



## UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

SOGGETTI, ISTITUZIONI, DIRITTI NELL'ESPERIENZA INTERNA E TRANSNAZIONALE.

Dipartimento di Giurisprudenza già Dipartimento di Scienze giuridiche, della società e dello sport

M-EDF/02 - Metodi e didattiche delle attività sportive

### Rilevanza della tipologia e durata dell'allungamento muscolare e possibili applicazioni cliniche

IL DOTTORE  
**EWAN THOMAS**

IL COORDINATORE  
**PROF. ANTONELLO TANCREDI**

IL TUTOR  
**PROF. ANTONIO PALMA**

CICLO XXIX  
ANNO CONSEGUIMENTO TITOLO 2017



## INDICE

▪ Abstract .....	5
1. Introduzione .....	6
2. Metodi di Ricerca .....	8
2.1 Ricerca letteraria .....	8
2.2 Criteri di inclusione .....	8
2.3 Analisi statistica .....	9
3. Risultati .....	11
3.1 Effetti della tipologia di stretching sul ROM .....	17
3.2 Effetti del tempo sul ROM .....	22
4. Discussione .....	29
5. Conclusioni .....	35
▪ Riferimenti bibliografici.....	36



## ABSTRACT

La flessibilità è una componente chiave per la salute, pertanto il mantenimento di un appropriato livello di flessibilità è fondamentale per l'espletamento delle attività della vita quotidiana. Per migliorare la flessibilità, può essere usato lo stretching, una tecnica che agisce sull'unità muscolo-tendinea che promuove l'arco di movimento(ROM). Varie tipologie di stretching sono conosciute, ma poco si sa su quale sia la strategia più idonea, o se vi sia una relazione tra una specifica tipologia di stretching ed il tempo ottimale necessario ad indurre un adattamento a lungo termine nel ROM. Per cui questa tesi di dottorato si è prefissa di capire la relazione che sussiste tra la tipologia di stretching a lungo termine ed il ROM e secondariamente vedere se anche il volume è correlato ad incrementi nel ROM. 23 Articoli scientifici sono stati inclusi nella sintesi qualitativa. Tutte le tipologie di stretching mostrano incrementi nel miglioramento dell'arco di movimento dopo un periodo di intervento, tuttavia solo i protocolli statici mostrano miglioramenti significativi ( $p < 0.05$ ) quando paragonati ai protocolli balistici o PNF. Il tempo speso nell'allungamento muscolare sembra fondamentale nel determinare incrementi del ROM quando lo stretching è applicato per più di 5 minuti a settimana, mentre il tempo speso a fare stretching per singola sessione non sembra determinante nell'indurre adattamenti muscolari. Anche la frequenza settimanale è associata a positivi incrementi del ROM. I dati sembrano indicare che eseguire sessioni di stretching per almeno 5 volte a settimana per almeno 5 minuti complessivamente, applicando protocolli di stretching statico, siano la strategia più idonea per promuovere l'incremento del ROM.

## 1. INTRODUZIONE

La flessibilità è una caratteristica fisica definita come l'abilità di muovere volontariamente una articolazione attraverso tutto il suo arco di movimento (ROM)<sup>2-4</sup>. Questa capacità dipende dalle caratteristiche anatomiche e fisiologiche individuali come, l'unità muscolo tendinea, lo stato dei legamenti, delle ossa e delle cartilagini che formano le articolazioni e la rigidità riflessa che fornisce il sistema nervoso<sup>3, 5</sup>. Una riduzione della flessibilità o una limitazione della mobilità può limitare il raggiungimento di obiettivi sportivi o incrementare il rischio di infortuni specialmente per quel che riguarda le contratture muscoloscheletriche<sup>6-9</sup>, così come limitare l'indipendenza di persone con deficit neurologici<sup>10, 11</sup>. In aggiunta, il naturale processo di invecchiamento, è caratterizzato da una degenerazione del muscolo e dei tessuti connettivi, specialmente inerenti la perdita di fibre di tipo II con una concomitante perdita di flessibilità<sup>12, 13</sup>. La conseguenza di questi fattori è una perdita di forza e mobilità che può contribuire ad una ridotta capacità funzionale<sup>15, 16</sup>. Una crescente riduzione nella flessibilità è stata inoltre notata in gruppi di età crescente compresi tra 20 e 49 anni<sup>17</sup>. Tale riduzione può significativamente incidere nelle attività quotidiane e ridurre la qualità della vita<sup>18-20</sup>.

Per cui un ottimale livello di flessibilità è una componente fondamentale per la salute e dovrebbe essere promossa<sup>4</sup>.

Una efficace strategia che potrebbe essere adottata per incrementare il ROM è lo stretching muscolare. Tale strategia è stata vista agire sul ROM a vari livelli, decrementando le proprietà visco-elastiche dei tendini umani, incrementando la compliance in vivo ad un livello prettamente anatomico<sup>14, 21</sup>, riducendo l'attività riflessa al livello del midollo spinale e modulando l'eccitabilità presinaptica a livello delle fibre inibitorie Ia ad un livello fisiologico<sup>5, 23</sup> ed agendo attraverso una progressiva

modificazione della sensazione come risultato di un incremento della tolleranza all'allungamento<sup>22</sup>.

In particolare, lo stretching acuto o sessioni di stretching eseguite per un breve periodo di tempo sembrano promuoverne la tolleranza, mentre lo stretching cronico sembra agire sulle componenti biomeccaniche e fisiologiche del muscolo oltre che sui tendini ed il sistema nervoso<sup>5, 14, 22</sup>.

E' inoltre noto che il termine stretching si riferisce ad una tecnica adottata per l'elongazione muscolare e che questa tecnica può essere eseguita con diverse modalità, tutte però con quattro caratteristiche comuni in grado di influenzare la flessibilità di una articolazione: Intensità, durata, frequenza che può essere distinta in frequenza di sessione e frequenza settimanale, ed infine la posizione<sup>24</sup>. Le tecniche di stretching maggiormente usate possono essere sintetizzate come segue: Stretching statico (che può essere diviso in attivo e passivo), ballistico (una forma di stretching statico o dinamico eseguito con un movimento di rimbalzo) e la facilitazione propriocettiva neuromuscolare (PNF, una forma di stretching che comprende sia un allungamento che una contrazione del muscolo bersaglio. La fase di stretching è generalmente eseguita tramite tecniche passive<sup>25</sup>). Queste tecniche sono state estensivamente studiate in relazione alla prevenzione degli infortuni, alla performance ed al miglioramento del ROM<sup>26-30</sup>. Tuttavia, la maggioranza di questi studi sono cross-sectional<sup>21, 31-33</sup> per cui non tengono in considerazione gli adattamenti a lungo termine o sono revisioni della letteratura che analizzano adattamenti acuti<sup>34, 35</sup>.

Per tanto, l'obiettivo di questa tesi di dottorato è quella di analizzare gli studi che hanno eseguito stretching a lungo termine e capire quali sono le eventuali relazioni che sussistono tra, la tipologia, la durata e la frequenza dello stretching con gli adattamenti del ROM.

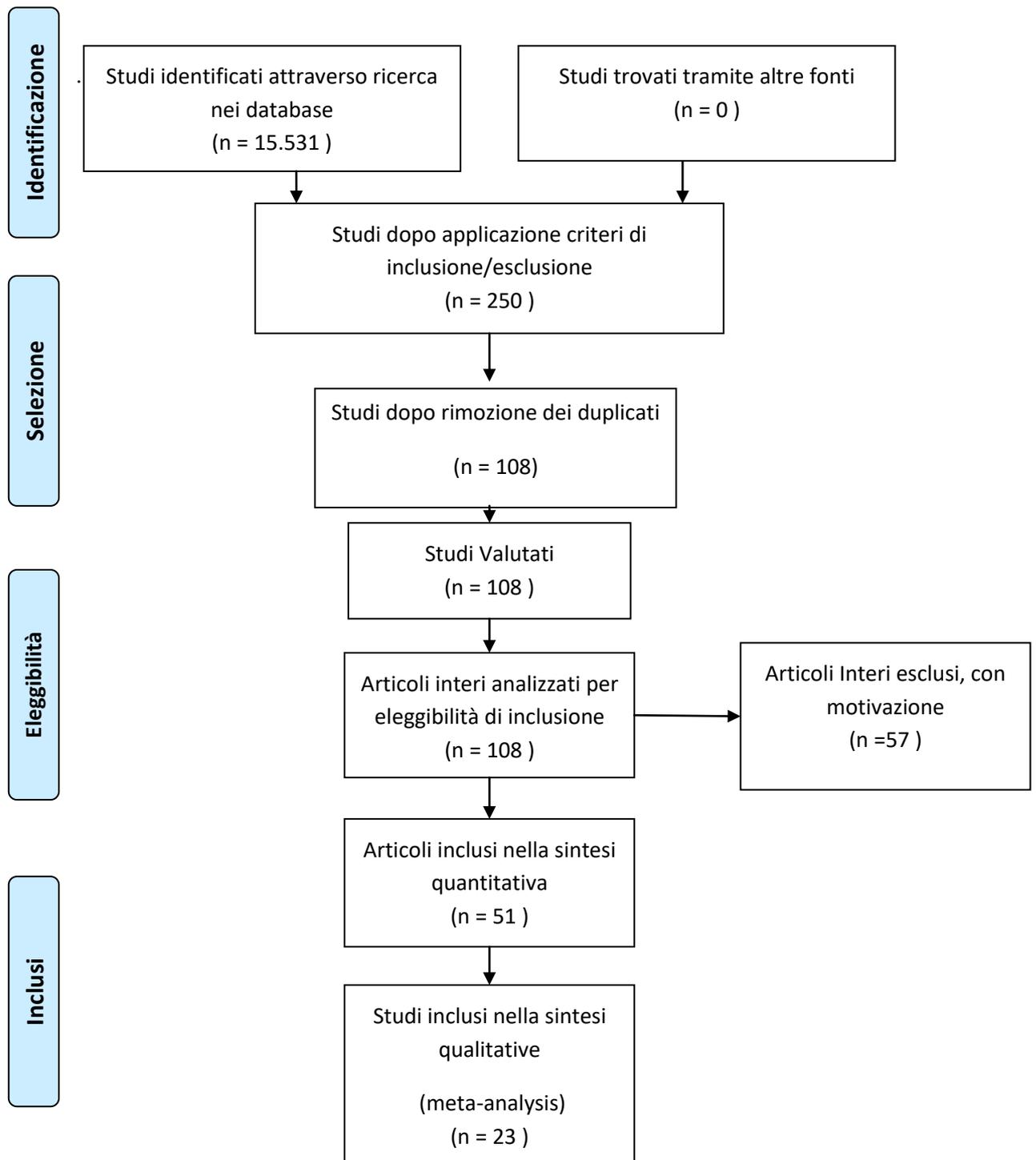
## **2. MATERIALI E METODI**

**2.1 Ricerca letteraria.** Le linee guida PRISMA per la realizzazione di review sistematiche sono state adottate<sup>36</sup>. Una ricerca della letteratura è stata eseguita usando tre database on line: MEDLINE, ScienceDirect e SPORTDiscuss, usando un numero di parole chiave: stretch, stretching, exercise e flexibility. Queste sono state identificate attraverso un processo di snowballing che è iniziato dalle parole chiave: Stretching, adaptation e range of motion. Le parole chiave selezionate sono state usate in combinazione tra di loro: stretch AND exercise, stretch AND flexibility, stretching AND exercise, stretching AND flexibility. I riferimenti bibliografici di pubblicazioni rilevanti sono state anch essi esaminati. Gli abstracts e gli studi non pubblicati non sono stati inclusi. Soltanto articoli scientifici in lingua inglese sono stati esaminati. Il PRISMA flowdiagram (Fig.1) illustra il processo tramite il quale gli studi scientifici sono stati selezionati.

**2.2 Criteri di Inclusione.** Gli studi che esaminano l'influenza della tipologia di stretching e la durata sul ROM sono stati inclusi nella review se rispettavano i seguenti criteri di inclusione: 1) Gli studi dovevano essere pubblicati tra il 1995 ed il 2015, 2) Gli studi dovevano essere originali, pubblicati in inglese ed riviste con peer-review, 3) gli studi dovevano avere un periodo di intervento di almeno 4 settimane<sup>25</sup>, che seguendo la definizione di Magnusson et al, ricadono in quel che viene definito come "stretching a lungo termine" 4) gli studi dovevano specificare e definire la tipologia di stretching e 5) gli studi dovevano avere una misura di ROM pre e post intervento. Gli articoli che consideravano il ROM acuto o gli articoli che consideravano coorti patologici con flessibilità ridotta sono stati esclusi dallo studio. L'esclusione di articoli non-inglesi è una limitazione dello studio per via delle possibili informazioni utili che potevano essere incluse, tuttavia la non corretta interpretazione di altre lingue straniere poteva

portare all'inclusione di dati non rilevanti. Tutti i duplicati sono stati rimossi dall'investigazione. Lo studio è stato condotto in accordo alle linee guida per l'eticità nella ricerca in sport ed exercise science<sup>37</sup>.

**2.3 Analisi Statistica.** I Manoscritti inclusi nella sintesi qualitativa sono stati inizialmente classificati in base alla loro tipologia di stretching e per ciascuno di essi, la variazione media del ROM tra i dati pre e post è stata calcolata (se non già disponibile, % $\Delta$ ). Successivamente, gli intervalli di confidenza al 95% (CIs) per ogni tipologia di stretching e l'effect size (ES) che descrive l'entità del campione sono stati determinati sugli articoli identificati. Dopo la creazione degli CIs, gli studi inclusi sono stati stratificati in base al tempo di intervento: 1) Tempo totale a settimana speso nel fare stretching (i. meno di 5 minuti, ii. Tra 5 e 10 minuti, iii più di 10 minuti), 2) Tempo speso a fare stretching per singola sessione (i. meno di 60 secondi, ii tra 60 e 120 secondi, iii più di 120 secondi) ed al numero di giorni spesi a fare stretching a settimana. Le differenze tra %  $\Delta$ ROM per ogni tipologia di stretching sono state calcolate tramite dei t-test per dati non appaiati e attraverso l'ANOVA quando opportuno, tramite il software STATISTICA 10.0 per windows (Statsoft inc., Tulsa, OK, USA). Il livello di significatività è stato definito come  $p < 0.05$  per tutte le analisi.



*Fig.1 PRISMA flow diagram che illustra il procedimento utilizzato per l'inclusione degli articoli scientifici.*

### 3. RISULTATI

Un totale di 250 articoli sono stati identificati tramite una ricerca della letteratura (Fig.1). Centoquarantadue articoli sono stati rimossi come duplicati. Il primo screening ha identificato 108 articoli come eleggibili. Dopo l'applicazione dei criteri di inclusione ed esclusione 57 articoli sono stati esclusi e 51 articoli inclusi nella sintesi quantitativa. Dopo la determinazione dei CIs 23 articoli sono stati inclusi nella sintesi qualitativa per l'analisi (Tabella 1).

**Tabella 1.** Descrizione degli studi inclusi nella sintesi qualitativa divisi per tipologia di stretching, media, dev. standard, 95% intervallo di confidenza (CI) ed effect size (ES).

Tipologia	N° di rilevazioni	Media ROM±Dev.Std	95% CI	ES
Attivo	13	18.16±4.82	13.34 - 22.98	0.91
Ballistico	4	11.68±1.20	10.47 - 12.88	0.99
Passivo	20	17.4±4.87	12.53 - 22.27	0.86
PNF	10	15.27±5.81	9.46- 21.08	0.88
Statico	41	19.47±5.79	13.68 - 25.26	0.75

Cinque articoli hanno analizzato lo stretching attivo<sup>38-42</sup>, due articoli hanno analizzato lo stretching balistico<sup>43, 44</sup>, sette articoli hanno analizzato lo stretching passivo<sup>40, 41, 45-49</sup>, due articoli hanno analizzato lo stretching PNF<sup>40, 50</sup>, e sette articoli hanno analizzato lo stretching statico<sup>49, 51-56</sup> (Tabella 2).

**Tabella 2.** *Sommario delle caratteristiche principali degli studi inseriti nella sintesi quantitativa.*

<b>Autori</b>	<b>Campione (n)</b>	<b>Età (media)</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Periodo di intervento (settimen)</b>	<b>Sessioni settimanali</b>	<b>Serie (n)</b>	<b>Durata (s)</b>	<b>Tempo sessione (s)</b>	<b>Tempo settimanale (s)</b>	<b>ROM Pre (°)</b>	<b>ROM Post (°)</b>	<b>Distretto</b>	<b>%Δ</b>
Ayala et al. 38	35	21	Attivo	12	3	12	15	180	540	87.9±11.9	107.7±12.2	Anca	22.5
Ayala et al. 39	76	22	Attivo	12	3	6	30	180	540	90.1±8.8	103.7±12.5	Ischiocrurali	13.6
Bandy et al. 56	18	20-24	Statico	6	5	3	60	180	900	43.33±8.3 1	32.83±7.26	Anca	24.2
Bandy et al. 56	19	20-24	Statico	6	5	3	30	90	450	42.31±10. 13	32.26±9.68	Anca	23.9
Bandy et al. 56	18	20-24	Statico	6	5	1	60	60	300	43.78±6.9 1	33.33±8.32	Anca	22.2
Blazevich et al. 52	12	18.6	Statico	4	5	4x2	30	120	1200	n/a	n/a	Flessori Dorsali	19.9
Blazevich et al. 51	11	18.7	Statico	4	5	4x2	30	120	1200	40.6±10.0	48.5±10.9	Flessori Plantari	19.5
Cipriani et. al 53	14	18-46	Statico	4	7	2	30	60	420	78.8±14.3	97.7±16.7	Anca	23.9
Cipriani et. al 53	13	18-46	Statico	4	3	2x2	30	60	360	78.5±13.2	97.7±11.0	Anca	24.5

Cipriani et al. 53	13	18-46	Statico	4	3	2	30	60	180	81.1±12.6	94.7±11.1	Anca	16.8
Coledam et al. 54	58	8	Statico	16	2	6	20	120	240	24.9±5.0	29.1±4.5	Ischiocrurali	16.7
Johnson et al. 45	12	18-25	Passivo	6	6	3	30	90	540	59.9±6.5	72.2±5.2	Ischiocrurali	20.5
Johnson et al. 45	14	18-25	Passivo	6	6	9	10	90	540	58.4±7.0	71.6±9.5	Ischiocrurali	22.6
Kokkonen et al. 57	19	22-23	Statico	10	3	3	15	45	135	n/a	n/a	Parte inferiore	18.1
Konrad et al. 43	24	23	Ballistico	6	5	4	30	120	600	33.8±6.3	37.8±7.2	Flessori Dorsali	11.8
Konrad et al. 46	25	23	Passivo	6	5	4	30	120	600	30.9±5.3	36.6±6.1	Flessori Dorsali	18.4
Lòpez- Bedoya et al. 40	9	20-24	Attivo	9	2	4x2	12	48	192	120.8±14. 5	139.3±13.2	Anca	15.4
Lòpez- Bedoya et al. 40	11	20-24	Passivo	9	2	10	10	100	200	118.6±21. 4	141.9±17.2	Anca	19.5
Lòpez- Bedoya et al. 40	9	20-24	PNF	9	2	10	10	100	200	115.5±15. 7	132.7±15.8	Anca	14.3

Mahieu et al. <sup>44</sup>	21	22	Ballistico	6	7	5	20	80	560	28.7±6.8	32.0±7.3	Flessori Plantari	11.5
Mahieu et al. <sup>50</sup>	33	22	PNF	6	7	5	15	75	525	28.3±1.2	34.2±1.0	Flessori Plantari	20.8
Mahieu et al. <sup>50</sup>	33	22	PNF	6	7	5	15	75	525	36.2±1.3	41.9±1.0	Flessori Dorsali	15.7
Marshall et al. <sup>47</sup>	22	23	Passivo	4	5	3	30	90	450	76.1 ± 15.9	92.0 ±18.0	Ischiocrurali	20.9
Nakamura et al. <sup>55</sup>	9	21	Statico	4	7	2	60	120	840	32.9±2.8	n/a	Flessori Dorsali	20.4
Sainz de Baranda et al. <sup>41</sup>	28	21	Attivo	12	3	12	15	180	540	88.5	106.5	Anca	20.3
Sainz de Baranda et al. <sup>41</sup>	38	21	Attivo	12	3	6	30	180	540	89.2	102.8	Anca	15.2
Sainz de Baranda et al. <sup>41</sup>	33	21	Attivo	12	3	4	45	180	540	87.9	102.5	Anca	16.6
Sainz de Baranda et al. <sup>41</sup>	14	21	Passivo	12	3	6	30	180	540	84.2	102.6	Anca	21.8
Sainz de Baranda et	19	21	Passivo	12	3	4	45	180	540	85.4	100.0	Anca	17.1

al. <sup>41</sup>													
Shadmehr et al. <sup>48</sup>	30	20-25	Passivo	4	3	3	10	30	90	147.9±3.2	166.5±3.4	Ischiocrurali	12.6
Wyon et al. <sup>42</sup>	14	14	Attivo	6	5	3	60	180	900	99.7±25.6	120.2±24.9	Parte inferiore	20.5
Zakas et al. <sup>49</sup>	18	10	Passivo	12	3	2	30	60	180	84.2±3.7	96.2±4.3	Anca	14.2
Zakas et al. <sup>49</sup>	19	13	Passivo	12	3	2	30	60	180	82.2±4.4	97.7±4.8	Anca	18.9
Zakas et al. <sup>49</sup>	18	16	Passivo	12	3	2	30	60	180	83.8±3.5	95.1±3.7	Anca	13.5

---

Nove studi, indipendentemente dalla tipologia di stretching si sono focalizzati sull'estensibilità dell'anca, avendo quindi come muscoli di intervento gli ischiocrurali, quindi la misura del ROM è stata eseguita tramite il passive bilateral straight leg raise (PSRL), che consisteva nell'avere il partecipante in una posizione supina, con entrambe le gambe estese e la caviglia della gamba testata a 90° in dorsiflessione<sup>38-41, 45, 47, 49, 53, 56</sup>. Da questa posizione gli investigatori alzavano la gamba del partecipante fino ad un punto finale. Tale punto veniva identificato quando la gamba opponeva una resistenza e quando vi era un possibile inizio di rotazione pelvica. Il ROM era quindi il massimo angolo formato tra la gamba ed il corpo. Altri studi hanno analizzato l'estensibilità dell'anca attraverso il sit and reach test<sup>54, 57</sup> che può essere considerato un comune test per la valutazione della flessibilità della catena cinetica posteriore (tale test ha tuttavia molte limitazioni. Variazioni nella lunghezza degli arti e del tronco tra i partecipanti può rendere difficile e fuorviante eseguire delle comparazioni) ed attraverso la fotografia<sup>42</sup> tramite il SiliconCOACH, un software che analizzava il ROM che a sua volta veniva calcolato tramite l'angolo formato dai 2 malleoli di ogni gamba tramite dei markers posizionati su di essi.

Due studi, nonostante avessero come target principale gli ischiocrurali, come gli studi appena menzionati, misuravano il ROM tramite il passive knee extension test, che consisteva nel far distendere i partecipanti in una posizione supina con l'arto controlaterale alla misurazione ben saldo, e l'anca opposta flessa a 90°<sup>45, 48</sup>. Un inclinometro era stato posizionato sulla cresta tibiale sull'estremità distale dell'arto in prossimità della tuberosità tibiale. L'esaminatore qui passivamente estendeva il ginocchio fino al punto in cui il partecipante riportava sconforto o dolore<sup>58</sup>.

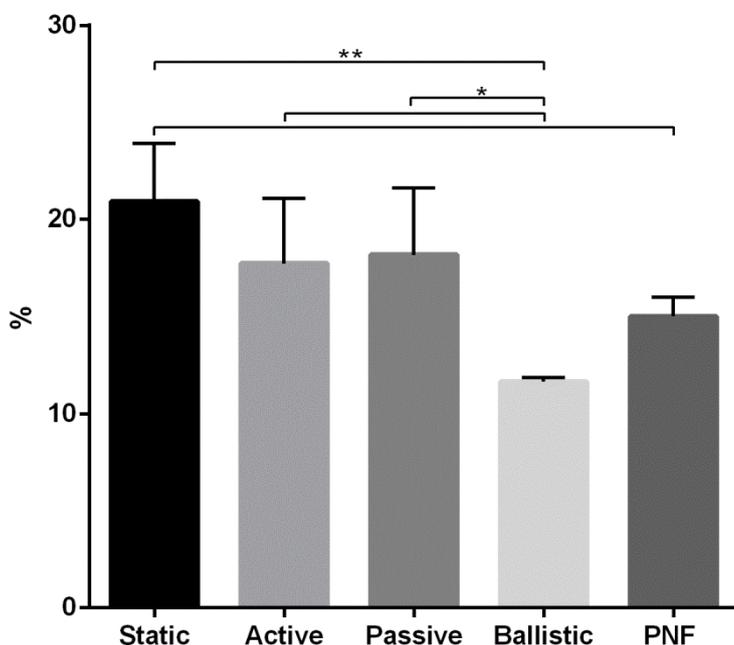
Altri studi analizzati avevano come target principale i flessori dorsali della caviglia. Quattro di questi misuravano il ROM attraverso un goniometro elettronico posizionato sulla caviglia<sup>43, 44, 46, 50</sup>. Le misurazioni erano state prese posizionando il partecipante in

piedi in una posizione neutrale, con la caviglia a 90°. Ai partecipanti era richiesto di fare un passo indietro con l'arto e di portare la caviglia al massimo grado di dorsiflessione mantenendo il piede posteriore fisso al suolo. Il ginocchio dell'arto testato (arto posteriore) doveva rimanere completamente esteso ed il ginocchio opposto flesso. Entrambi i piedi dovevano rimanere paralleli. I restanti tre studi<sup>51, 52, 55</sup> hanno misurato il ROM attraverso un dinamometro isotonico con il ginocchio dell'arto testato completamente esteso. Il piede era imbragato nel piatto inferiore del dinamometro e questo rotato in dorsiflessione ad una velocità di 2°/s<sup>51, 52</sup> e 1°/s<sup>55</sup> fino al massimo angolo tollerabile di ogni soggetto.

Il limitato numero di articoli scientifici non ha permesso una comparazione diretta delle variazioni del ROM per ogni articolazione, quindi questo studio si è focalizzato sulla media %Δ del ROM tra il pre ed il post intervento. Tuttavia, tutti gli studi inclusi in questa tesi di dottorato focalizzavano la loro attenzione sugli arti inferiori e questo ha potuto limitare artefatti durante l'analisi dei risultati.

**3.1 Effetti della tipologia di stretching sul ROM.** Come già precedentemente descritto, lo stretching statico può essere suddiviso in attivo o passivo. Durante l'analisi degli studi inclusi quando tale distinzione non era espressamente specificata il termine "statico" è stato usato a sé, e pertanto, una terza, più generica categoria è stata creata. Durante l'analisi dello stretching statico una media %Δ di 20.9 ROM è stata ottenuta tra i valori pre e post intervento tra i vari studi<sup>51-57</sup>. Questa variazione era del 17.7% per lo stretching statico attivo<sup>38-42, 57</sup> e del 18.2% per lo stretching statico passivo<sup>40, 41, 45-49</sup>. Nessuna differenza statisticamente significativa è stata trovata tra i gruppi, considerando la %Δ media del ROM. La %Δ media del ROM per quel che riguarda lo stretching ballistico e lo stretching PNF era di, 11.65 e 15.0, rispettivamente<sup>43, 44, 51-55</sup>. L'analisi ha mostrato differenze significative tra tutti i gruppi statici ed il gruppo balistico

( $p < 0.01$ , tra statico vs balistico e  $p < 0.05$  tra attivo e passivo vs balistico) e differenze tra lo stretching statico ed il PNF ( $p < 0.05$ ), ma nessuna differenza tra stretching balistico e PNF o tra gli altri gruppi di stretching statico e PNF. Nonostante queste significatività



**Fig.2** Tipologia di stretching e variazioni percentuali del ROM. Differenze significative sono mostrate tra tutte le tipologie di stretching statico e lo stretching balistico ( $p < 0.01$  statico,  $p < 0.05$  attivo e passivo) e tra lo stretching statico e lo stretching PNF ( $p < 0.05$ ).

statistiche, i ridotti campioni analizzati non permettono di formulare un conclusione generale e pertanto questi risultati potrebbero essere limitati ai campioni presi in esame. I risultati sono sintetizzati in tabella 3 e figura 2.

**Tabella 3.** Descrizione degli studi stratificati per tipologia di stretching.

Tipologia	Autori	Serie (n)	Durata (s)	Tempo sessione(s)	Tempo settimanale (s)	%Δ
<b>Attivo</b>						
	Ayala et al. <sup>38</sup>	12	15	180	540	22.5
	Ayala et al. <sup>39</sup>	6	30	180	540	13.6
	López-Bedoya et al. <sup>40</sup>	4x2	12	48	192	15.4
	Sainz de Baranda et al. <sup>41</sup>	12	15	180	540	20.3
	Sainz de Baranda et al. <sup>41</sup>	6	30	180	540	15.2
	Sainz de Baranda et al. <sup>41</sup>	4	45	180	540	16.6
	Wyon et al. <sup>42</sup>	3	60	180	900	20.5
media		6.7	27.8	146.7	490.9	17.7
<b>Ballistico</b>						
	Konrad et al. <sup>43</sup>	4	30	120	600	11.8
	Mahieu et al <sup>44</sup>	5	20	80	560	11.5
media		4.5	25	100	580	11.65

**Passivo**

Johnson et al. <sup>45</sup>	3	30	90	540	20.5
Johnson et al. <sup>45</sup>	9	10	90	540	22.6
Konrad et al. <sup>46</sup>	4	30	120	600	18.4
López-Bedoya et al. <sup>40</sup>	10	10	100	200	19.5
Marshall et al. <sup>47</sup>	3	30	90	450	20.9
Sainz de Baranda et al. <sup>41</sup>	6	30	180	540	21.8
Sainz de Baranda et al. <sup>41</sup>	4	45	180	540	17.1
Shadmehr et al. <sup>48</sup>	3	10	30	90	12.6
Zakas et al. <sup>49</sup>	2	30	60	180	14.2
Zakas et al. <sup>49</sup>	2	30	60	180	18.9
Zakas et al. <sup>49</sup>	2	30	60	180	13.5

---

**media**

---

**4.36      25.9      96.3      367      18.2**

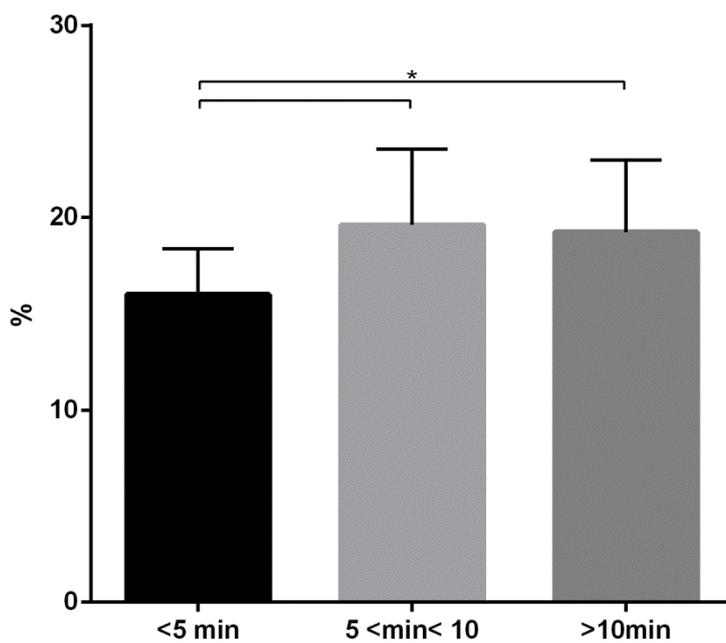
---

**PNF**

López-Bedoya et al. <sup>40</sup>	10	10	100	200	14.3
-----------------------------------	----	----	-----	-----	------

	Mahieu et al. <sup>50</sup>	5	15	75	525	15.7
<hr/>						
	media	6.6	13.3	83.3	416.6	15.0
<hr/>						
	<b>Statico</b>					
	Bandy et al. <sup>56</sup>	3	60	180	900	24.2
	Bandy et al. <sup>56</sup>	3	30	90	450	23.9
	Bandy et al. <sup>56</sup>	1	60	60	300	22.2
	Blazevich et al. <sup>51</sup>	4x2	30	120	1200	19.5
	Blazevich et al. <sup>52</sup>	4x2	30	120	1200	19.9
	Cipriani et. al <sup>53</sup>	2	30	60	420	23.9
	Cipriani et. al <sup>53</sup>	2x2	30	60	360	24.5
	Cipriani et. al <sup>53</sup>	2	30	60	180	16.8
	Coledam et al. <sup>54</sup>	6	20	120	240	16.7
	Kokkonen et al. <sup>57</sup>	3	15	45	135	18.1
	Nakamura et al. <sup>55</sup>	2	60	120	840	20.4
<hr/>						
	media	3.8	35.9	94.1	565	20.9
<hr/>						

**3.2 Effetti del tempo sul ROM.** Ulteriore stratificazione è stata creata usando come variabile principale il volume di allenamento. I due volumi di allenamento considerati ai fini dell'analisi statistica sono stati il volume totale settimanale (Il tempo totale speso a fare stretching settimanalmente, espresso in secondi, es. 3 giorni a settimana per 3 serie da 30 secondi a sessione=  $3*30*3=270$  secondi spesi a fare stretching ogni settimana, per ogni muscolo preso in esame) ed il volume della singola sessione di stretching (Il tempo totale speso a fare stretching espresso in secondi per ogni sessione di stretching, es. 3 serie da 30sec=  $30*3= 90$  secondi spesi a fare stretching ogni singola sessione, per ogni muscolo preso in esame). Il volume totale settimanale è stato ulteriormente stratificato in meno di 5 minuti<sup>40, 48, 49, 53, 54, 57</sup>, compreso tra 5 e 10 minuti<sup>38, 39, 41, 44, 45, 47,</sup>



*Fig.3 Tempo speso a fare stretching settimanalmente e variazioni del ROM. Vi sono differenze significative tra lo stretching eseguito meno di 5 minuti a settimana ed i gruppi che eseguono lo stretching per più di 5 minuti a settimana ( $p<0.05$ ).*

<sup>50, 53, 56</sup>, e superiore a 10 minuti<sup>42, 43, 46, 51-53, 55, 56</sup> con un tempo medio di 177.7 secondi (circa 3 minuti), 497.1 secondi (circa 8:30 minuti) e 891.4 secondi (circa 15 minuti) settimanali, rispettivamente, indipendentemente dalla

tipologia di stretching.

La %Δ media del ROM ha mostrato differenze statisticamente significative tra il gruppo che ha eseguito stretching meno di 5 minuti e i due che hanno eseguito stretching per più di 5 minuti ( $p<0.05$ , per entrambe le analisi) mentre nessuna differenza è stata

trovata tra i due gruppi che eseguivano stretching per più o almeno 5 minuti settimanalmente (Tabella 4 e figura 3).

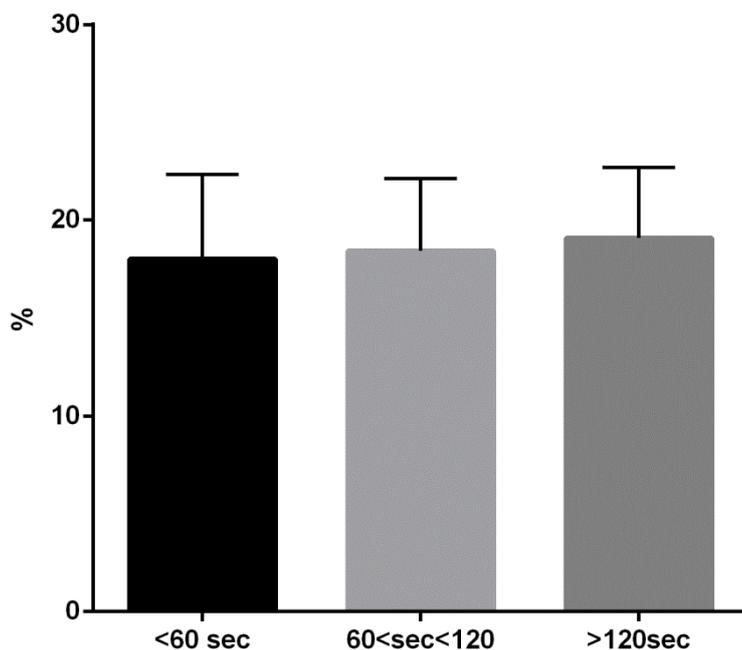
**Tabella4 .** *Descrizione degli studi stratificati per tempo speso a fare stretching settimanalmente.*

<b>Tiempo</b>	<b>Tempo settimanale (s)</b>	<b>Autori</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Serie (n)</b>	<b>Durata (s)</b>	<b>Tempo sessione(s)</b>	<b>%Δ</b>
<b>Stretching &lt; 5 min</b>							
	<b>90</b>	Shadmehr et al. <sup>48</sup>	Passivo	3	10	30	12.6
	<b>135</b>	Kokkonen et al. <sup>57</sup>	Statico	3	15	45	18.1
	<b>180</b>	Cipriani et. al <sup>53</sup>	Statico	2	30	60	16.8
	<b>180</b>	Zakas et al. <sup>49</sup>	Passivo	2	30	60	14.2
	<b>180</b>	Zakas et al. <sup>49</sup>	Passivo	2	30	60	18.9
	<b>180</b>	Zakas et al. <sup>49</sup>	Passivo	2	30	60	13.5
	<b>192</b>	Lòpez-Bedoya et al. <sup>40</sup>	Attivo	4x2	12	48	15.4
	<b>200</b>	Lòpez-Bedoya et al. <sup>40</sup>	PNF	10	10	100	19.5
	<b>200</b>	Lòpez-Bedoya et al. <sup>40</sup>	Passivo	10	10	100	14.3
	<b>240</b>	Coledam et al. <sup>54</sup>	Statico	6	20	120	16.7
media	<b>177.7</b>			4.0	19.7	68.3	16.0
<b>5min &lt; stretching &lt; 10min</b>							
	<b>300</b>	Bandy et al. <sup>56</sup>	Statico	1	60	60	22.2
	<b>360</b>	Cipriani et. al <sup>53</sup>	Statico	2x2	30	60	24.5
	<b>420</b>	Cipriani et. al <sup>53</sup>	Statico	2	30	60	23.9
	<b>450</b>	Bandy et al. <sup>56</sup>	Statico	3	30	90	23.9
	<b>450</b>	Marshall et al. <sup>47</sup>	Passivo	3	30	90	20.9
	<b>525</b>	Mahieu et al. <sup>50</sup>	PNF	5	15	75	20.8

525	Mahieu et al. <sup>50</sup>	PNF	5	15	75	15.7
540	Ayala et al. <sup>38</sup>	Attivo	12	15	180	22.5
540	Ayala et al. <sup>39</sup>	Attivo	6	30	180	13.6
540	Sainz de Baranda et al. <sup>41</sup>	Passivo	12	15	180	20.3
540	Sainz de Baranda et al. <sup>41</sup>	Passivo	6	30	180	15.2
540	Sainz de Baranda et al. <sup>41</sup>	Passivo	4	45	180	16.6
540	Sainz de Baranda et al. <sup>41</sup>	Attivo	6	30	180	21.8
540	Sainz de Baranda et al. <sup>41</sup>	Attivo	4	45	180	17.1
540	Johnson et al. <sup>45</sup>	Passivo	3	30	90	20.5
540	Johnson et al. <sup>45</sup>	Passivo	9	10	90	22.6
560	Mahieu et al. <sup>44</sup>	Ballistico	5	20	80	11.5
media	<b>497.1</b>		5.3	28.3	119.4	20.8
<b>Stretching ≥ 10min</b>						
600	Konrad et al. <sup>43</sup>	Ballistico	4	30	120	11.8
600	Konrad et al. <sup>46</sup>	Passivo	4	30	120	18.4
840	Nakamura et al. <sup>55</sup>	Statico	2	60	120	20.4
900	Wyon et al. <sup>42</sup>	Attivo	3	60	180	20.5
900	Bandy et al. <sup>56</sup>	Statico	3	60	180	24.2
1200	Blazevich et al. <sup>51</sup>	Statico	4x2	30	120	19.5
1200	Blazevich et al. <sup>52</sup>	Statico	4x2	30	120	19.9
media	<b>891.4</b>		4.57	42.85	137.4	19.2

Il volume totale per ogni singola sessione è stato stratificato in 3 gruppi, meno di 60 secondi a settimana<sup>40, 48, 49, 53, 56, 57</sup>, compreso tra 60 e 120 secondi<sup>40, 43-47, 50-52, 54-56</sup> e più

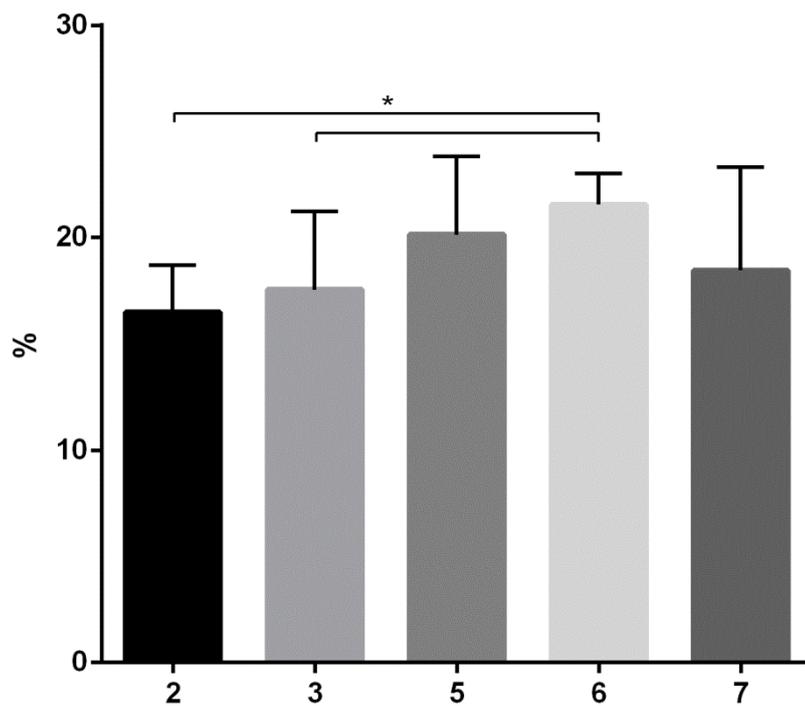
di 120 secondi<sup>38, 39, 41, 42, 56</sup> con un tempo medio di 54.3, 100.6 e 180 secondi per singola sessione, rispettivamente. La % $\Delta$  media non ha mostrato significative differenze tra i



**Fig.4** Tempo speso a fare stretching durante una singola sessione e variazioni del ROM. Non vi sono differenze statisticamente significative tra i due gruppi.

gruppi nonostante il differente volume di allenamento. Tuttavia un trend incrementale è mostrato tra i gruppi in relazione alla durata (18.1 vs 18.4 vs 19.1, rispettivamente, Tabella 5 e figura 4).

E' interessante notare che nonostante i volumi del "volume della singola sessione" differiscano significativamente tra di loro, non vi sono differenze significative tra i gruppi, in contrasto con i risultati di "volume totale settimanale" dove anche qui si vedono differenze tra i volumi. Questo indica che i guadagni di ROM dopo un periodo di almeno 4 settimane, possono essere ottimalmente promossi incrementando il tempo speso a fare stretching settimanalmente. E' tuttavia plausibile, che incrementando il volume della singola sessione aumenti il volume totale settimanale. Ulteriore stratificazione mettendo in relazione la frequenza settimanale e la % $\Delta$  media del ROM è mostrata in figura 5.



*Fig.5 Frequenza settimanale e variazioni del ROM. Vi sono differenze statisticamente significative tra i gruppi che eseguono stretching 2 e 3 volte a settimana contro chi lo esegue 6 volte a settimana ( $p < 0.05$ ). Nessuna differenza è mostrata tra i restanti gruppi.*

L'analisi della varianza non mostra alcuna differenza ad eccezione dei gruppi che eseguivano 2 o 3 sedute settimanali vs 6 sedute settimanali

( $p < 0.05$ ).

Indicazione del fatto che un incremento della frequenza settimanale incrementi in maniera ottimale il ROM.

**Tabella 5 .** Descrizione degli studi stratificati per tempo speso a fare stretching in singola sessione.

Tempo	Tempo settimanale (s)	Autori	Tipologia	Serie (n)	Durata (s)	Tempo sessione(s)	%Δ
<b>Stretching ≤ 60sec</b>							
	90	Shadmehr et al. <sup>48</sup>	Passivo	3	10	<b>30</b>	12.6
	135	Kokkonen et al. <sup>57</sup>	Statico	3	15	<b>45</b>	18.1
	192	Lòpez-Bedoya et al. <sup>40</sup>	Attivo	4x2	12	<b>48</b>	15.4
	420	Cipriani et. al <sup>53</sup>	Statico	2	30	<b>60</b>	23.9
	360	Cipriani et. al <sup>53</sup>	Statico	2x2	30	<b>60</b>	24.5
	180	Cipriani et. al <sup>53</sup>	Statico	2	30	<b>60</b>	16.8

	300	Bandy et al. <sup>56</sup>	Statico	1	60	<b>60</b>	22.2
	180	Zakas et al. <sup>49</sup>	Passivo	2	30	<b>60</b>	14.2
	180	Zakas et al. <sup>49</sup>	Passivo	2	30	<b>60</b>	18.9
	180	Zakas et al. <sup>49</sup>	Passivo	2	30	<b>60</b>	13.5
media	<hr/>			221.7	<hr/>		
				1.7	27.7	<b>54.3</b>	18.1
<hr/>							
<b>60sec&lt;Stretching</b>							
<b>≤120sec</b>							
	525	Mahieu et al. <sup>50</sup>	PNF	5	15	<b>75</b>	20.8
	525	Mahieu et al. <sup>50</sup>	PNF	5	15	<b>75</b>	15.7
	560	Mahieu et al. <sup>44</sup>	Ballistico	5	20	<b>80</b>	11.5
	450	Marshall et al. <sup>47</sup>	Passivo	3	30	<b>90</b>	20.9
	540	Johnson et al. <sup>45</sup>	Passivo	3	30	<b>90</b>	20.5
	540	Johnson et al. <sup>45</sup>	Passivo	9	10	<b>90</b>	22.6
	450	Bandy et al. <sup>56</sup>	Statico	3	30	<b>90</b>	23.9
	200	Lòpez-Bedoya et al. <sup>40</sup>	PNF	10	10	<b>100</b>	19.5
	200	Lòpez-Bedoya et al. <sup>40</sup>	Passivo	10	10	<b>100</b>	14.3
	240	Coledam et al. <sup>54</sup>	Statico	6	20	<b>120</b>	16.7
	600	Konrad et al. <sup>43</sup>	Ballistico	4	30	<b>120</b>	11.8
	600	Konrad et al. <sup>46</sup>	Passivo	4	30	<b>120</b>	18.4
	840	Nakamura et al. <sup>55</sup>	Statico	2	60	<b>120</b>	20.4
	1200	Blazevich et al. <sup>51</sup>	Statico	4x2	30	<b>120</b>	19.5
	1200	Blazevich et al. <sup>52</sup>	Statico	4x2	30	<b>120</b>	19.9
media	<hr/>			578	<hr/>		
				4.6	24.6	<b>100.6</b>	18.4
<hr/>							
<b>Stretching</b>							
<b>&gt;120sec</b>							
	540	Ayala et al. <sup>38</sup>	Attivo	12	15	<b>180</b>	22.5
	540	Ayala et al. <sup>39</sup>	Attivo	6	30	<b>180</b>	13.6
	900	Bandy et al. <sup>56</sup>	Statico	3	60	<b>180</b>	24.2

540	Sainz de Baranda et al. <sup>41</sup>	Passivo	12	15	<b>180</b>	20.3
540	Sainz de Baranda et al. <sup>41</sup>	Passivo	6	30	<b>180</b>	15.2
540	Sainz de Baranda et al. <sup>41</sup>	Passivo	4	45	<b>180</b>	16.6
540	Sainz de Baranda et al. <sup>41</sup>	Attivo	6	30	<b>180</b>	21.8
540	Sainz de Baranda et al. <sup>41</sup>	Attivo	4	45	<b>180</b>	17.1
900	Wyon et al. <sup>42</sup>	Attivo	3	60	<b>180</b>	20.5
media			<hr/> 620		<hr/> <b>180</b>	<hr/> 19.1

#### 4. DISCUSSIONE

L'obiettivo principale di questa tesi di dottorato era quello di capire la relazione tra la tipologia di stretching, la durata dello stretching a lungo termine ed il ROM. I risultati ci suggeriscono che un miglioramento del ROM si ottiene indipendentemente dalla tipologia di stretching. Tutte le tipologie di stretching evidenziano un incremento rispetto ai propri valori basali, tuttavia, incrementi relativamente migliori possono essere ottenuti tramite stretching statico(20.9%) in paragone a quello balistico(11.65%) o PNF(15%). Sembra inoltre esserci una relazione tra il tempo e l'incremento relativo del ROM, essendo questo maggiormente legato al volume totale settimanale, con un tempo ottimale minimo di 5 minuti settimanali per muscolo per almeno 5 giorni settimanali raccomandati per la massimizzazione del guadagno del ROM.

Come suggerito da Guissard e Duchateau<sup>5</sup>, lo stretching statico, eseguito tramite movimenti lenti, al contrario quindi dello stretching balistico, e per un periodo di tempo relativamente lungo, non incrementa l'attività riflessa del muscolo allungato ma ne riduce l'eccitabilità spinale. Gli autori descrivono una riduzione di entrambi i riflessi T e H (riflesso tendineo e riflesso di Hoffman, entrambi riflessi evocati e misurati attraverso l'elettromiografia) durante le manovre di stretching causate da una riduzione della sensibilità fusale del muscolo, che si traduce in una diminuzione dell'attività tonica riflessa. Tale meccanismo è stato descritto durante stretching a bassa intensità<sup>5</sup>. In aggiunta al meccanismo appena descritto, lo stretching ad alta intensità sembra invece indurre meccanismi di inibizione post-sinaptica, che risultano quindi in una minore eccitazione sia della corteccia cerebrale che degli  $\alpha$ -moto neuroni durante le manovre di stretching<sup>59</sup>.

I miglioramenti evidenziati dallo stretching statico possono essere ulteriormente spiegati attraverso una riduzione della stiffness muscolare con un conseguente incremento della

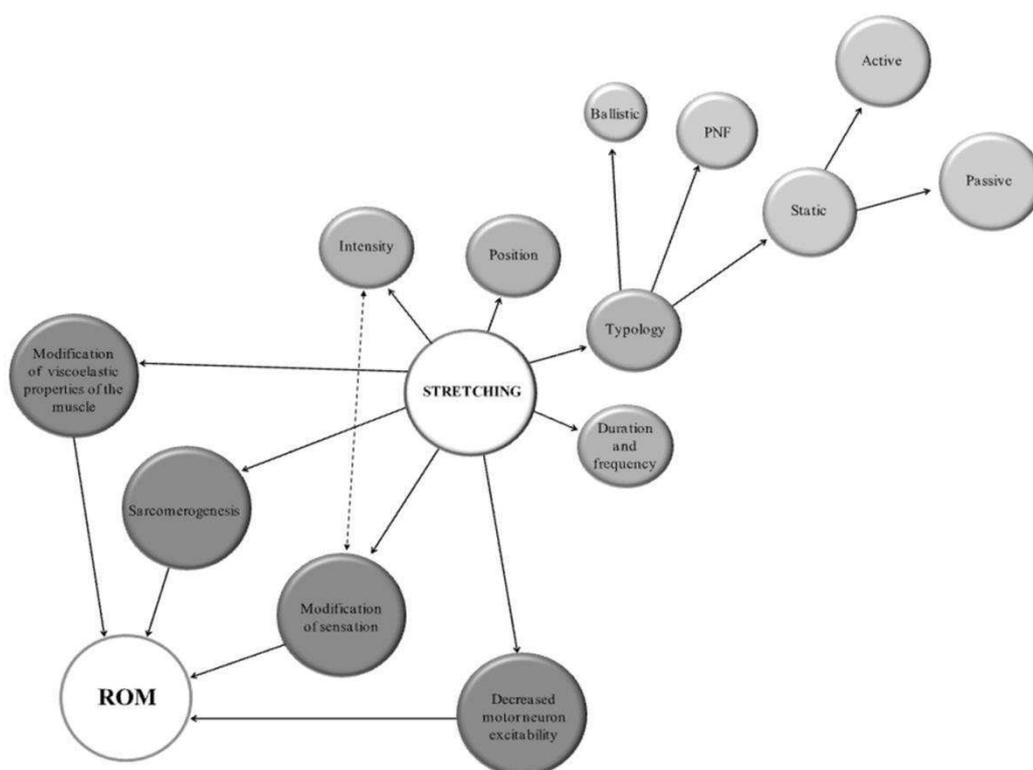
compliance del muscolo già descritta in vivo<sup>14, 60</sup>, che quindi promuove il ROM attraverso una combinazione di adattamenti sia meccanici che neurali.

Negli ultimi anni, lo stretching PNF è stato descritto come una tecnica da preferire allo stretching statico o balistico per via della sua abilità di inibire ulteriormente il sistema nervoso. Una contrazione prima di una manovra di stretching statico permette un maggior incremento del ROM se paragonato a stretching statico senza pre-contrazione. Tuttavia, il decremento dell'attività eccitatoria spinale sembra durare circa 5 secondi<sup>61</sup> per poi immediatamente ritornare al livello di eccitabilità iniziale al termine della manovra di allungamento<sup>5</sup>. Questa caratteristica tende a suggerire che lo stretching PNF sia una metodologia idonea per l'incremento del ROM acuto<sup>34</sup>.

Soltanto uno tra gli studi inclusi nella sintesi qualitativa si è occupato di paragonare direttamente lo stretching statico a quello PNF dopo un periodo di almeno 4 settimane<sup>40</sup>. Gli autori hanno applicato 2 protocolli di stretching per 9 settimane, 2 volte a settimana, per cercare di migliorare la flessibilità degli ischiocrurali. I risultati di questo studio mostrano che sia la misurazione attiva e passiva del ROM misurati tramite l'active bilateral straight leg raise (AROM) e il passive bilateral straight leg raise (PSLRT) tests erano maggiori dopo il protocollo statico rispetto al PNF (8.2 vs 3.1 % di miglioramento dell' AROM e 19.5 vs 14.3 % di miglioramento durante il PSLRT). Altri studi, che non hanno raggiunto i criteri di inclusione<sup>62-64</sup>, hanno paragonato lo stretching statico allo stretching PNF, evidenziando anche qui o miglioramenti<sup>62</sup> maggiori per lo stretching statico o nessuna differenza significativa tra le due metodologie<sup>63, 64</sup>. E' tuttavia complesso categorizzare l'efficacia di due protocolli di stretching basandosi solamente sulla loro efficacia nell'incrementare la flessibilità muscolare, perché in tutte le metodologie prese in considerazione si evidenziano dei miglioramenti nel ROM.

Sembra inoltre esserci una relazione tra il tempo e le variazioni del ROM, specialmente per quel che riguarda il tempo speso a fare stretching settimanalmente. I risultati di

questa tesi di dottorato sembrano essere in linea con quelli di altri studi. Ad esempio, lo studio di Feland et al.<sup>65</sup> ha comparato 3 protocolli di stretching di differente durata (60s, 30s e 15s), i partecipanti hanno eseguito stretching nei muscoli ischiocrurali, in base al loro gruppo di intervento, per 4 serie, 5 volte a settimana; questo è risultato quindi in 1200 (20 minuti), 600 (10 minuti) e 300 secondi (5minuti), rispettivamente a settimana. I risultati evidenziano che dopo un periodo di 4 settimane, il gruppo con il maggior incremento del ROM era quello che si è sottoposto alla maggiore durata di intervento. Stesso trend mostrato da Cipriani et al.<sup>53, 66</sup>. Inoltre, una relazione tra



**Fig.6** Mappa concettuale che rappresenta le caratteristiche dello stretching (Intensità, posizione, tipologia, durata e frequenza) e gli adattamenti indotti che contribuiscono all'arco di movimento.

tempo, adduzione dell'anca, dorsiflessione della caviglia, e rotazione interna dell'anca nell'anziano sono stati descritti da Fukuchi et al.<sup>67</sup> e Olveria et al.<sup>68</sup> con un incremento del 10% nel ROM dopo 12 settimane di un protocollo di stretching statico. Una revisione della letteratura di Weppeler e Magnusson<sup>22</sup> che sintetizza i principali fattori

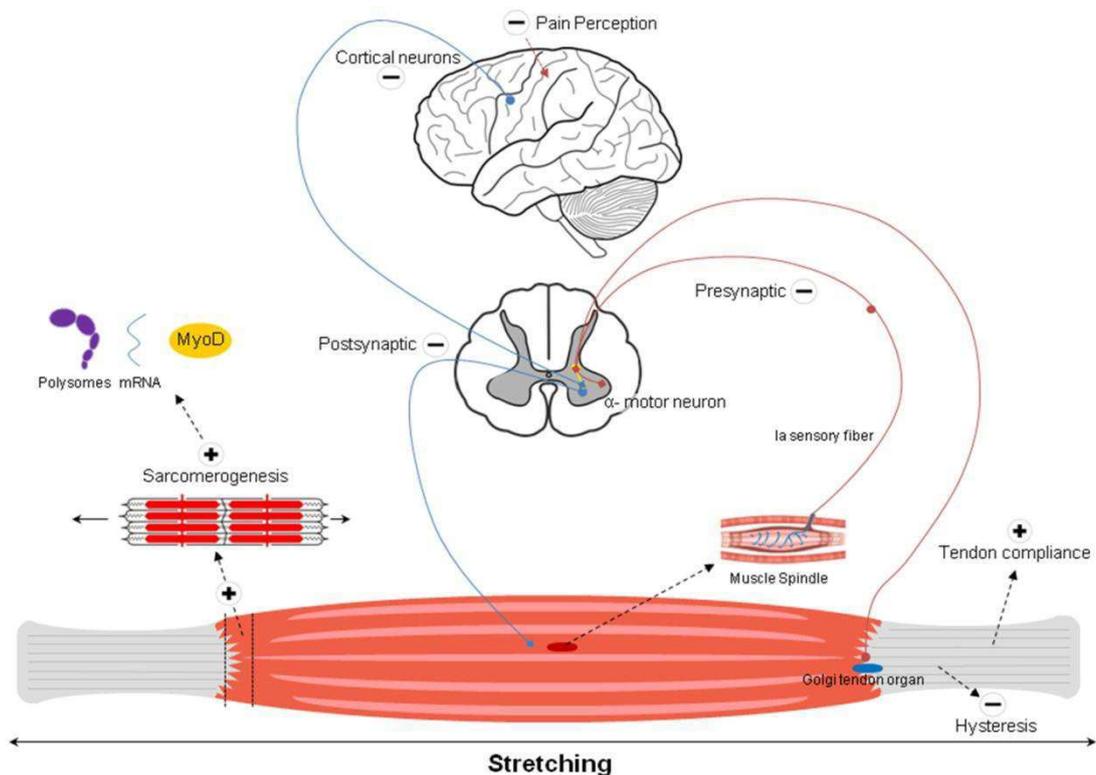
che contribuiscono all'estensibilità muscolare, descrive una relazione tra il tempo dell'estensibilità muscolare causata dalle proprietà visco-elastiche del muscolo.

Il declino della resistenza ad un allungamento è chiamato rilassamento da stress visco-elastico; questo incrementa gradualmente mentre un allungamento è applicato al muscolo. Tuttavia, negli esseri umani questa proprietà è transitoria. Per tanto, gli autori rigettano l'ipotesi di un adattamento meccanico come maggior contribuente all'estensibilità muscolare e suggeriscono che dopo un periodo di tempo compreso tra le 3 e le 8 settimane il maggior contribuente sia una modificazione della sensazione personale allo stretching stesso. Questo potrebbe spiegare perché coloro i quali ottenevano maggiori risultati in termini di ROM erano quelli con la più alta frequenza settimanale.

Altro meccanismo responsabile per gli incrementi di ROM sembra essere dovuto alle deformazioni meccaniche del muscolo. Durante lo stretching la deformazione della matrice extracellulare che essendo legata ad integrine e recettori trans membrana crea un collegamento cellula-matrice extracellulare che induce sarcomerogenesi alla cellula muscolare<sup>1, 24</sup>. Un allungamento passivo oltre la lunghezza fisiologica del muscolo promuove la crescita eccentrica del muscolo inducendo una deposizione seriale di unità sarcomeriche che vengono aggiunte alle estremità della fibra muscolare<sup>1, 69, 70</sup>. Il meccanismo tramite il quale questo meccanismo è promosso è stato descritto in studi in cui degli arti venivano immobilizzati in una posizione di allungamento ottenendo dopo appena 4-6 giorni un incremento di mRNA e polisomi con aggiunta di una iper espressione del regolatore Myo-D; tale meccanismo è stato a sua volta associato allo stretching<sup>70, 71</sup>. In aggiunta, l'isoforma neurale della ossido nitrico sintase (nNOS) è il possibile mecano-trasduttore che promuove l'aggiunta di sarcomeri<sup>72</sup>. Un incremento nella deposizione dei sarcomeri è stata inoltre descritta in relazione all'allenamento eccentrico con incrementi della flessibilità simili a quelli ottenuti dal solo stretching

statico<sup>73</sup>. Questo incremento di deposizione dei sarcomeri risulta nell'aumento della lunghezza del muscolo, che avviene in appena 10 giorni dall'inizio dell'allenamento eccentrico. La creazione di nuovi sarcomeri quindi incrementerebbe la flessibilità muscolare diminuendo la tensione richiesta per allungare un muscolo ad una particolare lunghezza<sup>10</sup>. Tuttavia, questo processo è stato descritto non soltanto in relazione alla durata ed alla frequenza ma anche in relazione all'intensità dell'allungamento ed alla posizione<sup>24</sup>. Le figure 6 e 7 riassumono i principali fattori che determinano l'incremento del ROM indotto dallo stretching.

Degli studi inclusi, soltanto 10 hanno tenuto in considerazione l'intensità dello stretching. Ciò nonostante, non vi era una procedura uniforme tra gli studi per valutare e controllare l'intensità dell'allungamento. Wyon et al.<sup>42</sup> usò una intensità compresa tra il 30 ed il 40% della massima intensità tollerabile, Ayala et al. e Blezevich et al.<sup>39, 51, 52</sup> descrivono l'intensità dello stretching come la massima tollerabile, Cipriani e Johnson come quel punto di disagio o leggero disagio<sup>45, 53</sup>, Lopez-Bedoya et al.<sup>40</sup> come quel punto di massima irritazione prima del dolore, Nakamura<sup>55</sup> fino al punto il quale i partecipanti erano disposti a voler tollerare e Zakas et al.<sup>49</sup> fino ad un punto finale determinato quando i partecipanti sentivano un stiramento del muscolo senza percepire dolore.



**Fig.7** Rappresentazione schematica dei differenti adattamenti indotti dallo stretching. E' possibile notare un incremento della sarcomero geni nel muscolo con un iper espressione di polisomi,mRNA e fattori di regolazione MyoD<sup>1</sup>, un incremento della compliance e un decremento dell'isteresi nel tendine<sup>14</sup>, una inibizione presinaptica delle fibre sensitive Ia afferenti (durante stretching eseguito a bassa intensità) ed una inibizione post sinaptica dovuta ad una possibile riduzione dell'eccitabilità dei neuroni corticali e attivazione degli organi tendinei del golgi (durante stretching eseguito ad alta intensità)<sup>5</sup>,ed una modificazione della sensazione, con conseguente decremento della percezione del dolore che risulta quindi in una più alta tolleranza allo stretching<sup>22</sup>. Tipologia, durata e frequenza dello stretching possono contribuire in misure differenti ad ogni singola componente di adattamento.

Tutte le procedure appena descritte basano l'intensità dello stretching in relazione alla percezione soggettiva di ogni individuo, che potrebbe variare in relazione alle condizioni fisiologiche e psicologiche al momento dell'allungamento<sup>74</sup>. Shadmher et al.<sup>48</sup> è stato l'unico autore che ha controllato l'intensità basandosi su una proprietà meccanica del muscolo dove l'intensità era determinata fino al raggiungimento di un punto oltre il quale il muscolo opponeva una resistenza. Gli studi inclusi nella presente tesi, comprendevano un periodo di intervento compreso tra le 4 e le 16 settimane, e per tanto è difficile affermare se gli incrementi nel ROM mostrati tra pre e post intervento siano reali o apparenti<sup>75</sup>. Visto che la maggior parte degli studi basa l'intensità sulla percezione soggettiva dei partecipanti o sul loro sconforto, l'incremento del ROM

mostrato nei risultati potrebbe essere meramente causato da un incremento nella capacità di sopportazione o tolleranza all'allungamento, piuttosto che un reale incremento della lunghezza del muscolo<sup>25, 75</sup>. Sulla base di tali evidenze è difficile asserire fino a che punto l'intensità partecipi nell'incremento o decremento del ROM.

Il maggior limite di questo studio è il limitato numero di studi trovati che analizzano lo stretching e le sue variazioni sul lungo periodo; i risultati potrebbero inoltre variare per coorti differenti. E' importante sottolineare che il range di età dei partecipanti presi in esame era compreso tra i 18 ed i 46 anni di età.

## 5. CONCLUSIONI

Lo stretching è una strategia efficace per incrementare l'arco di movimento a prescindere dalla tipologia utilizzata. Tuttavia, lo stretching statico mostra guadagni maggiori in termini di ROM quando applicato tra le 4 e le 16 settimane. Vi è inoltre una relazione tra il tempo ed il ROM, con quest'ultimo maggiormente legato al tempo totale di applicazione settimanale rispetto al tempo speso per singola sessione. Un minimo di 5 minuti settimanali, per ogni muscolo, sembra produrre i maggiori risultati. Inoltre, eseguire frequenti sessioni di stretching, per almeno 5 giorni settimanali, mostra i maggiori incrementi di ROM quando paragonati a frequenze minori. Tuttavia, tutti i gruppi analizzati mostrano incrementi nel ROM e pertanto è difficile categorizzare l'efficacia dei protocolli sulla base della loro capacità nell'incrementare la flessibilità muscolare.

Medici, fisioterapisti, figure cliniche di vario tipo o chinesiologi e praticanti sportivi dovrebbero tenere in considerazione i risultati di questa tesi in maniera da riuscire a sviluppare appropriati programmi di stretching per migliorare il ROM a lungo termine.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. Zollner AM, Abilez OJ, Bol M, et al. Stretching skeletal muscle: chronic muscle lengthening through sarcomerogenesis. *PLoS One*. 2012
2. Norkin CC, White DJ. Measurement of joint motion: a guide to goniometry: FA Davis; 2009
3. Sa-Caputo Dda C, Ronikeili-Costa P, Carvalho-Lima RP, et al. Whole body vibration exercises and the improvement of the flexibility in patient with metabolic syndrome. *Rehabil Res Pract*. 2014
4. Dantas E, Daoud R, Trott A, et al. Flexibility: components, proprioceptive mechanisms and methods. *Biomed Hum Kinetics* 2011
5. Guissard N, Duchateau J. Neural aspects of muscle stretching. *Exerc Sport Sci Rev*. 2006
6. Gleim GW, McHugh MP. Flexibility and its effects on sports injury and performance. *Sports Med*. 1997
7. Hartig DE, Henderson JM. Increasing hamstring flexibility decreases lower extremity overuse injuries in military basic trainees. *Am J Sports Med*. 1999
8. Decoster LC, Cleland J, Altieri C, et al. The effects of hamstring stretching on range of motion: a systematic literature review. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2005
9. Weldon SM, Hill RH. The efficacy of stretching for prevention of exercise-related injury: a systematic review of the literature. *Man Ther*. 2003
10. Folpp H, Deall S, Harvey LA, et al. Can apparent increases in muscle extensibility with regular stretch be explained by changes in tolerance to stretch? *Aust J Physiother*. 2006

11. Harvey LA, Byak AJ, Ostrovskaya M, et al. Randomised trial of the effects of four weeks of daily stretch on extensibility of hamstring muscles in people with spinal cord injuries. *Aust J Physiother.* 2003
12. Geremia JM, Iskiewicz MM, Marschner RA, et al. Effect of a physical training program using the Pilates method on flexibility in elderly subjects. *Age (Dordr).* 2015
13. Coelho CW, Soares de Araújo CG. Relationship between increase in flexibility and improvement in the execution of daily. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2000
14. Kubo K, Kanehisa H, Fukunaga T. Effect of stretching training on the viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. *J Appl Physiol (1985).* 2002
15. Battaglia G, Bellafiore M, Caramazza G, et al. Changes in spinal range of motion after a flexibility training program in elderly women. *Clin Interv Aging.* 2014
16. Goncalves LC, Vale RG, Barata NJ, et al. Flexibility, functional autonomy and quality of life (QoL) in elderly yoga practitioners. *Arch Gerontol Geriatr.* 2011
17. Halder K, Chatterjee A, Pal R, et al. Age related differences of selected Hatha yoga practices on anthropometric characteristics, muscular strength and flexibility of healthy individuals. *Int J Yoga.* 2015
18. Patti A, Bianco A, Paoli A, et al. Effects of Pilates exercise programs in people with chronic low back pain: a systematic review. *Medicine (Baltimore).* 2015
19. Stathokostas L, Little RMD, Vandervoort AA, et al. Flexibility Training and Functional Ability in Older Adults: A Systematic Review. *J Aging Res* 2012
20. Brook MS, Wilkinson DJ, Phillips BE, et al. Skeletal muscle homeostasis and plasticity in youth and ageing: impact of nutrition and exercise. *Acta Physiol (Oxf).* 2016

21. Nakamura M, Ikezoe T, Tokugawa T, et al. Acute Effects of Stretching on Passive Properties of Human Gastrocnemius Muscle-Tendon Unit: Analysis of Differences Between Hold-Relax and Static Stretching. *J Sport Rehabil.* 2015
22. Weppler CH, Magnusson SP. Increasing muscle extensibility: a matter of increasing length or modifying sensation? *Phys Ther.* 2010
23. Avela J, Finni T, Liikavainio T, et al. Neural and mechanical responses of the triceps surae muscle group after 1 h of repeated fast passive stretches. *J Appl Physiol (1985).* 2004
24. Apostolopoulos N, Metsios GS, Flouris AD, et al. The relevance of stretch intensity and position-a systematic review. *Front Psychol.* 2015
25. Magnusson SP. Passive properties of human skeletal muscle during stretch maneuvers. A review. *Scand J Med Sci Sports.* 1998
26. Howatson G, Someren KA. The Prevention and Treatment of Exercise-Induced Muscle Damage. *Sports Med* 2012
27. McHugh MP, Cosgrave CH. To stretch or not to stretch: the role of stretching in injury prevention and performance. *Scand J Med Sci Sports.* 2010
28. Small K, Mc Naughton L, Matthews M. A systematic review into the efficacy of static stretching as part of a warm-up for the prevention of exercise-related injury. *Res Sports Med.* 2008
29. Rubini EC, Costa AL, Gomes PS. The effects of stretching on strength performance. *Sports Med.* 2007
30. Peck E, Chomko G, Gaz DV, et al. The effects of stretching on performance. *Curr Sports Med Rep.* 2014
31. Behm DG, Cavanaugh T, Quigley P, et al. Acute bouts of upper and lower body static and dynamic stretching increase non-local joint range of motion. *Eur J Appl Physiol.* 2015

32. Miyamoto N, Hirata K, Kanehisa H. Effects of hamstring stretching on passive muscle stiffness vary between hip flexion and knee extension maneuvers. *Scand J Med Sci Sports*. 2015
33. Kay AD, Husbands-Beasley J, Blazevich AJ. Effects of Contract-Relax, Static Stretching, and Isometric Contractions on Muscle-Tendon Mechanics. *Med Sci Sports Exerc*. 2015
34. Behm DG, Blazevich AJ, Kay AD, et al. Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2015
35. Behm DG, Chaouachi A. A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *Eur J Appl Physiol* 2011
36. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, et al. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med*. 2009
37. Harriss DJ, Atkinson G. Ethical Standards in Sport and Exercise Science Research: 2016 Update. *Int J Sports Med*. 2015
38. Ayala F, de Baranda Andujar PS. Effect of 3 different active stretch durations on hip flexion range of motion. *J Strength Cond Res*. 2010
39. Ayala F, Sainz de Baranda P, De Ste Croix M, et al. Comparison of active stretching technique in males with normal and limited hamstring flexibility. *Phys Ther Sport*. 2013
40. Lopez-Bedoya J, Vernetta-Santana M, Robles-Fuentes A, et al. Effect of three types of flexibility training on active and passive hip range of motion. *J Sports Med Phys Fitness*. 2013
41. Sainz de Baranda P, Ayala F. Chronic flexibility improvement after 12 week of stretching program utilizing the ACSM recommendations: hamstring flexibility. *Int J Sports Med*. 2010

42. Wyon M, Felton L, Galloway S. A comparison of two stretching modalities on lower-limb range of motion measurements in recreational dancers. *J Strength Cond Res.* 2009
43. Konrad A, Tilp M. Effects of ballistic stretching training on the properties of human muscle and tendon structures. *J Appl Physiol (1985).* 2014
44. Mahieu NN, McNair P, De Muynck M, et al. Effect of static and ballistic stretching on the muscle-tendon tissue properties. *Med Sci Sports Exerc.* 2007
45. Johnson AW, Mitchell UH, Meek K, et al. Hamstring flexibility increases the same with 3 or 9 repetitions of stretching held for a total time of 90 s. *Phys Ther Sport.* 2014
46. Konrad A, Tilp M. Increased range of motion after static stretching is not due to changes in muscle and tendon structures. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2014
47. Marshall PW, Cashman A, Cheema BS. A randomized controlled trial for the effect of passive stretching on measures of hamstring extensibility, passive stiffness, strength, and stretch tolerance. *J Sci Med Sport.* 2011
48. Shadmehr A, Hadian MR, Naiemi SS, et al. Hamstring flexibility in young women following passive stretch and muscle energy technique. *J Back Musculoskeletal Rehabil.* 2009
49. Zakas A, Galazoulas C, Grammatikopoulou MG, et al. Effects of stretching exercise during strength training in prepubertal, pubertal and adolescent boys. *J Bodyw Mov Ther* 2002
50. Mahieu NN, Cools A, De Wilde B, et al. Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on the plantar flexor muscle-tendon tissue properties. *Scand J Med Sci Sports.* 2009
51. Blazeovich AJ, Kay AD, Waugh C, et al. Plantarflexor stretch training increases reciprocal inhibition measured during voluntary dorsiflexion. *J Neurophysiol.* 2012

52. Blazeovich AJ, Cannavan D, Waugh CM, et al. Range of motion, neuromechanical, and architectural adaptations to plantar flexor stretch training in humans. *J Appl Physiol (1985)*. 2014
53. Cipriani DJ, Terry ME, Haines MA, et al. Effect of stretch frequency and sex on the rate of gain and rate of loss in muscle flexibility during a hamstring-stretching program: a randomized single-blind longitudinal study. *J Strength Cond Res*. 2012
54. Coledam D, Aires de Arruda G, Ramos de Oliveira A. Chronic effect of static stretching performed during warm-up on flexibility in children. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2012
55. Nakamura M, Ikezoe T, Takeno Y, et al. Effects of a 4-week static stretch training program on passive stiffness of human gastrocnemius muscle-tendon unit in vivo. *Eur J Appl Physiol*. 2012
56. Bandy WD, Irion JM, Briggler M. The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther*. 1997
57. Kokkonen J, Nelson AG, Eldredge C, et al. Chronic static stretching improves exercise performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2007
58. Feland JB, Hawks M, Hopkins JT, et al. Whole body vibration as an adjunct to static stretching. *Int J Sports Med*. 2010
59. Guissard N, Duchateau J, Hainaut K. Mechanisms of decreased motoneurone excitation during passive muscle stretching. *Exp Brain Res*. 2001
60. Taylor DC, Dalton JD, Jr., Seaber AV, et al. Viscoelastic properties of muscle-tendon units. The biomechanical effects of stretching. *Am J Sports Med*. 1990
61. Gregory JE, Mark RF, Morgan DL, et al. Effects of muscle history on the stretch reflex in cat and man. *J Physiol*. 1990

62. Davis DS, Ashby PE, McCale KL, et al. The effectiveness of 3 stretching techniques on hamstring flexibility using consistent stretching parameters. *J Strength Cond Res.* 2005
63. Lim KI, Nam HC, Jung KS. Effects on hamstring muscle extensibility, muscle activity, and balance of different stretching techniques. *J Phys Ther Sci.* 2014
64. Yuktasir B, Kaya F. Investigation into the long-term effects of static and PNF stretching exercises on range of motion and jump performance. *J Bodyw Mov Ther.* 2009
65. Feland JB, Myrer JW, Schulthies SS, et al. The effect of duration of stretching of the hamstring muscle group for increasing range of motion in people aged 65 years or older. *Phys Ther.* 2001
66. Cipriani D, Abel B, Pirrwitz D. A comparison of two stretching protocols on hip range of motion: implications for total daily stretch duration. *J Strength Cond Res.* 2003
67. Fukuchi RK, Stefanyshyn DJ, Stirling L, et al. Effects of strengthening and stretching exercise programmes on kinematics and kinetics of running in older adults: a randomised controlled trial. *J Sports Sci.* 2016
68. Oliveira LCd, Oliveira RGd, Pires-Oliveira DAdA. Comparison between static stretching and the Pilates method on the flexibility of older women. *J Bodyw Mov Ther.* 2016
69. Bottinelli R, Reggiani C. Skeletal muscle plasticity in health and disease Springer; 2006
70. Shah SB, Peters D, Jordan KA, et al. Sarcomere number regulation maintained after immobilization in desmin-null mouse skeletal muscle. *J Exp Biol.* 2001
71. Gomes AR, Cornachione A, Salvini TF, et al. Morphological effects of two protocols of passive stretch over the immobilized rat soleus muscle. *J Anat.* 2007

72. Koh TJ, Tidball JG. Nitric oxide synthase inhibitors reduce sarcomere addition in rat skeletal muscle. *J Physiol*. 1999
73. O'Sullivan K, McAuliffe S, Deburca N. The effects of eccentric training on lower limb flexibility: a systematic review. *Br J Sports Med*. 2012
74. Peng W, Babiloni C, Mao Y, et al. Subjective pain perception mediated by alpha rhythms. *Biol Psychol*. 2015
75. Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, et al. A mechanism for altered flexibility in human skeletal muscle. *J Physiol*. 1996