculari tra di loro, l'RPE ed il RIR potrebbero essere utilizzati all'interno della stessa seduta allenante. A dare supporto a questa frase, Silverberg <sup>[36]</sup> ed Helms <sup>[15]</sup> hanno stabilito che l'RPE potrebbe essere equivocado in quanto è una misurazione molto soggettiva dello sforzo percepito: ciò che un soggetto potrebbe percepire come un "RPE 8" per un altro soggetto potrebbe essere un "RPE 7" o "RPE 9" e così via. A causa di questa sua elevata soggettività nell'esprimere lo sforzo percepito, è stato consigliato da Helms et al <sup>[15]</sup>, di affiancare l'utilizzo del RPE ad un altro tipo di misurazione, per aumentare l'affidabilità.

In questo modo, si andrebbe ad accompagnare ciascun valore della scala del RPE con un valore di un altro tipo di misura, per aumentarne l'efficacia e standardizzare il più possibile le diverse percezioni della fatica che potrebbero intercorrere tra un soggetto e l'altro. Da questo punto di vista, il RIR potrebbe essere un ottimo strumento da affiancare al RPE, poiché a ciascun valore di quest'ultimo corrisponderebbe un valore soltanto della scala del RIR (e.g. l'RPE 9 corrispondere a un RIR 1, l'RPE 8 ad un RIR 2 e così via).

L'RPE, tuttavia, può essere utilizzato senza la combinazione con altre metodologie come il RIR, quando si parla di cose il "lavoro accessorio" all'interno del RT, ovvero tutto quell'insieme di esercizi utili a sviluppare maggior ipertrofia muscolare (MH) e forza nelle alzate principali, o fondamentali. Questo tipo di lavoro può prevedere l'utilizzo di un range di ripetizioni medio-alte o il lavoro con esercizi che non sono basati sulle ripetizioni ma su un tempo limite entro il quale la serie finirà (e.g. Plank o

Farmer Walk), ovvero ambiti in cui il RIR si è dimostrato non essere così altrettanto affidabile (Tuchsherer, 2008). L'RPE, infine, può essere utilizzato, senza essere accompagnato da altri indici, per lasciare che sia la persona a decidere quanta intensità mettere nella singola serie allenante o in un allenamento intero.

### La RIR-based RPE scale

La "RIR-based RPE scale" o "scala del RPE basata sul RIR" è una metodologia introdotta da Michael C. Zourdos, il quale ha preso la scala del RPE di Borg e quella del RIR di Tuchsherer, ha valutato i pregi e i difetti di entrambe e ha deciso di combinarle in un'unica e nuova scala che sfrutta i benefici di entrambe le metodologie. Nello studio condotto da Helms et al <sup>[15]</sup>, vengono sottolineate le peculiarità di questa nuova metodologia per autoregolare i carichi all'interno delle sedute di allenamento: una delle prime caratteristiche che vengono elencate, riguarda la sua efficacia in quanto, come metodologia di AR, riesce ad adattare l'allenamento e i carichi allenanti in base alle condizioni biologiche e psicologiche giornaliere del soggetto, tenendo conto dei fattori endogeni ed esogeni che influenzano l'allenamento (e.g. sonno, alimentazione, stress apportati dalla vita quotidiana, etc...).

Un'altra caratteristica molto importante della scala RIR/RPE è che tiene in considerazione i cambiamenti fisiologici di un soggetto in risposta agli stimoli allenanti, in quanto si è visto che possono essere molto imprevedibili e repentini, a differenza di una metodologia a carico fisso la quale si basa su una performance (e.g. 1RM) che non sempre corrisponde ai livelli giornalieri di prontezza del soggetto. Ciò nel breve termine potrebbe risultare in carichi di allenamento sottostimati o sovrastimati e in adattamenti funzionali indesiderati.

La terza caratteristica di questa metodologia è che offre una stima ancora più dettagliata e soggettiva dei livelli di fatica percepita da un soggetto,

con carichi che si attestano molto vicini al massimale (1RM). Nei soggetti principianti, tuttavia, uno studio condotto da Zourdos et al <sup>[34]</sup> ha evidenziato come l'utilizzo della RIR-based RPE scale nei principianti, abbia riportato dei punteggi meno precisi se comparati con quelli di una popolazione di soggetti avanzati. Questo potrebbe essere imputato al fatto che i principianti posseggano una limitata (se non inesistente) esperienza in determinati esercizi e che la loro capacità neuro-muscolare di sviluppare forza sia ridotta. Perciò, i principianti dovrebbero imparare ad utilizzare correttamente questa metodologia prima di utilizzarla all'interno della periodizzazione dell'allenamento individuale.

La quarta caratteristica di questa metodologia è che aumenta, nei soggetti che la utilizzano sistematicamente, la percezione delle ripetizioni che mancano al raggiungimento del MF. L'accuratezza nel predire il numero di ripetizioni in riserva dal MF può essere testata attraverso delle sedute specifiche dedicate a questo scopo.

Infine, la RIR-based RPE scale potrebbe essere utilizzata insieme a una percentuale di carico relativa al 1RM del soggetto (e.g. 3 serie da 3 ripetizioni col 90% a RIR1): in questo modo, nei giorni in cui l'atleta performerà al meglio si avrà una corrispondenza tra le due misure, altrimenti nei giorni in cui il soggetto non riuscirà a performare come desiderato, il protocollo in AR farà fermare il soggetto a parità di intensità percepita.

Come detto poc'anzi, questa metodologia può essere implementata all'interno della programmazione di un soggetto, non appena quest'ultimo avrà trascorso abbastanza tempo ad affinare le sue capacità nel prevedere le ripetizioni in riserva dal raggiungimento del MF. Una volta deciso di utilizzare la RIR-based RPE scale, è stato visto da Helms et al <sup>[15]</sup>, come questa metodologia possa essere applicata con successo in tutte quelle periodizzazioni d'allenamento volte all'aumento della forza massimale (1RM), dell'ipertrofia muscolare (MH) e della potenza muscolare (MP).

Per adattare questa scala alle diverse componenti sopracitate, al soggetto basterà prescrivere un numero di serie e di ripetizioni ad un dato range di RIR e selezionare un carico (o dei carichi, tra una serie e l'altra) che permettano di rispettare il numero di RIR dato.

Un esempio pratico può essere: il soggetto decide di performare 4 serie da 8 ripetizioni ciascuna con un RIR equivalente a 1-2 ripetizioni dal raggiungimento del MF. Detto ciò si dovrà selezionare un carico o dei carichi (decrescenti durante le serie) con i quali eseguire quel dato range di ripetizioni per ciascuna serie. Il carico può essere scelto sulla base delle serie di riscaldamento, che aiutano il soggetto a capire il suo livello di readiness giornaliera per quella seduta allenante.

## **Capitolo 5 – Come utilizzare l'autoregolazione**

### **a fini ipertrofici?**

In questo capitolo si andrà ad analizzare la letteratura raccolta con particolare riferimento all'allenamento contro resistenza (RT) e i risvolti che si hanno a livello ipertrofico utilizzando la metodologia dell'autoregolazione (AR).

Verrà fatta una panoramica sui possibili guadagni in termini di aumento della massa muscolare (o ipertrofia muscolare, MH) utilizzando gli indici RPE, RIR e RIR-based RPE scale e se questi hanno dimostrato differenze significative tra soggetti divisi nelle tre categorie basate sulla "training experience" individuale (TE).

Infine, verrà fatto un confronto dei risultati in termini di aumento della MH tra le metodologie in AR e le metodologie che prevedono l'utilizzo di percentuali di carico sulla base di un massimale stimato, identificate come metodologie "fixed load" (FL).

Per fare ciò sono stati inclusi sette articoli su trenta, ovvero tutti gli articoli che si sono basati o che hanno compreso l'analisi degli effetti di un protocollo in AR o di un protocollo FL o di entrambi sull'aumento della MH dei soggetti analizzati.

### **Quando utilizzare l'autoregolazione per l'ipertrofia muscolare?**

In questo paragrafo si andranno ad analizzare i metodi e risultati ottenuti negli articoli selezionati, cercando di porre una base sull'utilizzo generale dell'autoregolazione nei protocolli volti allo sviluppo della MH.

Com'è stato detto nei capitoli precedenti, quando si parla di allenamento volto allo sviluppo dell'ipertrofia muscolare (MH), si fa molto spesso

riferimento all'allenamento contro resistenza (o Resistance Training, RT), ovvero un tipo di allenamento che vede l'utilizzo di sovraccarichi interni o esterni, come una resistenza alla quale il nostro apparato muscolo-scheletrico si deve opporre vincendola (ciclo allungamento-accorciamento) o mantenendo questa opposizione in maniera statica o negativa (allenamento isometrico e allenamento eccentrico, rispettivamente). Questi tipi di stimolo diversi producono un risultato comune: l'aumento della dimensione delle fibre muscolari, degli elementi contrattili e non-contrattili e questo fenomeno prende il nome di ipertrofia muscolare (Schoenfeld, "Science and Development of Muscle Hypertrophy, <sup>[4]</sup>). Inoltre, va considerato come, per massimizzare la risposta ipertrofica del RT, siano importanti molti altri fattori, non solo il tipo di contrazione muscolare che si va ad eseguire. Questi fattori (ACSM <sup>[25]</sup>) sono le variabili che costituiscono la singola seduta allenante o un periodo di allenamento più o meno lungo (microciclo, mesociclo o macrociclo), vale a dire:

- Volume, ovvero la misura della quantità di lavoro totale all'interno di una seduta, descritto come "serie \* ripetizioni \* carico";
- Intensità, ovvero la misura dello sforzo richiesto al soggetto per completare una serie allenante. Di solito, si paragona la percentuale dell'intensità percepita in una serie con il valore assoluto della massima espressione di forza del soggetto (e.g. 75% del 1RM);
- Densità, ovvero la misura del rapporto che intercorre tra tempo d'esecuzione di un esercizio ed il relativo tempo di recupero. Più quest'ultimo sarà basso e più la densità di un allenamento aumenterà;
- Frequenza, ovvero quante volte lo stesso gruppo muscolare viene stimolato all'interno dello stesso microciclo;
- Selezione degli Esercizi, che riguarda il tipo d'esercizi e l'attrezzatura con la quale si andranno a svolgere.

Una volta capito quali sono le variabili dell'allenamento che si possono utilizzare per stimolare l'ipertrofia, è necessario impostare le corrette progressioni con una specifica attenzione al soggetto che si sta allenando, in quanto in base alla sua training experience (TE) si andrà a modulare queste variabili.

### **Utilizzo di RPE e RIR nell'allenamento per l'ipertrofia (HT).**

In questo paragrafo verranno analizzati gli articoli selezionati per capire come viene utilizzata l'AR all'interno di una periodizzazione di allenamento volta ad aumentare l'ipertrofia muscolare. In particolare, saranno analizzate le due metodologie trattate finora, ovvero l'RPE e il RIR e la loro possibile combinazione denominata "RIR-based RPE scale".

L'RPE, come già discusso nei capitoli precedenti, è una metodologia di autoregolazione che prevede la quantificazione dello sforzo percepito da un soggetto dopo aver completato una serie allenante. Questo valore, se viene utilizzata la "OMNI-scale" o la "Borg CR-10" <sup>[35]</sup> si collocherà all'interno di una scala di dieci valori, dove il valore più basso "1" corrisponderà ad uno sforzo pressoché inesistente, mentre il valore più alto "10" corrisponderà ad uno sforzo massimale.

All'interno di una revisione sistematica con meta-analisi di Hickmott et al, 2022, vennero analizzati un totale di 15 studi inerenti al confronto tra allenamenti in AR e con FL e gli effetti che producevano sulla forza massimale e sull'ipertrofia muscolare (MH). Di questi quindici studi, sei riguardavano l'AR dei carichi.

Infine, un solo studio dei sei proposti vedeva l'utilizzo del RPE per autoregolare i carichi. Questo studio fu condotto da Helms et al <sup>[14]</sup>, i quali hanno valutato le differenze tra un protocollo basato sull'utilizzo del RPE e un altro protocollo basato sulle percentuali di un 1RM su soggetti con almeno due anni di TE (secondo le suddivisioni fatte nei capitoli

precedenti, dunque, tutti soggetti avanzati). Per standardizzare il più possibile le modalità di esecuzione dei protocolli di allenamento e, quindi, i risultati, è stato assegnato lo stesso numero di serie e ripetizioni, frequenza e selezione di esercizi ad entrambi i gruppi. L'unica variabile che determinava un aumento o una diminuzione del volume totale dell'allenamento è stata la percentuale di carico che, nel gruppo FL corrispondeva ad una percentuale che si trovava all'interno del valore RPE dato al gruppo AR (e.g. se al gruppo AR veniva assegnato un RPE 8, al gruppo FL veniva data una percentuale di carico che spaziava tra il 77.5% e l'87.5%). I risultati di questo studio hanno evidenziato come, non solo il gruppo AR ha dimostrato dei miglioramenti significativi in termini di forza massimale, ma di come anche l'ipertrofia del gran pettorale e del vasto laterale del quadricipite fosse aumentata, suggerendo che l'allenamento basato sull'utilizzo del RPE può essere uno strumento utile per migliorare l'ipertrofia muscolare.

Il RIR, come spiegato in precedenza, è una metodologia introdotta nel 2008 da M. Tuchsherer, molto simile al RPE ma che utilizza il numero di ripetizioni che mancano al raggiungimento del cedimento muscolare (MF) come dato per quantificare lo sforzo percepito da un soggetto prima di iniziare una serie allenante. Nonostante sia molto simile al RPE, i valori che verranno riportati saranno diametralmente opposti a quelli riportati con la prima metodica, ovvero che più una serie si avvicinerà al MF e più il valore RIR riportato sarà vicino allo "0". Al contrario, più una serie sarà lontana dal MF e più il valore RIR riportato sarà vicino al "5-6", poiché valori più bassi potrebbero non esprimere veramente le ripetizioni in riserva (Zourdos et al <sup>[34]</sup>).

Per analizzare al meglio gli effetti di un protocollo che prevede l'utilizzo del RIR, la revisione sistematica con meta-analisi di Grgic et al <sup>[12]</sup> ha ripreso il precedente lavoro svolto da Davies et al <sup>[7]</sup>. In questa nuova revisione sono stati selezionati quindici studi per un totale di 394 partecipanti. Sei studi furono condotti su partecipanti che già avevano esperienza col RT,

mentre gli altri nove studi hanno preso in analisi solo soggetti che non possedevano alcuna esperienza pregressa col RT. Di questo numero iniziale di studi e di soggetti analizzati, gli effetti a livello di aumento della MH sono stati valutati e riportati in sette studi, due dei quali condotti su soggetti con esperienza pregressa col RT. L'ammontare dei soggetti analizzati, dunque, è sceso a 219.

I protocolli di allenamento sono durati da 6 a 14 settimane con una frequenza di allenamento di 2-3 volte alla settimana e i cambiamenti a livello di MH sono stati registrati prevalentemente a livello del muscolo del quadricipite (altri studi hanno incluso anche punti diversi come i muscoli flessori dell'avambraccio e il deltoide anteriore).

I risultati hanno mostrato che, negli studi dove il volume era stato equalizzato, non sono state registrate differenze significative nello sviluppo della MH tra i gruppi che hanno raggiunto il MF rispetto ai gruppi in AR. D'altra parte, negli studi dove il volume totale d'allenamento non è stato equalizzato, i risultati in termini di sviluppo della MH sono stati maggiori nei gruppi in AR. Questo risultato può essere spiegato sulla base di due fattori principali: il primo fattore riguarda la fatica che si va ad accumulare tra un set e l'altro dello stesso esercizio, ovvero che nei gruppi che sono arrivati al MF la fatica accumulata nelle prime serie non ha permesso ai partecipanti di continuare ad avere un numero maggiore di serie, poiché il decremento delle ripetizioni era più significativo tra una serie e l'altra rispetto ai gruppi AR (Wanderson et al <sup>[26]</sup>).

L'altro fattore riguarda la capacità di reclutamento delle unità motorie (MU). In base al tipo di muscolo che si sta allenando, la capacità di reclutare il massimo numero di MU di un distretto muscolare può variare dal 60% all'85% del 1RM del carico utilizzato. Detto ciò, anche le MU più grandi, durante allenamenti con carichi che variano dal 60% al 90% del 1RM, tendono ad essere reclutate già dalle prime ripetizioni. Questo ha portato gli autori a pensare che allenandosi con carichi medio-alti non sia

necessario ricercare il MF per l'aumento della risposta ipertrofica all'esercizio (Grgic et al <sup>[12]</sup>).

Questi dati suggeriscono che, come nel caso del RPE, anche il RIR sia una metodologia efficace nell'allenamento volto a massimizzare la MH.

Infine, si è visto che Zourdos et al <sup>[34]</sup> decisero di implementare queste due metodologie tra di loro, creando una terza metodologia di autoregolazione dell'allenamento denominata "RIR-based RPE scale". Nello studio condotto da Helms et al <sup>[15]</sup>, sono stati valutati i punti di forza di questa nuova scala di percezione dello sforzo. Questo studio ha valutato anche i possibili risvolti in termini di aumento della MH utilizzando la RIR-based RPE scale.

Come detto nel paragrafo ma anche nei capitoli precedenti, quando si vuole costruire un programma di allenamento per aumentare la massa muscolare (MH), una delle varianti più significative ed importanti, se non appunto la più importante, è il "volume totale di allenamento" dato dal numero di serie di un esercizio moltiplicato per le ripetizioni e per il carico sollevato in ciascuna serie.

Ciascuno di questi tre parametri, dunque, dovrà essere regolato in maniera tale da garantire uno stimolo adeguato (e.g. percentuali di carico troppo basse potrebbero non essere funzionali allo sviluppo di MH, in quanto non producono un reclutamento efficace delle unità motorie più grandi). Secondo Helms <sup>[15]</sup> i guadagni a livello ipertrofico si possono osservare in diversi range di ripetizioni (e.g. da 3RM fino a 30RM), perciò hanno utilizzato il termine "RM zones" che consiste nel lavorare con un carico che rispecchia un determinato numero di ripetizioni massimali eseguibili (e.g. 6RM). Sulla base di questo indice viene suggerito di rimanere, per la maggior parte del volume totale di allenamento, all'interno di un range di ripetizioni che spazia dalle 6RM alle 12RM, utilizzando carichi che nella scala RIR-based RPE corrispondono a un RIR 0-2, quindi

RPE 8-10. La scelta del carico e del relativo numero di ripetizioni verranno fatte a seconda della fase della periodizzazione in cui il soggetto si trova.

Per concludere questo paragrafo, si è visto come sia l'RPE, che il RIR che il loro utilizzo simultaneo, RIR-based RPE scale, possono essere metodologie utili per non solo autoregolare l'allenamento, bensì anche per sviluppare maggior MH, variando su più range di ripetizioni, all'interno della stessa periodizzazione.

### **Differenze nell'AR di esercizi monoarticolari e multiarticolari per l'ipertrofia.**

Parlando di un contesto più specifico alla selezione degli esercizi, vista nei capitoli precedenti, una distinzione molto importante si può fare in base al tipo di schema motorio previsto da un esercizio e dal numero di distretti muscolari ed articolazioni che esso può coinvolgere. Secondo il libro "Teorie e Metodologie del Fitness" di Antonio Paoli [2] gli esercizi si dividono in "esercizi base", o fondamentali ed "esercizi complementari", o solamente complementari.

Gli esercizi base vengono chiamati così poiché sono caratterizzati da una traiettoria di esecuzione che di solito segue una linea retta, coinvolgendo almeno due articolazioni e almeno due distretti muscolari diversi. Questa loro caratteristica principale li rende più adatti a lavori di condizionamento generale o per migliorare la forza nelle sue varie forme (e.g. forza massimale, velocità, resistenza alla forza, etc...). D'altra parte, però, il fatto che coinvolgano più articolazioni e distretti muscolari, li porta ad avere un'alta sinergia muscolare e un maggiore stimolo metabolico. Un esempio di esercizio base, o fondamentale, è il Back Squat con bilanciere.

Gli esercizi complementari, invece, possiedono una traiettoria che viene ricondotta ad un arco di una circonferenza, coinvolgendo una sola articolazione e meno distretti muscolari durante il movimento. Queste

caratteristiche rendono gli esercizi complementari utili per lavori specifici, altresì chiamati “di isolamento” perché andranno a concentrare il lavoro e la tensione meccanica su un gruppo muscolare specifico. In questo modo, la sinergia muscolare in questi esercizi è molto ridotta, come lo è anche lo stimolo metabolico, rispetto agli esercizi multiarticolari. Un esempio di esercizio monoarticolare è il Curl per bicipiti con bilanciere EZ.

Adesso che sono state spiegate le differenze tra i due gruppi di esercizi, si andrà a vedere se ci possono essere delle differenze nell'autoregolazione degli esercizi multiarticolari rispetto ai monoarticolari.

Lo studio condotto da Helms et al <sup>[15]</sup>, nel quale si discute la validità della RIR-based RPE scale, suggerisce come implementare questa metodologia di AR all'interno di una programmazione d'allenamento volta ad aumentare la MH: Helms e colleghi sottolineano come gli esercizi multiarticolari non siano molto indicati come esercizi da portare al MF, in quanto il numero di ripetizioni tra una serie e l'altra andrebbe a ridursi in maniera molto considerevole, andando ad influenzare negativamente il volume totale di lavoro, mentre il rischio d'infortunio per il soggetto aumenterebbe. In questo studio viene consigliato, per gli esercizi multiarticolari, di lavorare dalla prima serie con un RIR 2-4 o RPE 6-8, poiché l'intensità percepita aumenterà al progredire delle serie dello stesso esercizio, abbassando il RIR e innalzando l'RPE.

Al contrario, gli esercizi monoarticolari sarebbero più adatti a lavori che si avvicinano maggiormente al MF, dato il loro schema motorio poco complesso e il rischio di infortuni ridotto. Helms et al <sup>[15]</sup> suggeriscono di tenere gli esercizi complementari alla fine della seduta allenante, andando a fare dei lavori in un range di RIR 0-2 o RPE 8-10.

## **Un anno di HT autoregolato vs HT a carichi prescritti.**

Quando si parla di “periodizzazione dell’allenamento” ci si riferisce a un procedimento che prevede il costante e continuo adattamento degli stimoli allenanti, per poter portare un soggetto alla condizione di massima prestazione in tempo per la competizione.

All’interno di una periodizzazione d’allenamento si distingueranno diverse fasi, dovute al fatto che la periodizzazione progredisce nel tempo per creare degli adattamenti. Le fasi di una periodizzazione volta a migliorare la forza massimale (1RM) sono:

- Fase di “Accumulo”, è la fase che di solito si trova più distante, in termini temporali, dalla competizione. È caratterizzata da un volume totale di lavoro che cresce progressivamente di settimana in settimana, o di seduta in seduta, ma delle intensità relativamente basse;
- Fase di “Intensificazione”, è descritta come una fase di transizione da un volume alto e un’intensità medio-bassa a un volume medio-basso e un’intensità alta. Questa fase permette al soggetto di adattarsi progressivamente ai carichi d’allenamento crescenti, lavorando con range di ripetizioni sempre più bassi;
- Fase di “Peaking”, è la fase che precede la gara o è la fase nella quale si espleta la gara stessa. È caratterizzata da un volume totale di allenamento molto basso ed intensità molto alte, per permettere al soggetto di adattarsi al meglio a quella che sarà la capacità richiesta in gara. Spesso questa fase dura poco, per evitare l’insorgenza di infortuni o di sindromi da sovrallenamento (OTS);
- Fase di “Tapering”, è descritta come la fase che segue il periodo competitivo, nella quale il soggetto andrà a recuperare dagli stressor accumulati durante la competizione, lavorando con volumi ed intensità relativamente bassi, abbassando il livello di fatica neuro-muscolare e preparandosi per una nuova fase.

In questo paragrafo si analizzeranno gli studi selezionati per capire se è possibile utilizzare l'AR, in particolare l'RPE e il RIR, all'interno di periodizzazioni di allenamento sul medio-lungo termine, ovvero tempi che eccedono i lassi di tempo visti finora di qualche settimana o mese (e.g. 6 – 14 settimane).

Considerando i vantaggi dell'AR nell'utilizzare l'RPE, il RIR e la RIR-based RPE scale visti nei capitoli precedenti e grazie agli studi presi in analisi per la stesura di questo capitolo, è stato evidenziato come queste metodologie siano uno strumento molto utile per periodizzare l'allenamento volto ad aumentare la MH (Helms et al <sup>[15]</sup>).

Secondo la revisione sistematica di Hickmott et al <sup>[18]</sup> sono stati selezionati solo studi che avevano come lasso minimo di tempo 5 settimane di follow-up poiché, a detta degli autori, è il quantitativo minimo di tempo all'interno del quale si possono osservare dei risultati in termini di aumento della MH. Detto ciò, se si prendesse in considerazione un lasso di tempo maggiore, ad esempio un anno, durante il quale si andasse a creare una periodizzazione in AR, si potrebbero rilevare risultati ancora più significativi.

In questo studio si è concluso che un approccio in AR potrebbe essere protratto all'interno di una periodizzazione maggiormente orientata sul medio-lungo termine, a prescindere dal fatto che l'obiettivo principale sia l'aumento della forza massimale oppure l'aumento della MH. Nello studio viene consigliato di cominciare il primo Macro ciclo di allenamento con una soglia di perdita della velocità alta ("velocity loss" del 20-25%). Utilizzando questo approccio il soggetto dovrà interrompere la serie quando la velocità durante la fase concentrica del movimento si ridurrà del 20-25% rispetto alla velocità concentrica registrata durante la prima ripetizione.

Procedendo tra un Macro ciclo e il successivo, questa percentuale tenderà ad abbassarsi sempre di più fino ad arrivare alla fase prima della gara dove avrà un valore minimo (e.g. velocity loss del 10-15%).

Allo stesso modo si potrebbe pensare un procedimento analogo utilizzando la RIR-based RPE scale, nel quale si potrebbe cominciare con un Macro ciclo di accumulo che prevede un numero medio-alto di serie ad un'intensità relativamente bassa (e.g. RIR 4-5 ovvero RPE 5-6). Di settimana in settimana e col variare dei macro cicli si passerebbe a una o più fasi d'intensificazione dove le ripetizioni andrebbero a ridursi e i carichi ad aumentare. Per questa ragione si potrebbe ricercare maggiormente il MF (e.g. RIR 1-2 o RPE 8-9).

Facendo così si potrebbe creare una programmazione autoregolata che, a prescindere dalla sua durata, andrebbe a rispecchiare al meglio la performance del soggetto, all'interno della singola seduta allenante, a differenza di un protocollo FL che prevede l'utilizzo di carichi scelti sulla base di percentuali calcolate su un test 1RM eseguito prima di cominciare la programmazione stessa.

Come già visto nei capitoli precedenti, le metodologie in AR permettono di adattare i carichi sulla base delle prestazioni giornaliere del soggetto e questo comporterebbe, nel medio-lungo termine, adattamenti ai carichi migliori (Grgic et al <sup>[12]</sup>, Helms et al <sup>[16]</sup>, Vieira et al <sup>[29]</sup>).

Un altro fattore molto importante da considerare è la fatica accumulata tra le serie e tra le sedute allenanti. Nel caso di un protocollo FL può capitare che la percentuale di carico selezionata in una determinata seduta possa non corrispondere alla capacità di performare del soggetto, in quanto il test 1RM sul quale si basano le percentuali di carico non è una stima che tiene conto delle variazioni giornaliere della prestazione. Questo può tradursi in sedute di allenamento nelle quali le percentuali sono troppo alte per le serie e le ripetizioni date. Nel caso, invece, di un protocollo che ricerca costantemente il MF, il soggetto si spingerà quasi sempre a cedimento causando l'accumulo di molta fatica tra le serie e di seduta in seduta.

A tal punto, è stato visto da González-Hernández et al <sup>[9]</sup> e da Wanderson et al <sup>[26]</sup> che i gruppi che ricercavano il MF riportavano degli RPE, RPD e sRPE più alti dei soggetti che non raggiungevano il cedimento. Da questi due studi è emerso come la maggior fatica accumulata nei gruppi MF si traduceva in una diminuzione più marcata delle ripetizioni tra una serie e l'altra e in una ridotta capacità di performare tra una seduta e l'altra. Inoltre, secondo Helms et al <sup>[15]</sup>, portare determinati esercizi al MF comporterebbe in una probabilità maggiore di incorrere in infortuni.

### **Conclusioni: si potrebbe sempre autoregolare l'allenamento per l'ipertrofia?**

Dall'analisi degli studi che rispettavano i criteri per questo capitolo è stato visto come il RT possa essere autoregolato con successo utilizzando l'RPE, il RIR e la RIR-based RPE scale con lo scopo di aumentare la MH. I vantaggi nell'utilizzo di queste metodologie sono molteplici: se confrontate con metodologie a FL o che ricercano il MF, non sono state riportate differenze significative all'interno degli studi dove il volume era equalizzato tra i gruppi (Hickmott et al <sup>[18]</sup>), però negli studi dove il volume non era equalizzato è stato riportato come i gruppi in AR hanno riportato risultati superiori rispetto ai gruppi FL o MF, in termini di aumento della MH (Grgic et al <sup>[12]</sup>). Questo risultato è stato spiegato attraverso il fatto che, non ricercando costantemente il MF, la perdita di ripetizioni tra una serie e l'altra è stata molto minore e ciò ha contribuito ad alzare il volume totale di lavoro, dimostrando che quest'ultimo è un fattore chiave, se non il fattore principale, per stimolare la MH (Helms et al <sup>[15]</sup>).

Per quanto riguarda la fatica accumulata tra le serie e tra le sedute, è stato visto dagli studi di González-Hernández <sup>[9]</sup> e di Wanderson et al <sup>[26]</sup> come le metodologie di AR possano risultare molto efficaci per controllare l'accumulo di fatica tra le serie e le sedute, permettendo al soggetto di recuperare a livello neuromuscolare in tempo per la seduta successiva.

Infine, lo studio di Helms et al <sup>[15]</sup> suggerisce come la periodizzazione dell'AR all'interno di una programmazione di allenamento possa essere affiancata all'utilizzo del cedimento muscolare (MF). In particolare, risulterà più proficuo e sicuro autoregolare gli esercizi multiarticolari (e.g. Bench Press), spaziando in un range di RIR 4-2 o RPE 6-8. Il MF potrà essere raggiunto verso la fine dell'allenamento attraverso esercizi monoarticolari, meno stressanti e più sicuri, nei quali ci si potrà spingere fino ad un RIR 0-1 o RPE 9-10 per massimizzare il volume totale di lavoro e la risposta ipertrofica all'allenamento.

Autore	Anno	Obiettivo	Metodo	N° soggetti	Risultati
González-Hernández et al	2021	Valutare gli effetti del RT in AR o a MF sulla fatica percepita osservando dei marker meccanici, neuromuscolari e biochimici	Sedute di Back Squat alla massima profondità eseguite da gruppi AR o MF, con misurazione dei marker nell'acuto e nel cronico	12 (solo M)	Il gruppo AR ha riportato dei marker (perdita di velocità, concentrazione di CR e AST e massima attivazione concentrica volontaria) migliori rispetto al gruppo MF
Grgic et al	2021	Valutare gli effetti del RT in AR o a MF su Forza e Ipertrofia	I gruppi AR non ricercavano il cedimento muscolare, mentre i gruppi MF andavano a cedimento	219 (M= 130, F=89)	Volume equalizzato AR > MF aumento di Forza Massimale AR = MF aumento dell'Ipertrofia  Volume NON-equalizzato AR > MF aumento di Forza Massimale ed Ipertrofia
Helms et al	2018	Valutare gli effetti del RT in AR o a MF su Forza e Ipertrofia a parità di serie e ripetizioni	Un gruppo AR e un gruppo MF eseguivano un programma periodizzato di Back Squat e Bench Press	21 (solo M)	AR > MF aumento di Forza Massimale  AR = MF aumento dell'Ipertrofia
Hickmott et al	2022	Valutare gli effetti del RT in AR o a FL su Forza e Ipertrofia	Un gruppo AR e un gruppo FL Misurazione del 1RM nel Back Squat, Bench Press e Deadlift Misurazione della densità muscolare del vasto laterale del Quadricipite e del gran Pettorale	133	AR > MF intensità relativa di carico aumento della Forza Massimale  AR = MF aumento dell'Ipertrofia
Vieira et al	2021	Valutare gli effetti del RT in AR o a MF su Forza, Ipertrofia e Potenza	I gruppi AR non ricercavano il cedimento muscolare, mentre i gruppi MF andavano a cedimento	384	Volume equalizzato AR > MF aumento di Forza Massimale e Potenza AR = MF aumento dell'Ipertrofia  Volume NON-equalizzato AR > MF aumento di Forza Massimale, Ipertrofia e Potenza
Wanderson et al	2021	Valutazione delle risposte in acuto dopo 4 serie in AR o a MF, utilizzando RPE, RPD e sRPE come misure della fatica percepita	I gruppi AR e MF dovevano eseguire 4 serie di back Squat al parallelo	12 (solo F)	Il gruppo AR ha riportato dei valori di RPE, RPD e sRPE minori rispetto al gruppo MF
Willardson et al	2010	Valutare gli effetti del RT ricercando il MF e utilizzando le "ripetizioni assistite"	Considerazione della letteratura sul RT portato a MF e oltre il classico cedimento muscolare utilizzando l'ausilio di un partner	/	MF e oltre il cedimento può essere proficuo per stimolare l'Ipertrofia Se utilizzato di frequente indurrebbe ad una fatica neuromuscolare eccessiva Per protocolli di Potenza, il MF è sconsigliato

Figura 5.1.1 – Classificazione degli articoli e dei risultati

## **Capitolo 6 – Come si può utilizzare l'autoregolazione per aumentare la forza massimale (1RM)?**

In questo capitolo si andrà ad analizzare la letteratura raccolta con particolare riferimento agli effetti che il Resistance Training (RT) possiede sull'aumento della forza massimale (1RM), attraverso l'utilizzo dei tre metodi di autoregolazione (AR) presi in analisi: RPE, RIR e RIR-based RPE scale.

Verrà fatta una panoramica sugli incrementi nella forza massimale (Maximal Strength) utilizzando degli approcci di AR, confrontando i risultati ottenuti con protocolli che prevedono l'utilizzo di carichi preimpostati, o protocolli "fixed load" (FL) o protocolli che prevedono il raggiungimento del cedimento muscolare ad ogni serie, o protocolli "muscular failure" (MF).

Il confronto verrà poi esteso sulla base di soggetti con un'esperienza nel RT (o "training experience", TE) diversa. Questi soggetti sono stati suddivisi in tre gruppi sulla base del fattore TE (principianti, intermedi e avanzati).

Per fare ciò, in questo capitolo, verranno considerati sei articoli su trenta, scelti perché presentavano le correlazioni tra aumento della forza massimale (1RM) in diversi esercizi (e.g. Bench Press, Back Squat con Bilanciere, etc...) e metodologie utilizzate durante lo svolgimento degli studi (tra cui le tre metodologie sopraccitate). Inoltre, per spiegare correttamente la terminologia specifica dello ST, sono state citate alcune definizioni riportate da libri che trattavano lo ST e gli adattamenti fisiologici che esso comporta.

## **Quando utilizzare l'autoregolazione per aumentare l'1RM?**

Quando si parla di ST si parla di “allenamento della forza” una capacità condizionale determinante per la performance sportiva e per la salute generale di un soggetto che non persegue uno scopo agonistico (Hickmott et al <sup>[18]</sup>, Zhang et al <sup>[33]</sup>). Come è stato visto nei capitoli precedenti grazie al grafico “forza-velocità” di Hill, sulla base della correlazione velocità di movimento e forza sviluppata, si possono identificare diversi profili di “Forza” (e.g. forza massimale, forza esplosiva, forza resistente, etc...). Lo scopo di questa tesi è valutare gli effetti di specifici protocolli e metodologie d'allenamento sull'aumento della forza massimale, ovvero il massimo grado di forza che un soggetto riesce ad esprimere in un determinato esercizio durante la fase concentrica, o “positiva”, di quel movimento. Nell'ambito del RT, lo sviluppo della forza massimale può essere misurato attraverso diversi tipi di test: uno dei metodi più efficaci e standardizzati per quantificare la forza massimale che un soggetto può esprimere in un determinato esercizio è il test denominato “One Repetition Maximum” (o 1RM).

Questo test prevede la scelta di un esercizio che, partendo da carichi molto bassi (e.g. bilanciere vuoto o a corpo libero), prevede un aumento progressivo del carico, fino al raggiungimento del massimo carico che si può spostare in una singola ripetizione massimale. Il test si potrà dire concluso quando il soggetto, eseguita la prima ripetizione, non riuscirà ad eseguirne un'altra con lo stesso carico. Grazie a questo test, si potrà avere la stima del massimo carico spostato da un soggetto in un determinato esercizio, anche se, è stato visto come questo risultato rifletta la performance di un soggetto in un determinato momento della programmazione, ovvero il giorno stesso del test (Helms et al <sup>[15]</sup>). Lo stesso procedimento si potrà effettuare con range diversi di ripetizioni (e.g. 3RM, 8RM, 15RM), per poi trovare il carico massimale attraverso un calcolo indiretto e a tabelle dove, in base al numero di ripetizioni eseguite

con un determinato carico, viene data una stima della percentuale del 1RM utilizzata (e.g. 3RM al 90%).

Ripetizioni	%1RM	Livelli di Sforzo						
		Massimo Sforzo	Quasi Massimo Sforzo		Grande Sforzo		Medio/Grande Sforzo	
		0RIR	1RIR	2RIR	3RIR	4RIR	5RIR	6RIR
1	100%	100%	95%	92%	89%	86%	83%	81%
2	95%	95%	92%	89%	86%	83%	81%	79%
3	92%	92%	89%	86%	83%	81%	79%	77%
4	89%	89%	86%	83%	81%	79%	77%	75%
5	86%	86%	83%	81%	79%	77%	75%	73%
6	83%	83%	81%	79%	77%	75%	73%	71%
7	81%	81%	79%	77%	75%	73%	71%	70%
8	79%	79%	77%	75%	73%	71%	70%	68%
9	77%	77%	75%	73%	71%	70%	68%	67%
10	75%	75%	73%	71%	70%	68%	67%	65%
11	73%	73%	71%	70%	68%	67%	65%	64%
12	71%	71%	70%	68%	67%	65%	64%	63%
13	70%	70%	68%	67%	65%	64%	63%	62%
14	68%	68%	67%	65%	64%	63%	62%	61%
15	67%	67%	65%	64%	63%	62%	61%	

Figura 6.1.1 – Tabella per Calcolo Indiretto 1RM <sup>[42]</sup>

In questo paragrafo si andranno ad analizzare i metodi e risultati ottenuti negli articoli selezionati, cercando di porre una base sull'utilizzo generale dell'autoregolazione nei protocolli volti allo sviluppo della forza massimale, con particolare riferimento all'aumento del 1RM soggettivo.

Come già discusso nei capitoli precedenti, la massima espressione di Forza è determinata da una serie di fattori fisiologici ed anatomici (e.g. sezione trasversa del muscolo o "CSA" e angolo di pennazione muscolare) e fattori neurologici (e.g. tasso di sviluppo della forza o "RFD" e velocità di contrazione muscolare) (Weineck, "L'Allenamento Ottimale" <sup>[4]</sup>).

Per sviluppare il maggior quantitativo di forza muscolare in un gesto specifico, occorrerà quindi lavorare su queste componenti.

L'autoregolazione (AR), come già ampiamente discusso, è una metodologia che manipola le variabili dell'allenamento (e.g. volume,

intensità, frequenza, etc...) sulla base delle fluttuazioni della performance e dei feedback giornalieri del soggetto (Helms et al <sup>[15]</sup>). Nel campo dello ST questo può dimostrarsi molto proficuo per migliorare la forza massimale nei diversi gesti, da gara o non da gara, che l'allenamento contro resistenza (RT) offre. Una volta capito quali sono le variabili dell'allenamento che si possono utilizzare per stimolare l'ipertrofia, è necessario impostare le corrette progressioni con una specifica attenzione al soggetto che si sta allenando, in quanto in base alla sua "training experience" (TE) si andrà a modulare queste variabili.

### **Utilizzo di RPE e RIR nell'allenamento della forza (ST).**

In questo paragrafo verranno analizzati gli articoli selezionati per capire come viene utilizzata l'AR all'interno di una periodizzazione di allenamento volta ad aumentare la forza massimale (1RM). In particolare, saranno analizzate le due metodologie trattate finora, ovvero l'RPE e il RIR e la loro possibile combinazione denominata "RIR-based RPE scale".

L'RPE, Rate of Perceived Exertion, è un indice che, quantificando lo sforzo percepito dal soggetto durante una serie allenante, riesce a modulare il carico, le serie o le ripetizioni successive, per rispettare il valore utilizzato per quell'esercizio o per l'intera seduta (e.g. RPE 8, il soggetto dovrà percepire sempre un'intensità pari a otto su dieci).

Nello studio condotto da Helms et al <sup>[14]</sup> si è andato a confrontare un protocollo d'allenamento basato sull'utilizzo del RPE e un altro protocollo basato su carichi sanciti da percentuali del 1RM di ciascun soggetto, su un cluster di 21 powerlifters professionisti. Gli esercizi scelti per questo studio furono il Back Squat ed il Bench Press.

Il gruppo RPE (n=10) ha potuto decidere autonomamente i carichi basandosi sul valore del RPE dato per quella seduta, mentre al gruppo

1RM sono stati dati dei carichi calcolati attraverso delle percentuali del loro 1 RM soggettivo.

Lo studio è durato otto settimane (più un test 1RM la settimana antecedente all'inizio) e alla fine si sono andati a testare i miglioramenti ottenuti dopo otto settimane di intervento: entrambi i gruppi hanno dimostrato un miglioramento positivo del 1RM sia nel Back Squat che nella Bench Press. Tuttavia, il gruppo RPE ha ottenuto risultati migliori, anche se di poco, rispetto al gruppo FL, avendo registrato un volume medio e un'intensità media in allenamento maggiore del gruppo FL. Questi risultati non solo dimostrano come l'RPE sia una metodologia più efficace dell'allenamento con le percentuali del 1RM, ma che riesce a rendere l'allenamento ancora più personalizzato, tenendo conto dei cambiamenti giornalieri nella performance dell'atleta.

La seconda metodologia analizzata è il RIR, ovvero un acronimo che sta per "Repetitions In Reserve" e, a differenza della controparte RPE, quantifica lo sforzo percepito in una serie allenante attraverso il numero di ripetizioni che manca dal raggiungimento del cedimento muscolare (MF): più basso è il valore del RIR e maggiore sarà l'intensità percepita. Ad esempio, se viene dato un valore del RIR pari a 2, il soggetto dovrà concludere la serie quando riterrà di essere arrivato a due ripetizioni dal MF.

A valutare l'efficacia di questa metodologia lo studio di Mangine et al <sup>[21]</sup> ha confrontato un protocollo in AR che prevedeva l'utilizzo del RIR con un protocollo classico basato sul raggiungimento del MF. In questo studio sono stati selezionati 14 soggetti con una TE di almeno tre anni o superiore e sono stati suddivisi in un gruppo RIR (n=7) e un gruppo MF (n=7). Prima di iniziare l'intervento, ciascun soggetto ha testato il proprio 1RM nella Bench Press, la quale è stato l'esercizio selezionato per questo studio. La prova consisteva nell'eseguire quattro serie con l'80% del 1RM a un RIR 3, più una serie a cedimento, per il gruppo RIR. Mentre, per il

gruppo MF, tutte e cinque le serie con l'80% sono state portate a cedimento.

Sia prima che alcuni giorni (da 24h a 72h) dopo l'esercizio, i partecipanti si sono recati in laboratorio per farsi prelevare dei campioni di sangue. Tramite l'analisi di questi campioni, si andava ad osservare i valori di creatin-chinasi (CK), marker molto importante per determinare eventuali differenze nei due protocolli sia in termini di fatica che in termini di recupero.

I risultati hanno dimostrato che, nonostante non ci siano stati differenze nei campioni di CK sierica il gruppo RIR ha riportato un numero di ripetizioni totali leggermente più alto del gruppo MF, il quale, non solo ha riportato meno ripetizioni totali, ma è stato notato come solo durante la prima serie il gruppo MF ha svolto più ripetizioni del gruppo RIR. Inoltre, durante lo svolgimento della quarta e quinta serie, il gruppo MF ha eseguito, in entrambe le serie, meno ripetizioni della controparte autoregolata.

Questi risultati dimostrano come l'AR basata sull'utilizzo del RIR sia uno strumento molto utile non solo per modulare l'intensità di ciascuna serie allenante, bensì di come possa essere utilizzato per accumulare meno fatica e poter mantenere un numero di ripetizioni più costante tra le serie, risultando in un volume di lavoro totale maggiore.

Infine, la terza metodologia che verrà analizzata è la "RIR-based RPE scale", la quale nasce da un'idea di Zourdos et al <sup>[34]</sup>, che applicò i principi del RPE a quelli del RIR creando una metodologia che quantifica lo sforzo percepito dal soggetto sulla base delle ripetizioni mancanti dal MF. Ad esempio, se un soggetto si ferma a una ripetizione dal MF, la serie registrerà un'intensità pari a RPE 9; se il RIR equivale a 4, l'RPE corrispondente equivarrà a 6 e così via.

Uno studio condotto da Helms et al <sup>[15]</sup>, prende in analisi la “RIR-based RPE scale” sottolineandone i punti di forza e di debolezza e le possibili applicazioni sulla base della TE del soggetto con il quale si va a lavorare.

Il primo vantaggio che viene sottolineato è che questa metodologia prende le caratteristiche sia del RPE che del RIR, rendendola una scala di misurazione ancora più precisa, che tiene conto dei cambiamenti giornalieri nella performance dell’atleta e modula, di conseguenza, le variabili allenanti della programmazione. Il secondo vantaggio è che questa metodologia può essere utilizzata da soggetti principianti, intermedi e avanzati, anche se minore sarà la TE del soggetto e più tempo dovrà passare a far pratica con questa scala di misurazione. Questo può essere definito come un possibile svantaggio della “RIR-based RPE scale”, poiché richiederà un lasso di tempo più o meno lungo per essere utilizzata correttamente. Un ulteriore svantaggio, se così può essere considerato, è l’alta specificità di questa metodologia, poiché il RIR è una metodologia nata con lo scopo di autoregolare l’allenamento dei powerlifters (Tuchsherer, 2008). Data la vicinanza al MF, più o meno marcata negli allenamenti di un powerlifter, era stata richiesta una scala di misurazione più precisa del RPE.

Queste caratteristiche suggeriscono che la “RIR-based RPE scale” sia una metodologia valida per autoregolare l’allenamento di un soggetto, nonostante quella che possa essere la differenza di TE. D’altra parte, questa metodologia può essere efficace soltanto per lavori di forza massimale (1RM, 4RM, 8RM, etc...) o sub-massimale, lavori di ipertrofia o lavori di potenza.

### **Fasi di accumulo, intensificazione e peaking in AR vs FL.**

In questo paragrafo si discuterà riguardo a com’è composta generalmente una periodizzazione dello ST e delle diverse fasi o periodi che la

compongono. Successivamente verranno valutati questi periodi ed i risultati ottenuti utilizzando protocolli in AR o protocolli non autoregolati.

Come già accennato nel capitolo precedente, secondo il libro “Scientific Principles of Strength Training” di Michael Israetel <sup>[1]</sup> una programmazione di allenamento della forza massimale (1RM) può essere suddivisa in diversi periodi di tempo, ciascuno caratterizzato da uno specifico obiettivo. Queste fasi possono essere definite come:

- Fase di “Accumulo”, che può essere descritta come un periodo caratterizzato da intensità relativamente basse e da un volume totale di lavoro iniziale medio-basso, che nel corso delle singole sedute o delle settimane tende ad alzarsi progressivamente, aumentando il numero delle serie, delle ripetizioni, del carico o di più di una di queste variabili (non sono state fornite indicazioni sul numero di serie o ripetizioni). Questa fase, in un contesto sportivo, potrebbe essere posta in quel periodo dell’anno nel quale l’atleta si trova lontano dalle competizioni e può dedicare gran parte della sua preparazione a lavorare con volumi più alti ed intensità medio-basse;
- Fase di “Intensificazione”, descritta come quel periodo antecedente all’inizio della stagione agonistica o che si trova a pochi mesi (e.g. 2-3) o settimane (e.g. 6-8) da una gara importante. Durante questo periodo il volume andrà a ridursi progressivamente, mentre i carichi e l’intensità relativa andranno ad aumentare in modo da creare adattamenti neuromuscolari con carichi sempre più vicini al 1RM;
- Fase di “Peaking”, o picco, è quella fase in cui il soggetto lavorerà prevalentemente con carichi massimali o sub-massimali (e.g. dal 90% al 100%) o a volte con carichi che eccedono il 100% del 1RM (e.g. la metodica delle “supramaximal eccentrics” con carichi fino al 120% del 1RM) per creare una condizione di adattamento ottimale alla competizione. In un contesto sportivo, questa fase si

potrebbe collocare durante il periodo agonistico, dove l'atleta viene portato al picco della performance.

In uno studio di Helms et al <sup>[16]</sup>, sono state messe a confronto due periodizzazioni, una che prevedeva l'utilizzo di un protocollo in AR basato sull'utilizzo del RPE per modulare i carichi di lavoro e un'altra periodizzazione che prevedeva l'utilizzo delle percentuali del 1RM di ciascun soggetto. I gruppi RPE e 1RM hanno preso parte ad un intervento di 8 settimane con tre sedute allenanti a settimana, che presentavano caratteristiche simili alle tre fasi descritte pocanzi: le prime tre settimane hanno registrato un progressivo innalzamento del volume totale di lavoro attraverso un aumento di serie (+3 serie a settimana) e della percentuale di carico o RPE dato per quella seduta (+2.5%/5% per il gruppo 1RM o +1 punto per il gruppo RPE); le tre settimane intermedie, invece, hanno registrato una diminuzione moderata del volume totale di lavoro (-1 rep per serie a settimana), ma un continuo aumento delle percentuali di carico o del RPE (stesso andamento delle prime tre settimane).

Infine, le ultime due settimane sono state caratterizzate da lavori con volumi totali minimi ma intensità di lavoro massimali o submassimali, fino alla fine dell'ottava settimana che è culminata con il test 1RM finale.

Entrambi i gruppi hanno riportato miglioramenti del 1RM di ciascun partecipante, però nel gruppo RPE sono stati registrati i miglioramenti più significativi, suggerendo che l'AR dei carichi allenanti possa essere uno strumento alquanto utile per periodizzare la fasi di un protocollo volto all'aumento della forza massimale (1RM).

### **Macro cicli di allenamento in AR vs macro cicli a FL.**

Nonostante gli studi analizzati supportino in gran parte l'ipotesi che l'AR possa essere una metodologia d'allenamento migliore rispetto a una metodologia basata su FLs e percentuali di un 1RM, non è stato trovato

nessun articolo che abbia dimostrato l'efficacia nel lungo periodo di un protocollo in AR rispetto a un altro protocollo non autoregolato.

Per comprendere al meglio il significato di "lungo periodo", come già accennato nei capitoli precedenti, ne "L'Allenamento Ottimale", Weineck <sup>[4]</sup> e "Scientific Principles of Strength Training" di Israetel <sup>[1]</sup> si fa riferimento alla "suddivisione temporale" di un programma di allenamento, il quale è composto da diversi "cicli" più o meno lunghi, diversificati proprio sulla base di questa loro durata temporale.

Partendo dal ciclo più corto, si possono classificare come:

- Singola seduta allenante, la quale può essere considerata come la singola unità d'allenamento che può essere ripetuta più volte nell'arco di una giornata o di una settimana;
- Microciclo, che di solito dura all'incirca una settimana di tempo, ovvero dalla prima volta che si esegue un determinato allenamento (inizio del primo microciclo), alla volta successiva che lo si ripete (inizio del secondo microciclo);
- Mesociclo, definito come la somma di diversi microcicli, quindi può avere una lunghezza variabile che di solito si trova attorno al mese di durata, ma in alcuni casi può eccedere (e.g. 5-6 settimane);
- Macrocycle, definito come la somma di diversi mesocicli o "blocchi di allenamento" con lo scopo di portare il soggetto, o l'atleta, alla massima espressione della capacità che si sta allenando (e.g. forza massimale). Nella maggior parte dei casi, il macrociclo culmina con la gara stessa, perciò la sua durata media si aggira intorno ai tre o quattro mesi, ma la sua durata può variare (e.g. 2-8 mesi).

In questo paragrafo si andranno ad analizzare gli articoli e, in particolare, gli interventi condotti per una lunghezza di almeno 8 settimane (ovvero due mesocicli o un macrociclo) per capire se l'AR può essere una metodologia che porta risultati anche sul lungo periodo.

Come osservato nel paragrafo e nel capitolo precedente, lo studio condotto da Helms et al <sup>[16]</sup>, ha portato notevoli miglioramenti del gruppo RPE in un arco di 8 settimane. In seguito, nella revisione sistematica di Zhang et al <sup>[33]</sup> sono stati considerati due studi su otto poiché duravano almeno otto settimane e prevedevano il confronto tra un gruppo sperimentale che utilizzava l'RPE e un gruppo di controllo FL. I risultati di entrambi gli studi hanno favorito i gruppi RPE, dimostrando aumenti maggiori del 1RM negli esercizi scelti.

I dati selezionati in base alla durata dell'intervento suggeriscono che l'AR potrebbe essere una metodologia adatta a periodizzare anche interi macrocicli d'allenamento. D'altra parte, la mancanza di studi sugli effetti di allenamento autoregolato nel lungo periodo e di interventi di almeno 8 settimane, suggeriscono che le future ricerche in questo campo dovrebbero concentrarsi anche su interventi di durata maggiore, valutando i possibili riscontri positivi dell'AR in periodizzazione di durata uguale o superiore alle 8-10 settimane.

### **Conclusioni: Si potrebbe sempre autoregolare lo ST?**

Per concludere questo capitolo, sulla base degli studi selezionati ed analizzati si può sancire che l'AR sia una metodologia d'allenamento proficua per migliorare la forza massimale in esercizi come il Back Squat e la Bench Press (Helms et al <sup>[14]</sup>, Hickmott et al <sup>[18]</sup>, Mangine et al <sup>[21]</sup>, Mann et al <sup>[22]</sup>) i quali sono stati gli esercizi maggiormente riscontrati negli studi analizzati.

Secondo Helms et al <sup>[15]</sup>, metodologie di AR come la "RIR-based RPE scale" sono adatte a un'eterogeneità di soggetti importante dettata dalle differenze nelle TEs soggettive. I soggetti meno familiari col RT o con metodologie come questa, dovranno trascorrere più tempo a carichi relativamente bassi, per migliorare la capacità di riconoscere la progressiva vicinanza al MF.

Inoltre, secondo lo studio di Mangine et al <sup>[21]</sup>, le programmazioni d'allenamento basate sull'AR tendono a far accumulare minor fatica tra una serie e l'altra, rispetto a programmazioni a MF. Questo fattore si tradurrebbe in uno stato di maggior prontezza neuro-muscolare, che permetterebbe ai soggetti in AR di completare più ripetizioni, rispetto ad un protocollo MF.

Autore	Anno	Obiettivo	Metodo	N° soggetti	Risultati
Hickmott et al	2022	Valutare gli effetti del RT in AR o a FL su Forza e Ipertrofia.	Un gruppo AR e un gruppo FL Misurazione del 1RM nel Back Squat, Bench Press e Deadlift Misurazione della densità muscolare del vasto laterale del Quadricipite e del gran Pettorale.	133	AR > FL intensità relativa di carico; aumento della Forza Massimale;  AR = FL aumento dell'Ipertrofia.
Larsen et al	2021	Valutare gli effetti dei metodi oggettivi e soggettivi di AR del RT sulla Forza Massimale.	Valutazione dei metodi di AR attraverso una systematic review.	354	L'utilizzo dei metodi soggettivi (e.g. RIR, RPE) e dei metodi oggettivi (e.g. VBT) per autoregolare il RT si è mostrato molto valido per migliorare la Forza Massimale.
Mangine et al	2022	Valutare gli effetti del RIR sull'aumento di Forza Massimale, grado di fatica percepita e recupero post-esercizio.	Due protocolli diversi: il primo composto da 4 serie @80% con RIR3, più una serie RIR0. Il secondo protocollo composto da tutte e cinque le serie @80% con RIR0.	14 (solo M)	Il gruppo RIR3 ha riportato un numero di ripetizioni totali maggiore e una perdita di velocità minore, indici di una fatica ridotta. Non sono state riportate differenze in termini di recupero tra i due gruppi.
Mann et al	2010	Valutare gli effetti del RT in AR o a FL su Forza Massimale.	Intervento di 6 settimane con test finale 1RM Back Squat e AMRAP di Bench Press con 100kg (225lbs).	23 (solo M)	AR > FL aumento della Forza Massimale sia nel Back Squat che nel Bench Press.
Ormsbee et al	2019	Valutare la velocità concentrica utilizzando delle percentuali di carico del 1RM, tra soggetti	Bench Press, serie da una ripetizione con il 60%, 75% e 90%, seguite da una serie da 8 ripetizioni col 70%	27 (solo M)	I soggetti avanzati hanno registrato un RPE medio maggiore e una velocità concentrica media minore

		principianti ed avanzati			rispetto ai principianti, dimostrando come questi non siano capaci di raggiungere il vero valore del RPE richiesto.
Zhang et al	2021	Valutare gli effetti del RT in AR o a FL su Forza Massimale.	Valutazione di metodi di AR (APRE, RPE, VBT) confrontati a metodi FL attraverso una systematic review.	166 (M= 162, F= 8)	AR > FL aumento della Forza Massimale.

Figura 6.2.1 – Classificazione degli articoli e dei risultati

## **Capitolo 7 – Conclusioni**

### **L'efficacia dell'autoregolazione nel Resistance Training (RT)**

In quest'ultimo capitolo verranno raccolte tutte le informazioni riguardo l'AR nel RT, andando a sottolineare i fattori caratterizzanti questa metodologia e gli effetti positivi che ha riscontrato in una popolazione eterogenea di soggetti (n= 1365) suddivisi in tre gruppi (Principianti, Intermedi ed Avanzati) sulla base della loro esperienza col RT, o "training experience" (TE). Nella suddivisione in gruppi, sono state molto utili le linee guida dell'American College of Sport Medicine (ACSM [25]) del 2009, che hanno fornito un "cut-off" riguardante la TE individuale per poter effettuare una suddivisione più standardizzata possibile. Non sono state trovate linee guida aggiornate ad una data più recente.

In secondo luogo, verrà fatto un riassunto degli effetti positivi che sono stati rilevati a livello della modulazione della fatica tra le serie e tra le sedute allenanti. Infine si discuterà delle limitazioni che sono state trovate durante la ricerca e l'analisi del materiale per la stesura della tesi.

### **Applicazioni dell'AR in base alla Training Experience (TE) del Soggetto.**

L'autoregolazione (AR) è una metodologia d'allenamento che vede le sue origini durante gli anni '40, con i primi esperimenti su pazienti in recupero post-intervento ad articolazioni, muscoli, tendini o legamenti, fino ad arrivare al giorno d'oggi dove il suo utilizzo nell'ambito dello ST è diventato soggetto di diversi studi. Il principio cardine dell'AR si basa sulla capacità di modulare le variabili di un protocollo di allenamento (e.g. Volume, Intensità, Frequenza, etc...) sulla base della prontezza giornaliera del soggetto allenato. Quest'ultimo, attraverso dei feedback sulla sua condizione psico-fisica giornaliera e attraverso altri feedback riguardanti la

percezione del carico nelle prime serie di riscaldamento, può modulare i carichi delle serie avvenire mantenendo costante il valore dell'indice selezionato (RPE, RIR, RIR-based RPE scale, VBT, etc...).

L'obiettivo di questa tesi vede la valutazione degli effetti dati dall'utilizzo di due indici in particolare, il "Rateo dello Sforzo Percepito" (o RPE) e le "Ripetizioni In Riserva" (o RIR), più un terzo indice nato dalla combinazione dei due precedenti, ovvero la "Scala RPE basata sul RIR" (o RIR-based RPE scale).

Nei prossimi paragrafi verranno riassunti gli effetti positivi di questi indici sull'aumento della forza massimale (1RM) ed ipertrofia muscolare (MH), considerando un campione di soggetti suddivisi in base alla loro TE in tre gruppi: Principianti, Intermedi ed Avanzati.

### **L'AR nel Principiante.**

Il soggetto definito "Principiante", stando alle linee guida dell'ACSM [25], è quel soggetto che non possiede alcuna TE pregressa nel campo del RT o che la possedeva ma ha attraversato un periodo di deallenamento, tale per cui la TE è stata momentaneamente persa. In questo caso si parlerà di soggetto "deallenato" o "decondizionato", il quale non ha praticato nessun tipo di esercizio fisico per almeno due anni (ACSM [25]). Una delle caratteristiche fondamentali del principiante è l'incapacità di reclutare in maniera completa le unità motorie (UM) non riuscendo, quindi, a sviluppare la massima espressione di forza durante le serie (Fukunaga, 1976). In secondo luogo, il principiante dovrà consolidare degli schemi motori partendo da zero (CONI Liguria, 2017), facendo sì che i primi adattamenti al RT saranno di tipo neuronale (miglior reclutamento delle UM) non muscolare. La terza caratteristica del principiante, dipendente dalla prima e dalla seconda, riguarda il fatto che se si usa un protocollo in AR si dovrà passare più tempo, rispetto ad intermedi ed avanzati, a fare in modo che il soggetto prenda confidenza con quella metodologia. La

quarta ed ultima caratteristica del principiante riguarda i cambiamenti repentini che avvengono quando un soggetto principiante comincia ad allenarsi in ottica di RT (Lovegrove et al <sup>[20]</sup>, ACSM <sup>[25]</sup>). Questo richiederà molta precisione nel somministrare carichi di lavoro.

Per quanto riguarda le variabili allenanti (ACSM <sup>[25]</sup>), il principiante dovrebbe concentrare la maggior parte delle suo volume totale di lavoro (fino a 2/3 del totale) su un range di ripetizioni che varia dalle 8RM alle 12RM, con carichi che si attestano tra il 45% e il 60% del 1RM, questo perché lavorando a carichi più bassi ma per un maggior numero di ripetizioni, si andrà a migliorare il reclutamento delle UM, il quale promuoverà aumenti della forza massimale (1RM) e della MH. Il lavoro in “full-body” risulta essere più adatto al principiante in quanto fornisce la frequenza più adeguata di stimolo del singolo distretto muscolare (da una alle due volte a settimana).

L'utilizzo dell'AR nell'allenamento del principiante, specialmente l'utilizzo del RIR, può non sembrare una delle metodologie più adatte in quanto è stato visto che il principiante tende a sottostimare la vicinanza al MF a causa di un'insorgenza precoce di fatica determinata dal fatto che non riesce a reclutare abbastanza UM (Fukunaga, 1976, Lovegrove et al <sup>[20]</sup>, Steele et al <sup>[27]</sup>). Ciò, inizialmente, richiederebbe più tempo trascorso ad imparare il corretto utilizzo dell'AR. Nonostante ciò, questa metodologia si è dimostrata molto efficace poiché una delle caratteristiche distintive del principiante è l'imprevedibilità dei cambiamenti che avvengono in risposta a protocolli di allenamento in ottica di RT. Perciò, attraverso l'utilizzo dei protocolli in AR, il principiante potrà predire i carichi di allenamento in modo che riflettano al meglio la condizione giornaliera, migliorando così anche gli adattamenti di forza ed ipertrofia.

### **L'AR nell'Intermedio.**

Il soggetto definito "Intermedio", stando alle guide dell'ACSM <sup>[25]</sup>, è quel soggetto che possiede dai sei mesi ai due anni di TE nel RT. La caratteristica distintiva di questo gruppo di soggetti è che avrà delle somiglianze sia con il gruppo dei principianti (e.g. RFD non ottimale), sia con quello degli avanzati (e.g. maggior volume totale di lavoro).

Il soggetto intermedio potrà cominciare a lavorare su range di ripetizioni più vari, implementando lavori sulle 1-6RM per stimolare maggiormente la forza massimale o lavori sulle 15-28RM per creare un maggiore stress metabolico, con maggiori intensità di carico, che possono arrivare fino all'80% del 1RM. Infine viene consigliata una frequenza allenante di quattro volte alla settimana, cominciando ad implementare una "split-routine" nella quale i distretti muscolari verranno suddivisi nell'arco delle sedute settimanali e l'uso di esercizi monoarticolari per concentrarsi su carenze sia a livello ipertrofico che reclutamento neuro-muscolare tra un lato e l'altro.

L'utilizzo dell'AR nell'allenamento dell'intermedio, secondo lo studio condotto da Steele et al <sup>[27]</sup>, ha riportato una capacità ridotta nel predire in maniera accurata i carichi. Questo risultato può essere imputato al fatto che i soggetti intermedi, come per i principianti, non riescano ad esprimere completamente la quantità di forza necessaria per lavorare con dei carichi massimali (e.g. 1RM, 5RM) e che l'utilizzo di indici come l'RPE e il RIR possano non essere poi così accurati, prescrivendo dei carichi inferiori a quelli che verrebbero stimati secondo un metodo "fixed load" (FL).

Nonostante ciò, nella revisione sistematica di Zhang et al <sup>[33]</sup> sono stati considerati anche soggetti che possedevano una TE inferiore a due anni (cut-off per l'Intermedio) e i risultati hanno favorito i gruppi in AR suggerendo che l'AR sia più adatta dei protocolli FL per migliorare la forza massimale (1RM) nei soggetti intermedi.

## **L'AR nell'Avanzato.**

Il soggetto definito “Avanzato”, stando alle guide dell'ACSM <sup>[25]</sup>, è quel soggetto che possiede una TE uguale o superiore ai due anni. Il soggetto avanzato, dunque, è un soggetto che si allena da molto tempo, con o senza finalità competitive. Nel caso in cui il soggetto si alleni in ottica di migliorare le proprie capacità fisiche per vincere delle competizioni si parlerà di “atleta”.

In entrambi i casi, però, il soggetto avanzato (ACSM <sup>[25]</sup>) è caratterizzato dalla capacità di potersi allenare esprimendo il massimo quantitativo di forza (RFD) possibile. Inoltre, la seconda caratteristica di questo gruppo di soggetti è la capacità di sopportare carichi allenanti molto più altri rispetto agli altri due gruppi, recuperando in un minor lasso di tempo. Infine, il soggetto avanzato riuscirà ad utilizzare al meglio gli indici di AR, stimando in maniera molto accurata la prossimità al MF (Lovegrove et al <sup>[20]</sup>, Steele et al <sup>[27]</sup>).

D'altra parte, però, il soggetto avanzato rischia di andare a lavorare con carichi maggiori a quelli stabiliti, accumulando fatica eccessiva nel lungo termine, con conseguente manifestazione di Overreaching precoce, “Sindrome da OverTraining” (OTS) e infortunio (Baker et al <sup>[6]</sup>).

Nell'allenamento dell'avanzato, si potrà lavorare su dei range di ripetizioni (1RM-30RM) e di percentuali di carico (30%-100% del 1RM) completi, modulando la frequenza allenate fino a tre o quattro volte per distretto muscolare e a cinque o sei sedute totali a settimana (Baker et al <sup>[6]</sup>).

L'utilizzo dell'AR nell'allenamento dell'avanzato è stato dimostrato molto proficuo in quanto la TE elevata permette di scegliere con accuratezza i carichi allenanti o di stimare precisamente le ripetizioni che mancano al raggiungimento del MF (Helms et al <sup>[13]</sup>, Steele et al <sup>[27]</sup>). Nella revisione sistematica di Zhang et al <sup>[33]</sup> l'utilizzo del RPE e del RIR si è dimostrato migliore rispetto a dei protocolli FL per aumentare la forza massimale.

Infine, se comparate con protocolli MF o FL, le metodologie in AR (RPE, RIR) si sono dimostrate simili in termini di sviluppo di MH negli studi nei quali il volume veniva equalizzato (Hickmott et al <sup>[18]</sup>), mentre negli studi dove il volume non veniva equalizzato, i risultati favorivano i gruppi AR (Grgic et al <sup>[12]</sup>). Questo potrebbe essere dovuto al fatto che, non ricercando costantemente il MF, la perdita di ripetizioni tra una serie e l'altra è stata molto minore e ciò ha contribuito ad alzare il volume totale di lavoro.

### **L'AR e gli effetti sulla fatica neuro-muscolare.**

Per quanto riguarda la fatica accumulata tra le serie e tra le sedute, è stato visto dagli studi di Gonzàles-Hernàndez <sup>[9]</sup> e di Wanderson et al <sup>[26]</sup> come le metodologie di AR possano risultare molto efficaci per controllare l'accumulo di fatica tra le serie e le sedute, permettendo al soggetto di recuperare a livello neuromuscolare in tempo per la seduta successiva. In particolare, nello studio di Wanderson et al <sup>[26]</sup>, i soggetti divisi in due gruppi, un gruppo AR e un gruppo MF, dovevano riportare il rateo di sforzo percepito (RPE) e di discomfort percepito (RPD) tra una serie e l'altra, più il rateo di sforzo percepito tra una seduta e l'altra (sRPE). Il gruppo MF ha riportato valori significativamente più alti in tutti e tre i parametri, suggerendo che l'AR possa essere una metodologia che aiuta a preservare i soggetti da esposizioni a livelli di fatica eccessivi e a poter recuperare in tempo per la seduta successiva.

### **L'AR e la prevenzione di infortuni.**

L'AR potrebbe apportare risultati significativi anche in termini di prevenzione di infortuni in quanto può fornire una soglia limite di ripetizioni alla quale fermarsi prima di ricercare il MF e rischiare di commettere errori tecnici che potrebbero portare ad infortuni. Nello studio condotto da Helms

et al <sup>[15]</sup>, che verificava la validità della RIR-based RPE scale, è stato sancito come, lavorando con esercizi multiarticolari e pesi liberi (e.g. Back Squat, Bench Press) i carichi diventano relativamente alti e più ci si avvicina al MF più si rischia di incorrere in un infortunio. A causa di ciò Helms <sup>[15]</sup>, consiglia di tenere un RIR 2-4 per gli esercizi multiarticolari, riservando i lavori a MF o con un RIR 0-1 ad esercizi monoarticolari e lavori di “isolamento” dei distretti muscolari.

### **Limitazioni incontrate nella stesura della Tesi.**

Prima di concludere, in questo capitolo verranno sottolineate le limitazioni incontrate in merito alla disponibilità degli articoli, al loro contenuto e su che cosa si dovrebbero basare le future ricerche sull'AR. Innanzitutto, seppure l'allenamento autoregolato è stato studiato da più di 80 anni, esistono ancora discrepanze nei risultati degli studi condotti in merito agli effetti positivi sull'aumento della forza massimale (1RM) e dell'ipertrofia muscolare (MH), poiché alcuni studi non hanno riportato differenze significative quando si metteva a confronto un protocollo AR con un protocollo 1RM o MF (Zhang et al <sup>[33]</sup>). La seconda limitazione incontrata è stata la mancanza di fonti (articoli, ricerche o linee guida) aggiornate che delineassero dei cut-off di TE con i quali si sarebbero potuti identificare in maniera più precisa i soggetti Principianti, Intermedi e Avanzati. Inoltre, le stesse guide avrebbero dovuto fornire informazioni più aggiornate riguardo alle caratteristiche di ciascuna categoria di soggetti. La terza limitazione riscontrata sono stati i pochi studi dove venivano analizzati soggetti con una TE minore o uguale a 6 mesi (cut-off del Principiante) o tra 6 mesi e i 2 anni (cut-off dell'Intermedio), non fornendo una quantità di dati importante come invece sono stati forniti nel caso di soggetti avanzati o di atleti. La quarta ed ultima limitazione incontrata riguarda la presenza di pochi studi dove la durata degli interventi ha superato le 6-8 settimane di durata. Perciò, le future ricerche sull'AR nel RT dovrebbero concentrarsi sull'osservazione degli effetti di tali metodologie durante interventi di

durata maggiore o uguale alle 10 settimane. Inoltre, si dovrebbe cercare di evidenziare ufficialmente delle classi di soggetti in base alla loro TE e alle caratteristiche distintive di ciascun gruppo per poter studiare in maniera più standardizzata gli effetti di determinate metodologie d'allenamento su determinate tipologie di soggetti.

### **Conclusioni.**

L'obiettivo di questa tesi è stato valutare i metodi di AR nell'allenamento contro resistenza, in particolare l'utilizzo del RPE e del RIR. Dai dati ricavati degli studi analizzati si conclude che l'RPE, il RIR e la RIR-based RPE scale sono metodologie utili per autoregolare l'allenamento nonostante l'esperienza del soggetto in questo ambito, modulando l'insorgenza di fatica potenzialmente eccessiva e dannosa tra le serie o le sedute allenanti.

L'AR si è dimostrata non solo migliore dei protocolli FL e MF in termini di aumento dell'ipertrofia muscolare (MH) e della forza massimale (1RM), ma anche una metodologia capace di adattarsi ai cambiamenti della performance del soggetto, prevenendo eccessivi accumuli di fatica o infortuni.

## **Bibliografia**

1. Israetel, Mike, et al. Scientific Principles of Strength Training: With Applications to Powerlifting. Publisher Review, 2015.
2. Paoli, Antonio. Principi di metodologia del fitness. Nuova ed, Erika, 2013.
3. Sherwood, Lauralee, and Francesca Bodega. Fondamenti di fisiologia umana. 4. ed, Piccin, 2012.
4. Weineck, Jurgen, et al. L'allenamento ottimale : una teoria dell'allenamento basata sui principi della fisiologia del movimento, con particolare riferimento all'allenamento infantile e giovanile. 2. ed. italiana a cura di Pasquale Bellotti Mario Gulinelli, Calzetti & Mariucci, 2009.
5. Arede, Jorge, Rafael Vaz, Oliver Gonzalo-Skok, Carlos Balsalobre-Fernandéz, Daniel Varela-Olalla, Marc Madruga-Parera, e Nuno Leite. «Repetitions in Reserve vs. Maximum Effort Resistance Training Programs in Youth Female Athletes». The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 60, n. 9 (ottobre 2020). <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.20.10907-1>.
6. Baker, Daniel G. «10-Year Changes in Upper Body Strength and Power in Elite Professional Rugby League Players—The Effect of Training Age, Stage, and Content». Journal of Strength and Conditioning Research 27, n. 2 (febbraio 2013): 285–92. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318270fc6b>.
7. Cavarretta, Daniel J., Eric E. Hall, e Walter R. Bixby. «The Effects of Increasing Training Load on Affect and Perceived Exertion». Journal of Strength and Conditioning Research 36, n. 1 (gennaio 2022): 16–21. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003393>.
8. Davies, Tim, Rhonda Orr, Mark Halaki, e Daniel Hackett. «Effect of Training Leading to Repetition Failure on Muscular Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis». Sports Medicine 46, n. 4 (aprile 2016): 487–502. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0451-3>.

9. González-Hernández, Jorge M., Amador García-Ramos, David Colomer-Poveda, Asta Tvariionaviciute, José Cerón, Pedro Jiménez-Reyes, e Gonzalo Márquez. «Resistance Training to Failure vs. Not to Failure: Acute and Delayed Markers of Mechanical, Neuromuscular, and Biochemical Fatigue». *Journal of Strength and Conditioning Research* 35, n. 4 (aprile 2021): 886–93. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003921>.
10. Graham, Timothy, e Daniel J. Cleather. «Autoregulation by “Repetitions in Reserve” Leads to Greater Improvements in Strength Over a 12-Week Training Program Than Fixed Loading». *Journal of Strength and Conditioning Research* 35, n. 9 (settembre 2021): 2451–56. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003164>.
11. Greig, Leon, Ben Hayden Stephens Hemingway, Rodrigo R. Aspe, Kay Cooper, Paul Comfort, e Paul A. Swinton. «Autoregulation in Resistance Training: Addressing the Inconsistencies». *Sports Medicine* 50, n. 11 (novembre 2020): 1873–87. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01330-8>.
12. Grgic, Jozo, Brad J. Schoenfeld, John Orazem, e Filip Sabol. «Effects of Resistance Training Performed to Repetition Failure or Non-Failure on Muscular Strength and Hypertrophy: A Systematic Review and Meta-Analysis». *Journal of Sport and Health Science* 11, n. 2 (marzo 2022): 202–11. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2021.01.007>.
13. Helms, Eric R., Scott R. Brown, Matt R. Cross, Adam Storey, John Cronin, e Michael C. Zourdos. «Self-Rated Accuracy of Rating of Perceived Exertion-Based Load Prescription in Powerlifters». *Journal of Strength and Conditioning Research* 31, n. 10 (ottobre 2017): 2938–43. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002097>.
14. Helms, Eric R., Ryan K. Byrnes, Daniel M. Cooke, Michael H. Haischer, Joseph P. Carzoli, Trevor K. Johnson, Matthew R. Cross, John B. Cronin, Adam G. Storey, e Michael C. Zourdos. «RPE vs. Percentage 1RM Loading in Periodized Programs Matched for Sets

- and Repetitions». *Frontiers in Physiology* 9 (21 marzo 2018): 247. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00247>.
15. Helms, Eric R., John Cronin, Adam Storey, e Michael C. Zourdos. «Application of the Repetitions in Reserve-Based Rating of Perceived Exertion Scale for Resistance Training». *Strength & Conditioning Journal* 38, n. 4 (agosto 2016): 42–49. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000218>.
  16. Helms, Eric R., Matt R. Cross, Scott R. Brown, Adam Storey, John Cronin, e Michael C. Zourdos. «Rating of Perceived Exertion as a Method of Volume Autoregulation Within a Periodized Program». *Journal of Strength and Conditioning Research* 32, n. 6 (giugno 2018): 1627–36. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002032>.
  17. Helms, Eric R., Kedric Kwan, Colby A. Sousa, John B. Cronin, Adam G. Storey, e Michael C. Zourdos. «Methods for Regulating and Monitoring Resistance Training». *Journal of Human Kinetics* 74, n. 1 (31 agosto 2020): 23–42. <https://doi.org/10.2478/hukin-2020-0011>.
  18. Hickmott, Landyn M., Philip D. Chilibeck, Keely A. Shaw, e Scotty J. Butcher. «The Effect of Load and Volume Autoregulation on Muscular Strength and Hypertrophy: A Systematic Review and Meta-Analysis». *Sports Medicine - Open* 8, n. 1 (dicembre 2022): 9. <https://doi.org/10.1186/s40798-021-00404-9>.
  19. Larsen, Stian, Eirik Kristiansen, e Roland van den Tillaar. «Effects of Subjective and Objective Autoregulation Methods for Intensity and Volume on Enhancing Maximal Strength during Resistance-Training Interventions: A Systematic Review». *PeerJ* 9 (12 gennaio 2021): e10663. <https://doi.org/10.7717/peerj.10663>.
  20. Lovegrove, Simon, Liam J. Hughes, Sean K. Mansfield, Paul J. Read, Phil Price, e Stephen D. Patterson. «Repetitions in Reserve Is a Reliable Tool for Prescribing Resistance Training Load». *Journal of Strength and Conditioning Research Publish Ahead of*

Print (22 febbraio 2021).

<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003952>.

21. Mangine, Gerald T., Paul R. Serafini, Matthew T. Stratton, Alex A. Olmos, Trisha A. VanDusseldorp, e Yuri Feito. «Effect of the Repetitions-In-Reserve Resistance Training Strategy on Bench Press Performance, Perceived Effort, and Recovery in Trained Men». *Journal of Strength and Conditioning Research* 36, n. 1 (gennaio 2022): 1–9.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004158>.
22. Mann, J Bryan, John P Thyfault, Pat A Ivey, e Stephen P Sayers. «The Effect of Autoregulatory Progressive Resistance Exercise vs. Linear Periodization on Strength Improvement in College Athletes». *Journal of Strength and Conditioning Research* 24, n. 7 (luglio 2010): 1718–23. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181def4a6>.
23. Ormsbee, Michael J, Joseph P Carzoli, Alex Klemp, Brittany R Allman, Michael C Zourdos, Jeong-Su Kim, e Lynn B Pantou. «Efficacy Of The Repetitions In Reserve-Based Rating Of Perceived Exertion For The Bench Press In Experienced And Novice Benchers», S.D., 9.
24. Pelland, Joshua C., Zac P. Robinson, Jacob F. Remmert, Rebecca M. Cerminaro, Brian Benitez, Thomas A. John, Eric R. Helms, e Michael C. Zourdos. «Methods for Controlling and Reporting Resistance Training Proximity to Failure: Current Issues and Future Directions». *Sports Medicine* 52, n. 7 (luglio 2022): 1461–72. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01667-2>.
25. «Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults». *Medicine & Science in Sports & Exercise* 41, n. 3 (marzo 2009): 687–708. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181915670>.
26. Santos, Wanderson Divino Nilo dos, Carlos A. Vieira, Martim Bottaro, Vitória A. Nunes, Rodrigo Ramirez-Campillo, James Steele, James P. Fisher, e Paulo Gentil. «Resistance Training Performed to Failure or Not to Failure Results in Similar Total

- Volume, but With Different Fatigue and Discomfort Levels». *Journal of Strength and Conditioning Research* 35, n. 5 (maggio 2021): 1372–79. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002915>.
27. Steele, James, Andreas Endres, James Fisher, Paulo Gentil, e Jürgen Giessing. «Ability to Predict Repetitions to Momentary Failure Is Not Perfectly Accurate, Though Improves with Resistance Training Experience». *PeerJ* 5 (30 novembre 2017): e4105. <https://doi.org/10.7717/peerj.4105>.
28. Suchomel, Timothy J., Sophia Nimphius, Christopher R. Bellon, W. Guy Hornsby, e Michael H. Stone. «Training for Muscular Strength: Methods for Monitoring and Adjusting Training Intensity». *Sports Medicine* 51, n. 10 (ottobre 2021): 2051–66. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01488-9>.
29. Vieira, Alexandra F., Daniel Umpierre, Juliana L. Teodoro, Salime C. Lisboa, Bruno M. Baroni, Mikel Izquierdo, e Eduardo L. Cadore. «Effects of Resistance Training Performed to Failure or Not to Failure on Muscle Strength, Hypertrophy, and Power Output: A Systematic Review With Meta-Analysis». *Journal of Strength and Conditioning Research* 35, n. 4 (aprile 2021): 1165–75. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003936>.
30. Weakley, Jonathon, Bryan Mann, Harry Banyard, Shaun McLaren, Tannath Scott, e Amador Garcia-Ramos. «Velocity-Based Training: From Theory to Application». *Strength & Conditioning Journal* 43, n. 2 (aprile 2021): 31–49. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000560>.
31. Weakley, Jonathon, Matthew Morrison, Amador García-Ramos, Rich Johnston, Lachlan James, e Michael H. Cole. «The Validity and Reliability of Commercially Available Resistance Training Monitoring Devices: A Systematic Review». *Sports Medicine* 51, n. 3 (marzo 2021): 443–502. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01382-w>.

32. Willardson, Jeffrey M, Layne Norton, e Gabriel Wilson. «Training to Failure and Beyond in Mainstream Resistance Exercise Programs». *Strength & Conditioning Journal* 32, n. 3 (giugno 2010): 21–29. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3181cc2a3a>.
33. Zhang, Xing, Hansen Li, Shilin Bi, Yong Luo, Yang Cao, e Guodong Zhang. «Auto-Regulation Method vs. Fixed-Loading Method in Maximum Strength Training for Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis». *Frontiers in Physiology* 12 (12 marzo 2021): 651112. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.651112>.
34. Zourdos, Michael C., Alex Klemp, Chad Dolan, Justin M. Quiles, Kyle A. Schau, Edward Jo, Eric Helms, et al. «Novel Resistance Training–Specific Rating of Perceived Exertion Scale Measuring Repetitions in Reserve». *Journal of Strength and Conditioning Research* 30, n. 1 (gennaio 2016): 267–75. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001049>.
35. <https://borgperception.se/>
36. <https://powerliftingtechnique.com/rpe-vs-rir/>
37. <https://www.socalpowerlifting.net/post/the-benefits-of-using-rpe-rir-in-training#:~:text=Both%20are%20tools%20to%20measure,HIIT%2C%20timed%20exercises%2C%20etc.>
38. <https://www.medicinapertutti.it/>
39. <https://www.chimica-online.it/biologia/miofibrille.htm>
40. <https://paolonavonept.com/2021/02/02/cosa-puo-dirci-lindice-rpe-sulleesercizio-fisico/>
41. <https://www.burningate.com/parola-dordine-periodizzazione/>
42. <https://www.crescitacostruzione.it/>