



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA

FACOLTÀ DI MEDICINA E CHIRURGIA

MASTER IN RIABILITAZIONE DEI DISORDINI MUSCOLOSCHELETRICI

Presidente Prof. Marco Testa

Anno accademico 2011/2012



Campus Universitario di Savona

TESI DI MASTER

PROGRAMMAZIONE EVIDENCE BASED DELL'ESERCIZIO TERAPEUTICO: IL RUOLO DI DIFFERENTI TIPOLOGIE DI PRATICA FISICA NELLA PERFORMANCE E NELL'APPRENDIMENTO MOTORIO IN SOGGETTI SANI E CON DISORDINI MUSCOLOSCHELETRICI. REVISIONE

Candidato

Dott. Ft Francesco Ballardini

Relatore

Dott Ft OMT Giacomo Rossetti

**PROGRAMMAZIONE EVIDENCE BASED DELL'ESERCIZIO TERAPEUTICO:
IL RUOLO DI DIFFERENTI TIPOLOGIE DI PRATICA FISICA NELLA PERFORMANCE
E NELL'APPRENDIMENTO MOTORIO IN SOGGETTI SANI
E CON DISORDINI MUSCOLOSCHELETRICI. REVISIONE**

INDICE	Pag.
0 ABSTRACT	3
1 INTRODUZIONE	4
2 MATERIALI E METODI	6
2.1 Strategie di ricerca per l'identificazione degli studi	6
2.2 Criteri per la selezione degli studi	6
2.3 Raccolta	7
2.4 Estrazione ed analisi	7
2.5 Sintesi	8
3 Risultati	9
3.1 Descrizione degli studi	9
3.2 Descrizione della popolazione	10
3.3 Descrizione dei task	11
3.4 Descrizione outcome	11
3.5 Descrizione follow up	11
3.6 Prove di efficacia	11
4 DISCUSSIONI	19
4.1 Criticità agli studi trovati	19
4.2 Effetti del contextual interference sulla performance e sul motor learning	19
5 CONCLUSIONI	21
5.1 Implicazioni per la clinica	21
5.2 Implicazioni per la ricerca	21
6 KEY POINT	21
7 BIBLIOGRAFIA	22

Allegato 1: Tabella 3.1, 3.2, 3.3, 6.1

Allegato 2: Tabella 3.4

**PROGRAMMAZIONE EVIDENCE BASED DELL'ESERCIZIO TERAPEUTICO:
IL RUOLO DI DIFFERENTI TIPOLOGIE DI PRATICA FISICA NELLA PERFORMANCE
E NELL'APPRENDIMENTO MOTORIO IN SOGGETTI SANI
E CON DISORDINI MUSCOLOSCHIELETRICI. REVISIONE**

0 ABSTRACT

Introduzione. L'esercizio terapeutico è uno strumento fondamentale per il terapista manuale perché è in grado di modificare il controllo motorio. Proprio per questo motivo l'esercizio deve strutturarsi seguendo le leggi oggettive dell'apprendimento motorio. Il terapista deve quindi conoscere i termini acquisizione, performance, learning, transfer, mantenimento ed Interferenza di contesto. Questa revisione si prefigge di raccogliere le prove di efficacia inerenti all'utilizzo della interferenza di contesto per trarre delle possibili indicazioni per la strutturazione di esercizi terapeutici.

Materiali e metodi. Sono stati utilizzati 7 database di ricerca per individuare il materiale bibliografico. Le parole chiave utilizzate sono state "contextual interference", "blocked practice", "random practice". Sono stati inclusi RCT e CT (con la possibilità di leggere gli abstract) su soggetti adulti (>18 anni) sani o con disturbi muscoloscheletrici il cui task fosse l'esecuzione di un gesto motorio o una sequenza di movimenti.

Risultati. Di 205 articoli individuati solo 14 hanno soddisfatto i criteri di inclusione. 4 di questi non sono stati reperiti. La revisione è stata eseguita utilizzando 10 papers.

Discussioni. Dall'analisi dei suddetti articoli sono emerse alcune criticità di metodo. Complessivamente l'utilizzo di *Random practice* o *Serial practice* si è dimostrata ottenere effetti duraturi nell'apprendimento motorio rispetto agli esercizi blocked practice.

Conclusioni. Le prove di efficacia inerenti il CI sono ad oggi deboli e non definitive. Compito della futura ricerca è creare maggiori prove di efficacia della CI nel soggetto con disturbi del sistema muscoloscheletrico.

1 INTRODUZIONE

L'esercizio terapeutico è uno strumento indispensabile all'interno del programma riabilitativo del terapeuta manuale e il suo valore è ampiamente riconosciuto a livello internazionale (1). Tuttavia, a causa di una formazione eterogenea dei diversi professionisti, non vi è ad oggi un'adeguata attenzione nell'analisi delle varie componenti dell'esercizio (2). Tale strumento ha la potenzialità di modificare ed incrementare il controllo motorio dell'individuo (1).

L'esercizio terapeutico, per ottenere risultati stabili e duraturi, deve rispettare i principi dell'apprendimento motorio. Si deve quindi comprendere ed utilizzare la terminologia adeguata, come differenziare il concetto di prestazione (performance) da apprendimento (learning), perché sono due indici di fasi temporali differenti (3).

L'apprendimento motorio è l'insieme dei processi coinvolti nell'acquisizione delle abilità motorie e delle variabili che migliorano o peggiorano questi processi (4). Esso viene suddiviso in 3 fasi: acquisizione, elaborazione e apprendimento (mantenimento/trasferimento). Durante la fase di acquisizione, vengono quantificati i risultati momentaneamente ottenuti attraverso la valutazione della prestazione nel task eseguito. Tuttavia tale prestazione risulta instabile, non è detto quindi rimanga invariata nel tempo. Infatti al termine dell'acquisizione di un nuovo gesto si avrà la sua elaborazione (attraverso la memoria procedurale), passaggio temporale fondamentale per consolidare i risultati precedentemente ottenuti. Al termine di tale periodo (da 10 minuti fino ad alcuni giorni) si potrà quantificare effettivamente il grado di apprendimento (learning) dato da un determinato esercizio (5). L'apprendimento viene quindi suddiviso in mantenimento (retention), la capacità di ripetere in modo duraturo lo stesso gesto; o trasferimento (transfer), ovvero la capacità di rielaborare il gesto precedente ed eseguirlo con parametri differenti (6).

Nel campo evidence based, sempre più attenzione è data alle strategie sottese all'apprendimento motorio utili alla programmazione di un corretto esercizio terapeutico (Rossettini et al 2011) (7). Tra questi l'*interferenza di contesto* (Contextual Interference, CI) è oggetto di interesse da molti anni. Con CI si intende l'insieme di variabili presenti nell'ambiente che possono influire sulla prestazione di un gesto (8).

Nel 1919, Pyle fu il primo a studiare la diversa efficacia di esercizi eseguiti con una diversa CI su soggetto sano (9).

Le CI sono state classificate in due differenti modalità (10): CI bloccata (BCI) e random CI (RCI) :

- *Modalità BCI*: la difficoltà di esecuzione del compito è bassa e si esegue un esercizio “A” per svariate volte prima di passare ad un seguente esercizio “B” e così via per i successivi “C”, “D” etc.;
- *Modalità RCI*, la difficoltà di esecuzione del compito è alta perché si richiede al soggetto di eseguire gli stessi esercizi “ABCD” ma non in sequenza bensì in un ordine casuale (Random). Una pratica simile alla RCI è la Serial practice (SCI), dove la difficoltà elevata viene creata dalla ripetizione in serie della sequenza di task “ABC-ABC...).

Nel campo riabilitativo, è presente una sola revisione valutante l’efficacia delle strategie di CI senza rilevare studi sul soggetto affetto da disfunzioni muscolo scheletriche (Lee et al 1991) (11).

Al fine di colmare le lacune presenti in letteratura questa revisione qualitativa ha *l’obiettivo* di:

1. sistematizzare le prove di efficacia inerenti l’utilizzo del CI nel miglioramento dell’apprendimento di task motori su soggetti affetti da disordini muscoloscheletrici o, nell’eventuale assenza, per lo meno su soggetti sani;
2. *trarre indicazioni per la strutturazione di esercizi terapeutici* basati sulle prove di efficacia.

2 MATERIALI E METODI

2.1 Strategie di ricerca per l'identificazione degli studi

La ricerca di materiale bibliografico è stata svolta in 7 differenti *database di ricerca*:

- CINAHL (The Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature);
- Cochrane Library;
- DARE (The Database of Abstracts of Reviews Of Effects);
- Embase;
- PEDro (Physiotherapy Database Evidence);
- PubMed;
- Scopus.

Le *parole chiave* utilizzate sono state:

- “contextual interference”;
- “blocked practice”;
- “random practice”.

Le *stringhe di ricerca* sono strutturate attraverso le tre parole chiave combinate con l'operatore booleano AND:

- “*contextual interference*” AND “*blocked practice*”;
- “*contextual interference*” AND “*random practice*”.

2.2 Criteri per la selezione degli studi

Limiti:

- *Tempo*: non si sono inseriti limiti temporali alla ricerca. Quindi si sono ricercati articoli dalla creazione dei database fino al 30 marzo 2012.
- *Lingua*: si sono ricercati articoli in lingua italiana ed inglese.
- *Abstract*: si sono inseriti gli studi con disponibilità dell'abstract.
- *Soggetti*: si sono ricercati studi svolti su umani.

Criteri di inclusione:

- *Tipologia di studio*: trial clinici randomizzati (RCT) e non randomizzati (CT);
- *Popolazione*: studi includenti soggetti adulti (>18 anni, < 90 anni), maschi e femmine, sani e/o presentanti disturbi muscoloscheletrici traumatici e non.

- *Intervento e comparazione*: studi in cui l'efficacia della blocked practice (BCI) fosse comparata con la random practice (RCI) nell'apprendimento di task motorio.
- *Outcome*: studi consideranti l'effetto del movimento (variabili di performance del task) e la dinamica del movimento (variabili cinematiche e cinetiche).
- *Follow up*: studi registranti l'outcome nella fase di retention (immediata, giorni o settimane) o transfer (nuovo contesto);

Criteri di esclusione:

- *Studi non concordi con la tipologia di studio*;
- *Studi con soggetti presentanti lesioni del sistema nervoso centrale (SNC) e con età inferiore ai 18 anni/superiore ai 90 anni*;
- Studi in cui le ipotesi o i risultati non aiutino a soddisfare gli obiettivi proposti nel presente elaborato.

2.3 Raccolta

Il materiale raccolto utilizzando le strategie di ricerca è stato analizzato da un fisioterapista esperto (F.B.) sulla base del titolo ed abstract considerando i limiti imposti ed i criteri di inclusione/esclusione .

Al termine della valutazione si è creata una prima scaletta di titoli, comprensiva dei trials eleggibili. Di questi articoli si è richiesta l'acquisizione dei full text per la lettura e valutazione completa dei papers. La lettura integrale degli elaborati ha permesso un ulteriore screening degli articoli consentendo l'identificazione dei papers ritenuti effettivamente idonei.

Durante tutte le fasi, in presenza di dubbi, è stato contattato un secondo fisioterapista esperto (G.R.).

2.4 Estrazione ed analisi

Le informazioni estrapolate dagli articoli sono state organizzate e riassunte per contenuti quali (allegato 2):

- disegno dello studio e obiettivi;
- dimensione campionaria;
- allocazione dei soggetti nei gruppi esaminati;
- modalità di intervento e comparazione;
- outcome acquisition (OA);

- follow up;
- outcome learning (OL) ;
- risultati conseguiti.

2.5 Sintesi

Servendosi di media e deviazione standard, la dimensione dell'effetto (effect size) di ogni elaborato è stata riportata come intervallo di confidenza, qualora non possibile, come livello di significatività statistica (p value <0.05). I dati sono stati sintetizzati servendosi di tabelle e grafici.

3 RISULTATI

3.1 Descrizione degli studi

Il flusso di ricerca di questa revisione viene rappresentato nella figura 3.1.

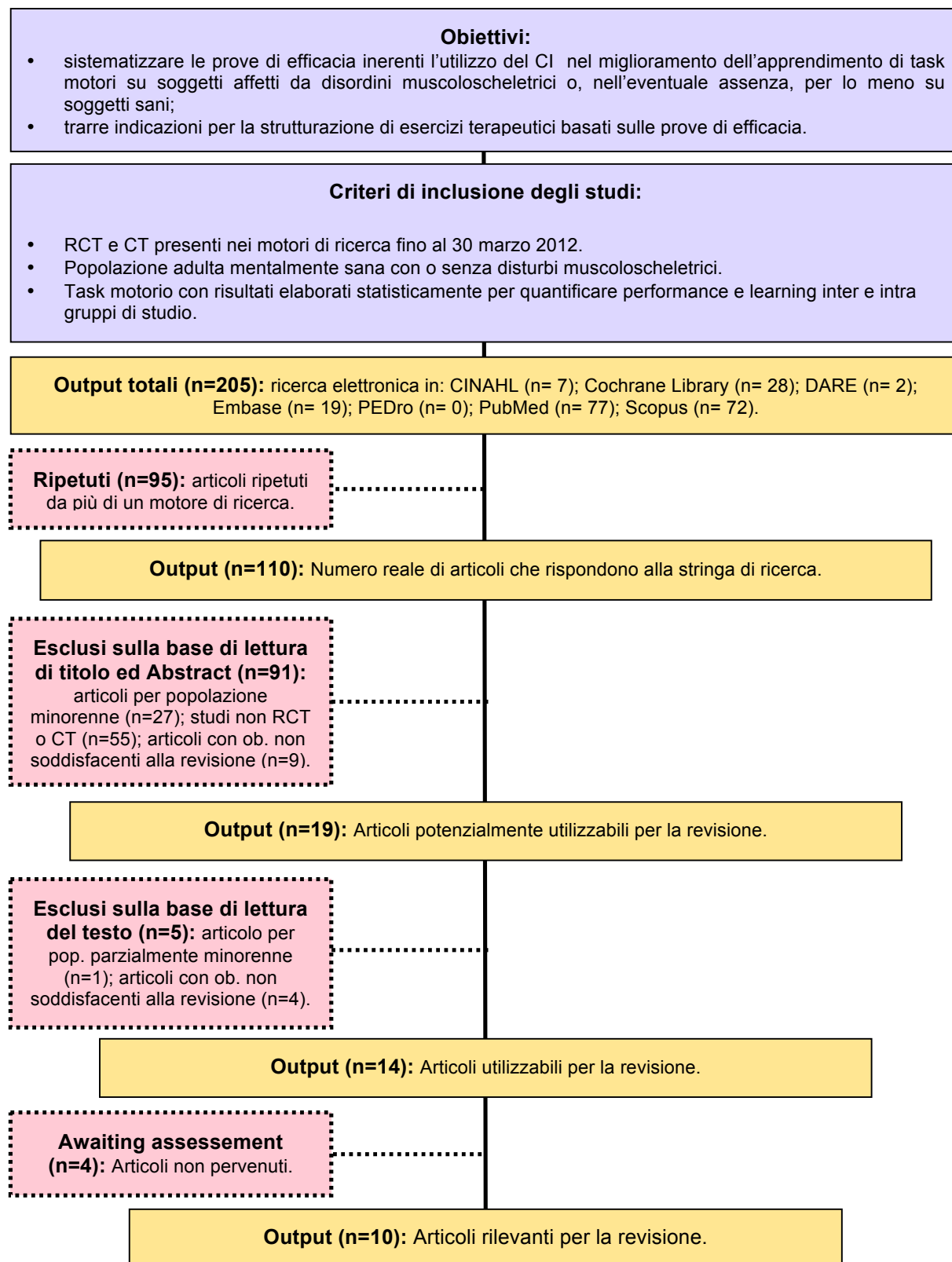


Figura 3.1

La ricerca estensiva ha identificato 205 articoli nei 7 database precedentemente elencati.

Di questi 205 articoli, 95 sono stati scartati perché ripetuti più di una volta. Il valore effettivo degli articoli presenti è 110.

Uno screening preliminare è stato svolto sulla base delle informazioni ottenute dal titolo e dall'abstract. Si sono utilizzati i criteri di inclusione ed i limiti per escludere i lavori considerati non in linea con gli obiettivi di questa revisione. Sono stati esclusi quindi 91 ulteriori articoli (Tabella 3.1, Allegato 1).

Sono stati reperiti ed analizzati i full-text dei lavori risultati idonei alla lettura dell'abstract e del titolo. Sono state utilizzate le Biblioteche delle università di Verona, Padova e Genova, oltre che il contatto diretto con gli autori dei papers¹. Si sono recuperati 15 articoli su 19. I rimanenti 4 articoli mancanti verranno inseriti, con alta priorità, in possibili ulteriori studi sulla CI (Studies awaiting assessment) (Tabella 3.2, Allegato 1).

Gli articoli recuperati sono stati analizzati nella loro integrità e successivamente si sono esclusi ulteriori 5 articoli (12-15) (Tabella 3.3, Allegato 1).

Sono stati analizzati 10 articoli, di cui 9 RCT (7-11, 13-16) ed 1 CT (12), in cui si è preso in esame e confrontato il disegno di studio, la dimensione campionaria, l'allocazione dei soggetti nei gruppi esaminati, l'outcome acquisition (OA)/learning (OL), la modalità di intervento e di comparazione, il tempo di elaborazione/follow up ed i risultati conseguiti (Tabelle 3.4, Allegato 2).

3.2 Descrizione della popolazione

Sono stati visionati 14 esperimenti solo su soggetti sani (16-25). In totale sono stati inclusi 812 soggetti, con una media di 58 individui per esperimento. A causa della mancanza di informazioni sul sesso e sull'età precisa dei partecipanti non si sono potuti fare calcoli statistici puntuali (16-19, 23,24). Di tutti i soggetti, 370 sono stati inseriti in gruppi con una interferenza di contesto bassa/blocked practice. La popolazione rimanente è stata sottoposta a task con elevata CI ma somministrata in 3 modi differenti: *Random practice*, 322 soggetti; *Progressive practice*², 52 soggetti; *Serial practice*³, 68 soggetti.

¹Autori contattati: Albaret JM, Douglas Y, Lee T, Jared P, Jarus T, Ma E, Simmons R, Sekiya H, Shea C, Wright D.

² Progressive practice: esercizi aventi una interferenza di contesto crescente.

³ Serial practice: esercizi aventi una interferenza di contesto basata sulla ripetizione di task in serie per più ripetizioni. (es: ABC-ABC-ABC-ABC...)

3.3 Descrizione dei task

Tutti gli studi eccetto uno (21) hanno considerato dei task motori relativi ad un gesto compiuto con gli arti superiori. L'esperimento di Jarus (21) considera invece il posizionamento del capo nello spazio. 10 esperimenti (17, 19, 20, 23-25) utilizzano un setting sperimentale creante gesti slegati dalla realtà quotidiana e sportiva. 1 esperimento (18) utilizza come task l'esecuzione di 5 videogiochi. 2 esperimenti (16) utilizzano l'esecuzione di gesti atletici (basket, golf) come elementi di acquisizione.

I task sono stati eseguiti all'interno di una giornata per il 79% degli studi (16, 19-22, 24,25). La media delle ripetizioni giornaliere dei gruppi è stata di 116,5 trial (32-400).

3.4 Descrizione outcome

Gli outcome hanno riguardato le variabili di performance del task: precisione di esecuzione (16, 18, 20, 23), tempi di reazione e di esecuzione (17, 19, 25), sequenze corrette (21, 22), score di forza (24). Nessun outcome ha analizzato le variabili dinamiche del task (cinematiche e cinestesiche).

3.5 Descrizione follow up

4 studi (19-21, 25) hanno eseguito un follow up immediato (4-10 minuti), 8 studi (16-20, 22-24) hanno valutato i soggetti dopo un tempo prolungato (24-48 ore). 3 studi (19, 20, 23) hanno considerato di valutare il learning in 2 momenti differenti (10min/24ore dopo; 5 minuti/48 ore dopo; 24 ore/48 ore dopo).

3.6 Prove di efficacia

Porter et Magill (16) nel loro studio hanno voluto comparare gli effetti della CI tra 3 diversi modelli. I ricercatori hanno diviso lo studio in 2 esperimenti con tasks sportivi in soggetti principianti.

Esperimento 1: in questa prima prova 60 studenti universitari Hanno colpito con la mazza una palla da golf cercando di farla fermare entro uno di 3 cerchi posizionati rispettivamente a 0,9 m (A), 1,37 m (B), 1,82 m (C). Il campione è stato suddiviso in 3 gruppi, il gruppo random (RP), il gruppo blocked (BP) ed il gruppo increasing practice (IP). I partecipanti hanno colpito la pallina 81 volte, ogni gruppo con la propria modalità (vedi allegato 2). Dopo 24 ore, per l'elaborazione degli skills acquisiti, si è valutato il grado di learning. Sono stati eseguiti 10 tiri per bersaglio A,B,C (retention) e 20 tiri per 2 nuovi

bersagli (transfer) ($D=1,6m$; $E=1,52m$) , 10 ciascuno.

L'elaborazione statistica dei dati fa notare una differenza significativa nelle performance durante l'acquisizione tra RP e BP ($F_{2,57}=5.62$, $p=.0059$) mentre i valori tra BP e IP sono simili (Cohen's effect size: $BP-IP=0.123$; $R=0.335$). Al contrario i valori relativi al learning (sia retention che transfer) mostrano nessuna significativa differenze tra BP e RP, mentre il gruppo IP risulta aver mantenuto maggiormente gli skills appresi. ($F_{2,57}=3,37$ $p<.05$).

Esperimento 2: 96 studentesse sono state assegnate in modo random a 3 gruppi di tipologia eguale al primo esperimento (RP, BP, IP). Le partecipanti hanno lanciato una palla da basket, a due mani sopra la testa (A), a due mani dal petto (B) e ad una mano a lato (C), cercando di colpire un bersaglio a 5 metri di distanza. Le modalità di acquisizione sono identiche al primo esperimento, mentre per quantificare l'apprendimento si è chiesto ai gruppi di lanciare la palla 12 volte con 2 serie da 2 ripetizioni per tipologia di lancio (retention) e altre 12 con lo stesso schema ma con una distanza di 6 metri (transfer).

I risultati ottenuti mostrano delle performance sovrapponibili tra i gruppi, con un miglioramento progressivo comune ($F_{8,744}=72.74$, $p<.0001$). Nella fase successiva invece si evince una migliore prestazione del gruppo IP rispetto al RP e quest'ultimo rispetto al gruppo BP ($F_{2,93}=36,27$ $p<.0001$).

L'autore ha concluso dicendo che gli sportivi principianti, hanno un migliore apprendimento mediante un increasing practice: tasks strutturati con difficoltà crescente al migliorare dei valori di performance del soggetto.

Wright e colleghi (17) hanno cercato di individuare se la *random practice* porta a miglioramenti non solo nel completamento dei processi di pianificazione del movimento, ma anche nei processi di strutturazione della memoria durante il gesto. Utilizzando 30 studenti (ripartiti in modalità random) hanno creato 2 gruppi: blocked practice (A) e random practice (B). I soggetti hanno dovuto premere il tasto "F" della tastiera di un computer per creare 2 tipi di suono. I due suoni si potevano combinare tra loro o meno per creare 4 suoni denominati: L (1 suono), S (1 suono), 4L (4 suoni) e 4S (4 suoni). I gruppi sono stati impegnati per 4 giorni di trattamento, con 32 ripetizioni per 4 serie ogni seduta. Era presente in entrambi i gruppi un feedback della prestazione sui tempi di reazione e tempi di esecuzione del gesto. La valutazione dell'apprendimento è stata eseguita dopo 24 ore.

I risultati ottenuti sono statisticamente rilevanti. Complessivamente i tempi di

reazione durante l'apprendimento sono maggiori per le risposte a 4 elementi che a 1 solo suono ($F_{1,28} = 8,38$ $p < .01$). Il gruppo A ha ottenuto una riduzione significativa dei tempi di reazione tra la prima e la seconda serie ma senza ulteriori miglioramenti. Il gruppo B invece ha dimostrato un miglioramento progressivo in tutte le serie.

Elaborando i dati sugli errori di esecuzione Wright ha notato che gli errori nelle ultime 2 serie erano comparabili ($F_{1,27} = 11,57$ $p < .01$).

Alla valutazione con il retention test il gruppo B ha mantenuto i valori di performance precedentemente acquisiti, mentre il gruppo A, dopo le 24 ore, ha peggiorato le sue prestazioni ($F_{1,19} = 37,95$ $p < .01$). Il gruppo blocked ha aumentato il tempo di reazione ($4L-4S > 1L - 1S$) per poter elaborare in ogni ripetizione l'ordine dei 4 elementi.

L'autore ipotizza che nel random practice venga memorizzata la sequenza di suoni mentre nel gruppo blocked no.

📌 Lo studio di Shewokis (18) vuole proseguire un percorso logico iniziato nel 1997 da Shewokis. L'autrice vuole confermare l'ipotesi di superiore efficacia del *blocked practice* rispetto alla *random practice*. Inoltre ha cercato di identificare se aumentando l'esercizio c'è un miglioramento nelle performance e nel learning. Per fare ciò si è avvalsa di 72 studenti universitari, ripartiti in 2 gruppi: A (random) e B (blocked). I soggetti sono stati valutati durante l'esecuzione di alcuni videogiochi relativi a sport invernali. I gruppi hanno eseguito 108 prove ripartite tra i vari giochi e in tre giorni, con le 2 modalità sopracitate. Dopo 24 ore si è valutato l'apprendimento mediante retention e transfer test.

Dopo l'elaborazione dei valori riguardanti le prestazioni del gioco, l'autore smentisce l'ipotesi iniziale non trovando nessuna differenza significativa tra learning e transfer dei 2 gruppi nella prova di sci da fondo (Retention: $F_{1,70} = 0.62$, $p = ns$; transfer $F_{1,70} = 0.61$, $p = ns$). L'ammontare dell'apprendimento del gruppo B è leggermente minore del gruppo A. Confrontando questo trial con altri precedenti, non si vedono differenze significative (acquisition, learning, transfer) con l'aumento delle ore di esecuzione.

📌 Li e Wright (19) hanno cercato di esaminare se gli esercizi random necessitano di maggiore "richiesta di attenzione" degli esercizi blocked. Lo studio ha compreso 84 studenti universitari. Sono stati divisi in 6 gruppi ripartiti rispetto al compito: random unico compito (R-A); blocked unico compito (B-A); random doppio compito, pre-task (R-PR); blocked doppio compito, pre-task (B-PR); random doppio compito, inter-task (R-ITI); blocked doppio compito, inter-task (B-ITI).

Durante l'apprendimento gli è stato richiesto di eseguire 2 compiti, uno consequenziale all'altro (se il primo richiede molta attenzione le performance del secondo saranno scadenti). Compito primario: comporre in sequenza 3 numeri. Il compito secondario (valutazione dei tempi di reazione nella scelta) consisteva nel: premere il tasto "f" quando si sentiva un suono basso; premere il tasto "h" quando si sentiva un tono alto. Tali suoni potevano presentarsi prima del compito primario (pre-task) o durante (Inter-task).

Nella fase di acquisizione i gruppi hanno eseguito 54 prove. Li ha inserito 2 fasi per valutare il learning, una dopo 10 minuti ed un'altra dopo 24 ore. La valutazione è stata identica per entrambi i test. Si sono eseguite 3 prove per ogni una delle sequenze numeriche richieste nel compito primario.

I risultati dell'acquisizione nel compito primario hanno evidenziato significatività dei dati statistici: mean ACE (absolute constant error): $F_{1,78}=5.00$, $p<.05$; VE (variable error): $F_{2,78}=4.53$, $p<.05$. Gli autori confermano che si sono rilevate prestazioni migliori eseguite dai gruppi blocked. Tutti i gruppi sono migliorati durante le serie. L'analisi del task secondario ha dimostrato un aumento di tempo nei gruppi random ($F_{1,52}=9.30$, $p<.05$). La richiesta di attenzione quindi era maggiore nei gruppi random rispetto ai gruppi blocked sia pre che inter task. Retention test: i gruppi random dimostrano minor VE rispetto ai gruppi blocked ($F_{1,78}=5.69$, $p<.05$). Le prestazioni dei gruppi non sono state alterate dall'introduzione del task secondario, anche se i tempi di reazione dei gruppi random sono più alti del 20% rispetto ai gruppi blocked data la maggior richiesta attentiva.

Albaret e Thon (20) con il loro paper hanno voluto verificare se gli effetti del random practice rispetto al blocked practice possono essere annullati durante i tasks con alta complessità esecutiva. Il task in questione è stata la riproduzione di 3 figure geometriche di 2 o 3 o 4 linee con difficoltà progressiva.

Per fare ciò hanno utilizzato 144 studenti universitari e li hanno ripartiti in 6 gruppi. random-2 segmenti, random-3 segmenti, random-4 segmenti, blocked-2 segmenti, blocked-3 segmenti e blocked-4 segmenti. I soggetti hanno disegnato queste figure per 270 ripetizioni. La valutazione del learning è stata svolta con dei tests di retention e transfer dopo 5 minuti e dopo 48 ore. Retention test: si è richiesto di eseguire 12 prove. Transfer test: si sono create 36 nuove prove.

Durante l'acquisizione il gruppo Blocked ha dimostrato un errore minore del gruppo Random ($F_{1,138}=6.16$, $p<.05$). Nei retention test si osserva un errore minore nei gruppi

Random rispetto ai gruppi Blocked ($F_{1,138}=9.19$, $p<.01$), non si notano differenze significative al variare della complessità del task ($F_{2,138}=3.012$, $p<.052$). Gli effetti della CI si osservano nei test di transfer e retention nei task semplici di 2 o 3 linee ($F_{1,138}=9.42$, $p<.01$). Ma non si sono visti questi effetti nel disegno a 4 linee ($F<1$, ns).

↑ Jarus e colleghi (21), con il loro lavoro, hanno voluto individuare la pratica ottimale durante l'acquisizione per facilitare sia il transfer che il retention effect. Per fare ciò si sono avvalsi di 74 donne suddivise in 2 gruppi: Blocked e Random practice, ripartiti in ulteriori 2 sottocategorie, open-task e closed-task. I soggetti sono suddivisi in 4 gruppi in modo non random. L'acquisizione consisteva nel seguire, con un puntatore applicato sul capo, 3 target diversi che si spostavano dalla posizione di partenza a un punto finale, o con un movimento lento che il soggetto deve seguire (closed task), o comparendo direttamente sul posto (open task).

I soggetti hanno eseguito 45 prove. Dopo 10 minuti i gruppi sono stati ritestati per valutare sia il retention che il transfer. Retention: 9 trials, 3 per posizione. Transfer: 3 prove di 9 digitazioni ciascuna su 2 calcolatrici, i tasti venivano premuti da un puntatore tenuto con la bocca.

I soggetti che eseguivano open-task hanno ottenuto un miglior learning, sia transfer che retention, rispetto al gruppo closed-task ($F_{1,58}=4.27$, $p<.05$). Il contesto imprevedibile, che richiede maggiore elaborazione, risulta benefico per gli effetti nei retention e transfer tests. Nel retention test i soggetti che si sono esercitati nel gruppo open-task hanno avuto prestazioni peggiori in test aperti che in quelli chiusi. Invece i soggetti nel gruppo closed task hanno mantenuto dei valori simili per entrambi i tests ($F_{2,116}=6.77$, $p<.01$). Il transfer test è risultato migliore per il gruppo open task ($F_{1,65}=4.09$, $p<.05$).

↑ Sekiya e colleghi (22) hanno cercato di esaminare, attraverso due esperimenti, le ipotesi sulle retention performance e sui programmi motori nei tasks con Low CI⁴ o High CI⁵ discusse alcuni anni prima da alcuni colleghi (Magill & Hall 1990).

Esperimento 1: in questa prima parte gli autori suddividono 36 studenti universitari in 2 gruppi, uno ad alta CI (A) ed uno a bassa CI (B). I partecipanti hanno dovuto premere 4 bottoni con una sequenza ed un tempo stabilito. Si sono create 3 sequenze di movimento variabile (MT1, MT2, MT3) con un tempo globale variabile. La fase di

⁴ Low CI: bassa interferenza di contesto, rappresentata da blocked practice.

⁵ High CI: alta interferenza di contesto, rappresentabile da Random practice o, in questo caso da Serial practice.

acquisizione comprendeva quindi 270. L'esecuzione dei task cambiava per ogni gruppo. Dopo 24 ore si sono condotti i retention test. Con l'esecuzione di 30 ripetizioni.

Dall'interpretazione dei dati si può estrapolare che durante l'acquisizione le prestazioni del gruppo B sono migliori ($F_{1,34}=12.28$, $p<.01$). Nel retention test invece i soggetti che hanno fatto precedentemente parte del gruppo A hanno mantenuto le loro performance, al contrario dei soggetti del gruppo B ($F_{1,30}=7.13$, $p<.017$). Si conferma l'effetto della CI. Un compito seriale (high CI) porta a ottenere un miglior learning. Per migliorare gli effetti della CI si devono utilizzare molte ripetizioni.

Esperimento 2: nella seconda fase del lavoro Sekiya ha cercato di capire da quale fattore del task derivi l'effetto del CI. Per fare ciò ha utilizzato sempre 36 studenti universitari e lo stesso task motorio con tempo di esecuzione modificato. Alla fine i risultati hanno dimostrato che durante l'acquisizione entrambi i gruppi migliorano ma non si sono notate differenze significative tra le performance dei due. Durante il retention test i gruppi non hanno mostrato differenze significative nel timing relativo, invece nelle performance di tempo globale il gruppo A è stato significativamente migliore del gruppo B ($F_{1,30}=8.76$, $p<.01$). Gli effetti della CI si sono riscontrati anche se i parametri modificati per variare la difficoltà sono temporali e non motori.

📌 Questo studio di Sekiya (23) cerca di ricollegarsi al suo studio precedente (Sekiya 1994). Per tale studio sono stati reclutati 24 studenti universitari, ripartiti casualmente in 2 gruppi (A e B). L'esperimento ha compreso 2 fasi di acquisizione e 2 di retention test, il tutto in 3 giorni. I soggetti hanno dovuto muovere un mouse in modo da seguire 3 linee. Durante la fase di acquisizione si sono eseguite 270 ripetizioni al giorno. Per valutare il learning (retention test) i gruppi hanno svolto 30 ripetizioni.

Elaborando i dati raccolti, Sekiya ha potuto concludere che le performance generali mostrano un miglioramento nel retention test del gruppo con alta CI (C), tuttavia non si evidenziano differenze significative durante le fasi di acquisizione ($F_{1,20}=9.70$, $p<.01$). Gli effetti della CI sono presenti (learning) anche se le *acquisition performance* sono simili tra i gruppi A e B. Quasi tutti i valori delle performance migliorano durante l'acquisizione ma senza differenze significative tra i 2 gruppi ($p>.01$). Nessun effetto della CI compare nei valori di tempo in quanto i 3 task hanno uguale durata di esecuzione ($p>.01$). Gli effetti della CI per i parametri di forza e per le performance generali non migliorano nelle 2 fasi di acquisizione. S'ipotizza che l'aumentare delle esecuzioni non produca un miglioramento delle CI effects.

📌 Con questa pubblicazione Shea (24) ha voluto estendere i risultati trovati da Shea e Morgan (1979) riguardo alla CI. L'autore ha ripartito in modo casuale 72 studenti universitari in 12 gruppi. I gruppi si differenziavano per tipologia di acquisizione (blocked o random), per numero di ripetizioni nell'acquisizione (50, 200, 400) e per tipologia di valutazione del retention (blocked o random). I candidati hanno dovuto premere con la mano un misuratore di forza collegato con un oscilloscopio che visualizza il valore e lo compara con quello richiesto. I valori presentati erano 5 in blocchi da 10 volte ciascuno. A seconda del gruppo i partecipanti dovevano eseguire il task 50, 200 o 400 volte. Dopo 24 ore è stato eseguito il retention test, 10 prove dei 5 valori iniziali, che sono state somministrate in modo random o blocked secondo il gruppo di appartenenza.

L'elaborazione dei risultati fa concludere che durante l'apprendimento non serve aumentare le ripetizioni. I gruppi non hanno avuto miglioramenti significativi tra 50, 200 e 400 ripetizioni ($F_{2,66}=1.64$, $p>.05$). Si nota che le performance sono più alte nel gruppo Blocked ($F_{1,44}=26.21$, $p<.01$). Eseguendo il random practice si migliora il learning ($F_{1,229}=63.65$, $p<.01$). Aumentare le esecuzioni durante l'apprendimento serve per migliorare le performance. Tuttavia l'acquisizione blocked risulta efficace solo per brevi ripetizioni e per valutazioni di learning in condizioni random, mentre è sfavorevole per alto numero di ripetizioni e valutazioni in condizioni random ($F_{2,29}=4.85$, $p<.01$).

📌 Nell'elaborato di Lee (25) l'obiettivo è stato genericamente quello di investigare sul paradosso del *random practice* durante l'apprendo motorio, confrontando 3 diverse modalità di acquisizione: random, blocked o seriale. I risultati si sono basati sui dati di 3 esperimenti concatenati tra loro.

Esperimento 1: 24 studenti universitari, suddivisi in modo casuale in 4 gruppi: A) gruppo con preavviso di esecuzione e random; B) gruppo senza preavviso di esecuzione e random; C) gruppo con preavviso di esecuzione e blocked; D) gruppo senza preavviso di esecuzione e blocked. I soggetti hanno eseguito 54 prove. La valutazione delle performance si è basata sul reaction time e movement time (RT, MT: vedi allegato 2). Dopo 4 minuti si è eseguito il retention test con 9 prove. Dopo questa prima parte l'autore riporta che durante l'acquisizione si sono notati miglioramenti generali e performance peggiori per il gruppo B. Migliori prestazioni per il gruppo C. I valori del retention test si sono invertiti. Alla fine dell'acquisizione i risultati dei gruppi A e B erano simili per il MT come pure quelli dei gruppi C e D ($F_{2,19}=18.27$).

Esperimento 2: in questa seconda parte l'autore ha suddiviso 30 studenti universitari in 3 gruppi equamente divisi in gruppo A) random practice; B) blocked practice; C) seriale Tutti con preavviso di esecuzione. L'esperimento ha compreso 54 prove. L'outcome valutato, sia per le performance che per il learning è identico all'esperimento 1. Lee infatti trova dei valori simili a quelli dell'esperimento 1 per i gruppi A e B mentre le performance dei gruppi A e C sono sovrapponibili, sia durante l'acquisizione che nel retention test ($F_{4,106}=14.77$).

Esperimento 3: nell'ultima trance del paper, 30 studentesse universitarie sono state suddivise in 3 gruppi come nell'esperimento 2 (A, B, C). L'esecuzione del task è rimasta la stessa eccetto che si indicava ai soggetti la sequenza da eseguire ma si chiedeva di partire solo quando fossero sicuri di eseguirlo correttamente e nei tempi prestabiliti. Quindi la valutazione delle performance e del learning si è basata sul MT. Dalla elaborazione dei dati si è concluso che le performance durante l'acquisizione sono maggiori per il gruppo B che per A e C. ($F_{2,27}=6.55$), in linea con quanto emerso dall'esperimento 2. Il learning è ridotto per il gruppo B e persistono valori simili e mantenuti per i gruppi A e C ($F_{2,54}=2.32$).

4 DISCUSSIONI

4.1 Criticità agli studi trovati

Anche se la valutazione puntuale della qualità metodologica non era tra gli intenti dell'elaborato, è possibile svolgere alcune considerazioni di carattere critico sugli studi inclusi:

- *Caratteristiche dei partecipanti*: gli studi analizzati hanno interessato soltanto soggetti sani. La numerosità campionaria media è risultata essere inferiore alle 100 unità (7- 16). Tutti i soggetti inoltre erano studenti universitari inesperti riguardo al task motorio da eseguire. Questi elementi rendono difficile la comparabilità di tali studi con i papers che riguardano i soggetti affetti da disordini muscoloscheletrici.

- *Caratteristiche dell'intervento e comparazione*: i tasks considerati negli elaborati analizzati riguardavano gesti scorporati dalle attività della vita quotidiana (18-25), rendendo difficile un trasferimento dei risultati in contesti clinici quotidiani. Inoltre il setting degli studi presi in esame (16-25) è costituito da ambienti di laboratorio controllati, le valutazioni sono avvenute mediante strumentazioni tecnologiche volte a controllare tutte le possibili variabili interferenti. Questi elementi limitano la trasposizione dei risultati ai contesti terapeutici quotidiani.

- *Caratteristiche di outcome*: tutti gli elaborati hanno valutato parametri di performance del movimento, non considerando le variabili dinamiche dello stesso (cinematica e cinetica). In entrambi i casi gli outcome considerati per valutare il learning si discostano dagli indicatori di efficacia comunemente utilizzati nella pratica clinica.

- *Caratteristiche del follow up*: gli studi considerati hanno riportato delle rivalutazioni eseguite a pochi minuti dalla fase di acquisizione (19-21, 25). Per garantire apprendimenti stabili e duraturi è opportuno utilizzare tempi di rivalutazione più lunghi.

4.2 Effetti del contextual interference sulla performance e sul motor learning

Questa revisione è la prima che valuta qualitativamente il ruolo delle strategie di contextual interference durante la performance e l'apprendimento di tasks motori in soggetti sani. Essa, in linea con le tendenze presenti nel panorama riabilitativo (Rossettini et al 2011), rappresenta un iniziale input per la ricerca volto ad indagare la pianificazione dell'esercizio terapeutico evidence-based.

Quasi tutti gli studi hanno confermato i benefici della CI (16, 17, 19, 21-25) mentre 2 studi non hanno riscontrato nessuna differenza statisticamente significativa tra i gruppi

(18, 20). Gli autori di questi ultimi elaborati hanno sottolineato però che entrambi i tasks richiedevano di base una alta CI e che forse quella specifica condizione ha potuto annullare la differenza nel learning tra i gruppi.

Da quanto emerso si può affermare che utilizzando dei task ad alta CI (*Random practice*, *Serial practice*, *Increasing practice*) si ottiene una performance minore durante l'acquisizione ma il gesto viene memorizzato meglio (miglior learning). È dubbia invece la migliore esecuzione di gesti simili a quelli appresi durante gli esercizi. Gli autori di 4 lavori (16, 18, 20, 21) inseriscono dei test per valutare l'effetto della CI nel trasferimento dell'apprendimento motorio (transfer)⁶. Tuttavia non tutti comprovano la miglior efficacia degli esercizi ad alta CI. 3 articoli su 5 che valutano il *transfer* non trovano differenze statisticamente significative tra i gruppi.

Porter (16) nel suo lavoro ha affermato che i benefici della CI possono essere sfruttati al meglio andando a graduare la difficoltà in relazione all'apprendimento del soggetto, ovvero passare gradualmente da un *Blocked practice* ad un *Random practice*.

Anche Sekiya nei suoi 2 articoli (22, 23) considera l'utilizzo del serial practice come elemento che aumenti la difficoltà. Quindi, non solo eseguire task in sequenza casuale può portare a migliorare il learning ma anche eseguirli in serie.

Tutti gli studi citati (16, 17, 19, 21-25) indicano che l'utilizzo di una bassa CI (*Blocked practice*) porta ad avere delle prestazioni elevate durante la fase di esercizio (*acquisition performance*) ma anche la mancanza di un duraturo apprendimento motorio (*motor learning*). Quanto esposto è in linea con i risultati presenti nella revisione di Lee e colleghi nel 1991 (11). Gli autori hanno concluso che:

- gli esercizi BCI permettono una migliore performance immediata nell'esecuzione di un gesto;
- gli esercizi RCI portano ad avere una peggiore performance immediata rispetto agli esercizi BCI;
- gli esercizi RCI mantengono meglio le performance dopo un periodo di riposo (learning) rispetto agli esercizi BCI;
- gli esercizi RCI permettono un miglior transfer rispetto agli esercizi BCI.

Queste riflessioni, anche se relative all'individuo sano, possono rappresentare un punto di partenza utile alla creazione di un programma riabilitativo di un individuo con disfunzioni muscolo scheletriche volto a stimolare un corretto learning a lungo termine delle abilità motorie .

⁶ Transfer: capacità di rielaborare il gesto precedente ed eseguirlo con parametri differenti.

5 CONCLUSIONI

5.1 Implicazioni per la clinica

I risultati ottenuti da questa revisione cautamente possono essere integrati nella pratica quotidiana durante la creazione del programma riabilitativo. Il terapista manuale, nella somministrazione di esercizi terapeutici miranti a modificare il controllo motorio, può sfruttare gli effetti della CI:

- inserendo un piano di lavoro con difficoltà progressiva (*Increasing practice*), da una bassa interferenza contestuale con task ripetitivi (*Blocked practice*), passando poi per una media difficoltà (*Serial practice*), e finendo con alta difficoltà sfruttando la casualità del compito motorio (*Random practice*);
- non utilizzando troppi elementi da controllare o task troppo impegnativi, i gesti con una CI troppo alta portato ad un appiattimento dei risultati;
- valutando costantemente il livello di apprendimento (*learning*) in modo da graduare la CI degli esercizi successivi.

5.2 Implicazioni per la ricerca

Dal 1991 ad oggi non si sono ritrovate altre revisioni relative a tale argomento. Questa tesi, assieme ad altri elaborati (4), va a sottolineare la necessità di indirizzare la ricerca verso lo studio dell'apprendimento motorio. La miglior conoscenza del *motor learning* potrebbe portare ad una ponderata impostazione degli esercizi terapeutici, in modo da ottimizzare la loro efficacia ed efficienza.

In quest'ottica i futuri studi dovranno valutare gli effetti della CI in una popolazione con disordini muscoloscheletrici, dove i tempi di acquisizione sono proporzionali con quelli di un trattamento fisioterapico e dove i test di outcome sono degli indicatori comunemente utilizzati nella pratica clinica.

6 KEY POINT

I punti salienti di questo elaborato sono riportati nell'allegato 1 (Tabella 6.1).

7 BIBLIOGRAFIA

1. **Therapeutic Exercise**. Reperibile presso la pagina “Glossary of terminology” nel sito IFOMT (International Federation of Orthopaedic Manipulative Physical Therapist) <http://www.ifompt.com/Standards/SC+Glossary.html>
2. Shirley A. Sahrmann (2004). **Valutazione funzionale e trattamento delle sindromi da disfunzione del movimento**. Torino, UTET
3. William H. Edwards , 2010. **Motor Learning and Control: From Theory to Practice**. Belmont, Wadsworth.
4. Schmidt RA, Lee TD. **Motor Control and Learning: A Behavioral Emphasis**. Champaign, IL: Human Kinetics; 2005.
5. Magill RA. **Motor Learning and Control: Concepts and Applications**. New York, NY: McGraw-Hill; 2007.
6. Latash ML, Levin MF, Scholz JP, Schöner G. **Motor control theories and their applications**. Medicina (Kaunas). 2010;46(6):382-92.
7. Rossettini G, Cecchetto S, Geri T, Zimoli A, Signori A, Testa M. **Effect of attentional focus instructions on motor learning and performance of patients with central nervous system and musculoskeletal disorders: a systematic review**. Italian Journal of Physiotherapy 2011 September;1(3):87-98.
8. Merbah S, Meulemans T. **Learning a motor skill: effects of blocked versus random practice a review**. 2011. Psychologica Belgica. 51-1. 15-48.
9. Pyle, WH. (1919). **Transfer and interference in card- distributing**. Journal of Educational Psychology, 10, 107–110.
10. Lin, Hsing-Fen. **A meta-analysis of contextual interference effect on motor learning**. Graduate Institute of Sport and Leisure Education National Chung Cheng University. October 2006. Master's thesis.
11. Lee TD, Swanson LR and Hall AL. **What Is Repeated in a Repetition? Effects of Practice Conditions on Motor Skill Acquisition**. PHYS THER; 1991. 71:150-156.
12. Shewokis P.A. **Some blocked practice schedules yield better learning than random practice schedules with anticipation timing tasks**. 2000 J of human movement studies 38. 57-73.

13. Guadagnoli M.A. **The relationship between contextual interference effects and performer expertise on the learning of a putting task.** 1999. J of Human movement studies 37. 19-36.
14. Young D.E. **Contextual interference and motor skill acquisition: on the processes that influence retention.** 1993. human movement science 12. 577-600.
15. Gabriele T.E. **Cognition in motor learning: imagery effects on contextual interference.** 1989. Human movement science 8. 227-245.
16. Porter JM, Magill RA. **Systematically increasing contextual interference is beneficial for learning sport skills.** J Sports Sci. 2010 Oct;28(12):1277-85.
17. Wright DL, Black CB, Immink MA, Brueckner S, Magnuson C. **Long-term motor programming improvements occur via concatenation of movement sequences during random but not during blocked practice.** J Mot Behav. 2004 Mar;36(1):39-50.
18. Shewokis PA. **Memory consolidation and contextual interference effects with computer games.** Percept Mot Skills. 2003 Oct;97(2):581-9.
19. Li Y, Wright DL. **An assessment of the attention demands during random- and blocked-practice schedules.** Q J Exp Psychol A. 2000 May;53(2):591-606.
20. Albaret JM, Thon B. **Differential effects of task complexity on contextual interference in a drawing task.** Acta Psychol (Amst). 1998 Nov;100(1-2):9-24.
21. Jarus T, Wughalter EH, Gianutsos JG. **Effects of contextual interference and conditions of movement task on acquisition, retention, and transfer of motor skills by women.** Percept Mot Skills. 1997 Feb;84(1):179-93.
22. Sekiya H, Magill RA, Sidaway B, Anderson DI. **The contextual interference effect for skill variations from the same and different generalized motor programs.** Res Q Exerc Sport. 1994 Dec;65(4):330-8.
23. Sekiya H, Magill RA, Anderson DI. **The contextual interference effect in parameter modifications of the same generalized motor program.** Res Q Exerc Sport. 1996 Mar;67(1):59-68.
24. Shea C. **Contextual interference: contribution of practice.** Acta psychologica. 1990; 73. 145-157.
25. Lee T. **The locus of contextual interference in motor skill acquisition.** J of

experimental psychology: learning, memory and cognition. 1983; 9. 730-746.

ALLEGATO 1

Tabella 3.1

	Motivo dell'esclusione	Totale Articoli
1	Non concorde con la tipologia di studio (RCT o CT)	55
2	Non concorde con l'età dei partecipanti (>18)	27
3	Non inerente con gli obiettivi proposti	8

Tabella 3.2

	Studies awaiting assessment
1	Some blocked practice schedules yield better learning than random practice schedules with anticipation timing tasks. Shewokis P.A. 2000 J of human movement studies 38. 57-73
2	The relationship between contextual interference effects and performer expertise on the learning of a putting task. Guadagnoli M.A. 1999. J of Human movement studies 37. 19-36
3	Contextual interference and motor skill acquisition: on the processes that influence retention. Young D.E. 1993. human movement science 12. 577-600
4	Cognition in motor learning: imagery effects on contextual interference. Gabriele T.E. 1989. Human movement science 8. 227-245

Tabella 3.3

	Titolo dello studio	Motivo dell'esclusione
1	Influence of an unskilled model's practice schedule on observational motor learning. Lee T.D. 1990. human movement science 9. 349-367	Task principale è l'osservazione di trial blocked e random e non l'esecuzione.
2	The role of variability in practice structure when learning to use an upper-extremity prosthesis. Weeks D.L. 2003. J of Prosthetics and Orthotics 15. 84-92	La popolazione risulta minorenni.
3	Auditory model: effects on learning under blocked and random practice schedules. Han D W. 2008. Research Quarterly for Exercise and sport 79. 476-486	Si confronta il modello uditivo con diversi modelli blocked o random.
4	Motor learning following unilateral stroke. Arch Phys Med Rehabil. 1996 Aug;77(8):811-5. PubMed PMID: 8702377. Hanlon RE.	Popolazione con disturbi del sistema nervoso centrale.
5	Neural correlates of the contextual interference effect in motor learning: a transcranial magnetic stimulation investigation. J Mot Behav. 2010 Jul-Aug;42(4):223-32. PubMed PMID: 20570818. Lin CH, Winstein CJ, Fisher BE, Wu AD.	Obiettivo di studio non relativo al gesto ma all'analisi dei circuiti motori a livello cerebrale.

Tabella 6.1

	Key Point
1	Utilizzo di <i>Random practice</i> , <i>Serial practice</i> o <i>Increasing practice</i> per ottenere effetti duraturi nell'apprendimento motorio rispetto ad esercizi a bassa CI (<i>Blocked practice</i>)
2	Utilizzo di un progressivo aumento della <i>Interferenza di contesto</i> per avere il miglior <i>learning</i> di un task motorio
3	Rivalutare il soggetto prima di ogni seduta per graduare al meglio la difficoltà di esecuzione degli esercizi
4	Creare maggiori prove di efficacia degli effetti della CI nel soggetto con disturbi del sistema muscoloscheletrico
5	Creare maggiori studi con indicatori di outcome più vicini alla pratica clinica

ALLEGATO 2
Tabelle 3.4

Riferimento	Disegno di studio e obiettivi	Campione	Allocazione e gruppi	Intervento / task	Outcome acquisition (OA)	Tempo di elaboraz.	Outcome learning (OL)	Risultato
Porter JM, Magill RA 2010 (16)	RCT. Studiare l'utilizzo della C1 in task sportivi blocked, random o con un modello che aumenti progressivamente la difficoltà su persone che non hanno mai svolto tale sport. Individuando quale sia migliore per il retention ed il transfer. Si avvale di 2 esperimenti (Exp1; Exp2)	Exp1: 60 (42f;18m), Soggetti sani, giocatori random o con un modello inesperti.	Exp1: 3gruppi. Blocked (BP), Random (RP), e Increasing practice (IP).	Exp1: copiare una pallina da golf 81 volte in 3 serie da 27 ripetizioni. Gruppo BP- 27 ripetizioni uguali per cerchio. Gruppo RP 81 tirf random. Gruppo IP- 9 ripetizioni A, 9 rp. B, 9 rp. C, 9 ripetizioni da 3 colpi seriali ABC, 27 rp. Random.	Exp1: centrare con una pallina da golf un cerchio posizionato a 3 distanze differenti A,B,C (A=0.9m/B=1.3m/C=1.82m).	24 ore	Exp1: Retention (RT): 10rp per tiro ABC in modo alternato. Transfer (TR): 10 rp Per 2 nuove posizioni (D=1.6m/E=1.52m).	Exp1: OA: risultati significativamente migliori per BP e IP rispetto al gruppo RP; OL: nessuna differenza significativa tra BP e RP, ma significativamente migliore il gruppo IP in entrambi i test RT o TR ($F_{3,58}=3.57$, $p<.05$).
		Exp2: 96 femmine, inesperte	Exp2: 3 gruppi uguali al primo	Exp2: ripropone lo stesso rapporto di ripetizioni e serie dei exp1	Exp2: 3 tipi di passaggio con una palla da basket, a due mani sopra la testa (A), a due mani dal petto (B), ad una mano a lato(C) ad una distanza di 5m.	24 ore	Exp2: RT: 12 passaggi in 2 serie da 2 ripetizioni per lancio (AA,BB,CC,AA,BB,CC). TR: si ripete lo stesso schema precedente con una distanza differente (6m).	Exp2: OA: risultati non significativamente differenti, è presente un miglioramento simile dei 3 gruppi ($F_{6,74}=72.74$, $p<.0001$). OL: IP ottiene prestazioni significativamente migliori di RP che ottiene prestazioni migliori di BP ($F_{2,58}=36.27$ $p<0.0001$). In generale le persone inesperte in un determinato sport hanno un learning migliore se procedono con task di difficoltà variabile, che aumenta all'aumentare delle prestazioni durante l'acquisizione.
Wright DL et al 2004 (17)	RCT. Individuare se il random practice porta a miglioramenti non solo nel completamento dei processi di pianificazione del movimento, ma anche nei processi di strutturazione della memoria durante il gesto.	30 studenti universitari	2 gruppi. A) blocked practice; B) random practice. Popolazione ipartita in modo random	4 tipi di risposta 4 giorni di trattamento. 32 ripetizioni per 4 serie. A) 1 risposta al giorno per 32 ripetizioni per 4 serie, con ogni giorno 1 risposta diversa. B): ripetizioni random per tutte le 4 le serie.	premere il tasto F della tastiera di un computer per creare 2 tipi di suono. DTT- premere il tasto per 150 ms. DAA- premere per 450 ms. I due suoni si possono combinare tra loro o meno per creare 4 suoni denominati: L) dat(S) dt, AL) dat-dt-dt-dat e 4S) dt-dah-dah-dt.	24 ore	12 ripetizioni per ogni una delle 4 risposte modello blocked e senza feedback	Risultati di tempo: $F_{1,38}= 8.38$, $p<.01$ tempo di reazione maggiori per risposte a 4 elementi rispetto a quelle con 1 elemento. Gruppo blocked: riduzione significativa dei tempi di reazione tra set 1 e 2 senza successivo miglioramento. Gruppo random: miglioramento progressivo in tutti i set. Errori durante l'esecuzione: $F_{1,37}= 11.57$, $p<.01$. Il gruppo random ha eseguito maggiori errori nelle prime 2 fasi mentre nelle ultime 2 gli errori di entrambi i gruppi erano simili. Risultati learning: non ci sono variazioni tra acquisizione e retention per il gruppo B mentre c'è un aumento dei tempi nel gruppo A. $F_{1,18}= 37.95$, $p<.01$. Questo conseguente ad una riellaborazione di più elementi come 1 unico elemento. Il gruppo Random ha considerato 14 elementi come una unità mantenendo il tempo di reazione simile a quello di 1 elemento. L'autore ipotizza che nel random practice venga memorizzata la sequenza di suoni mentre nel gruppo blocked no.
Shewokis PA 2003 (18)	RCT. Confermare l'ipotesi che il blocked practice dovrebbe essere più efficace che il random perché permetterebbe un migliore consolidamento della memoria durante la fase di acquisizione. Identificare inoltre se aumentando l'esercizio c'è un miglioramento nelle performance e nel learning	72 studenti universitari, Ripartiti in 2 gruppi (in modo casuale)	2 gruppi a ripartizione casuale. A) gruppo random practice. B) gruppo blocked practice	Gruppo A: 10 prove di salto con gli sci, 108 prove di slittino, bob e pattini (36prove al giorno, per 3 giorni). Gruppo B: 108 prove totali, 36 prove per videogioco, una tipologia al giorno per 3 giorni	Valutazione delle performance dei soggetti in 4 videogiochi (3 per il gruppo B): salto con gli sci, slittino, bob, pattini da ghiaccio	24 ore	Valutazione del retention: 6 prove dei 3 videogiochi. Slittino, Bob, Pattini, 5 prove di transfer con un nuovo videogioco di sci da fondo	nessuna differenza significativa tra learning e transfer dei 2 gruppi nella prova di sci da fondo Retention: $F_{1,70}=0.62$, ns, transfer $F_{1,70}=0.61$, ns). L'ammontare dell'apprendimento del gruppo B è minore del gruppo A. Confrontando questo trial con altri precedenti, non si vedono differenze significative (acquisition, learning, transfer) con l'aumento delle ore di esecuzione.

Riferimento	Disegno di studio e obiettivi	Campione	Allocazione e gruppi	Intervento / task	Outcome acquisition (OA)	Tempo di elaboraz.	Outcome learning (OL)	Risultato
U. Y. Wright DL 2000 (19)	RCT. Esaminare se gli esercizi random richiedono più "richiesta di attenzione" che gli esercizi blocked. Iniziare a valutare la localizzazione temporale della "domanda di attenzione" durante tasks Random e Blocked	84 studenti universitari (19-27 anni) rispetto ai tasks richiesti	6 gruppi di 14 studenti alliscati in modo random. Vengono suddivisi rispetto al compito. Random unico completo (R-A), Blocked unico completo (B-A), Random doppio completo, pre-task (R-PR); Blocked doppio completo, pre-task (B-PR); Random doppio completo, inter-task (R-IT); Blocked doppio completo, inter-task (B-IT).	Prima fase di valutazione dei tempi di reazione nella scelta: esecuzione di 24 ripetizioni del solo compito secondario. Nella fase di acquisizione i gruppi B-A, B-PR e B-IT hanno eseguito 18 prove per sequenza numerica per 3 blocchi. I gruppi R-A, R-PR e R-IT hanno eseguito 54 prove in sequenza random. Ogni blocco conteneva 6 prove delle 3 sequenze di movimento. I gruppi B-PR e R-PR ricevevano, 2 secondi prima dell'esecuzione del compito primario, il segnale acustico. Il secondo stimolo è stato eseguito 8 volte nelle prove di ogni blocco. In totale 24 prove. I gruppi B-IT e R-IT hanno ricevuto il segnale acustico 2 secondi dopo la conclusione del compito primario.	2 compiti uno consequenziale all'altro (se il primo richiede molta attenzione le performance del secondo saranno scadenti). Compito primario: comporre in sequenza 3 numeri (250, 400 e 550) digitandoli su di una tastiera con il dito indice destro. Il compito secondario (valutazione dei tempi di reazione nella scelta) consiste nel premere il tasto "r" con l'indice sinistro quando si sente un suono basso, premere con il dito medio sinistro il tasto "v" quando si sente un tono alto, tali suoni possono presentarsi prima del compito primario (pre-task) o durante (inter-task)	2 tempi di elaborazione: 10 minuti e 24 ore	La valutazione è identica per entrambi i tempi di elaborazione. Si sono eseguite 3 prove per ogni una delle sequenze numeriche richieste nel compito primario.	Risultati dell'acquisizione nel compito primario: mean ACE (absolute constant error), $F_{1,78}=5.00$, $p<0.05$. VE (variale error), $F_{7,78}=4.53$, $p<0.05$ prestazioni migliori eseguite dai gruppi blocked. Tutti i gruppi sono migliorati durante le serie. L'analisi del task secondario ha dimostrato un aumento di tempo nei gruppi random ($F_{1,57}=9.30$, $p<0.05$). La richiesta di attenzione quindi era maggiore nei gruppi random rispetto ai gruppi blocked sia pre che inter task. Retention test: i gruppi random dimostrano minor VE rispetto ai gruppi blocked ($F_{1,77}=5.69$, $p<0.05$). I risultati sono in linea con il pensiero scientifico. Le prestazioni dei gruppi non sono state alterate dall'introduzione del task secondario, anche se i tempi di reazione dei gruppi random sono più alti del 20% rispetto ai gruppi blocked visto che richiedono maggiore attenzione.
Albert JM, Thon B 1998 (20)	RCT. Verificare se gli effetti del random practice rispetto al blocked practice possono essere annullati durante i tasks con alta complessità esecutiva	144 studenti universitari (72 casuale, 72 m di età media 22.5 aa (18-30)	6 gruppi con allocazione random: 3 segmenti, random; 4 segmenti, blocked-2 e blocked-4 segmenti.	90 prove totali da 30 per ogni figura.	Riproduzione senza controllo visivo di 3 figure mostrate su di un monitor. Ogni figura è composta di 2 o 3 o 4 linee con difficoltà progressiva	retention e transfer fatti dopo 5 min e dopo 48 h	retention test di 12 prove, 4 per ogni figurale stesse presentate prima). Transfer test: 36 prove (4 prove per ogni disegno modificato). La nuova figura era la modifica delle 3 precedenti (ingrandendole (1.25), impicciolandole (0.75) e ruotandole (90°)	Durante l'acquisizione il gruppo Blocked ha un errore minore del gruppo Random $F_{1,138}=6.16$, $p<0.05$. Nei retention test si osserva un errore minore nei gruppi Random rispetto ai gruppi Blocked $F_{1,138}=9.19$, $p<0.01$, non si notano differenze significative al variare della complessità del task. $F_{2,138}=3.012$, $p<0.052$. Gli effetti della CI si osservano nei test di transfer e retention nei task semplici di 2 o 3 linee. $F_{1,138}=9.42$, $p<0.01$. Ma non si sono visti questi effetti nel disegno a 4 linee $F<1$.
Latus T et al 1997 (21)	CT. Individuare la pratica ottimale durante l'acquisizione per facilitare sia il transfer che il retention effect utilizzando diversi modi di muoversi	74 donne (19-40 aa) (m=28 aa)	2 gruppi. Blocked e Random practice divisi in ulteriori 2 sottocategorie: open-task e closed-task. I soggetti sono suddivisi in 4 gruppi in modo non random.	45 prove ripartite in 3 blocchi. Il gruppo Blocked usava 1 solo target per blocco. Il gruppo random usava il metodo casuale.	3 target diversi che si spostano dalla posizione di partenza a un punto finale, o con un movimento lento che il soggetto deve seguire (closed task), o comparando direttamente sul posto (open task).	10 minuti dall'ultima ripetizione.	Retention: 9 trials, 3 per posizione. Transfer: 3 prove di 9 digitazioni ciascuna su 2 calcolatrici. I test venivano premiati da un puntatore tenuto con la bocca.	I soggetti che eseguivano open-task hanno ottenuto un miglior learning, sia transfer che retention, rispetto al gruppo closed-task ($F_{1,68}=4.27$, $p<0.05$). Quindi in un contesto imprevedibile, che richiede maggiore elaborazione, risulta benefico per gli effetti nei retention e transfer tests. retention test: i soggetti che si sono esercitati nel gruppo open-task hanno avuto prestazioni peggiori in test aperti che in quelli chiusi. Invece i soggetti nel gruppo closed task hanno mantenuto dei valori simili per entrambi i test ($F_{1,68}=6.77$, $p<0.01$). transfer test migliore per il gruppo open task ($F_{1,68}=4.09$, $p<0.05$).
Sekiya H et al 1996 (23)	RCT. Esaminare se il solo cambiamento dei parametri di forza e non del programma motorio potesse creare i benefici della CI nel learning. Valutare inoltre se l'ammontare del practice sia un elemento importante per il CI effect.	24 studenti universitari (12 M 12 F)	campione ripartito in 2 gruppi in modo casuale. A) serial practice. B) blocked practice	Muovere un mouse su di un asse in modo da seguire 3 linee differenti (bassa, media, alta caratterizzate da differenti ampiezza e forza di esecuzione ma similare programma motorio e tempo.	2 fasi di acquisizione: giorno 1 solo acquisizione; giorno 2 (subito dopo il primo retention test) seconda fase di acquisizione. Gruppo A: 90 ripetizioni dei 3 task in sequenza. Gruppo B: 90 ripetizioni del primo task, 90 ip del secondo e 90 del terzo.	24 ore dopo ogni fase di acquisizione	2 fasi retention test: giorno 2 (prima della seconda fase di acquisizione) e giorno 3. Riallocazione degli studenti in 2 nuovi gruppi (C,D). Gruppo C: 10 ripetizioni dei 3 task in modo seriale. Gruppo D: 10 ripetizioni del primo task, 10 rip del secondo e 10 ripetizioni del terzo.	Le performance generali mostrano un miglioramento nei retention test nel gruppo con alta CI (C), tuttavia non si evidenziano differenze significative durante le fasi di acquisizione ($F_{1,28}=9.70$, $p<0.01$). Gli effetti della CI sono presenti (learning) anche se le acquisizioni performance sono similari. Quasi tutti i valori delle performance migliorano durante l'acquisizione ma senza differenze significative tra i 2 gruppi ($p>0.01$). Nessun effetto della CI compare nei valori di tempo in quanto i 3 task hanno uguale durata di esecuzione ($p>0.01$). Gli effetti della CI per i parametri di forza e per le performance generali non migliorano nelle 2 fasi di acquisizione. Si ipotizza che l'aumentare delle esecuzioni non produca un miglioramento delle CI effects.

Riferimento	Disegno di studio e obiettivi	Campione	Allocazione e gruppi	Intervento / task	Outcome acquisition (OA)	Tempo di elaboraz.	Outcome learning (OL)	Risultato
Sekiya H et al 1994 (22)	RCT. Esaminare, attraverso 2 esperimenti, le ipotesi sulle retention performance e sui programmi motori nei tasks con Low CI o High CI	Exp 1: 36 studenti universitari (18M età media 22.3 e 18 F età media 23.7)	campione ripartito in modo casuale in 2 gruppi: Seriale (A) con alta CI; Blocked (B) con bassa CI	270 ripetizioni in 3 serie (90 per tipo di task). Condivisione della performance dopo ogni task. Gruppo A: esecuzione di 90 MT1-MT2-MT3. Gruppo B: esecuzione di 90 MT1, 90 MT2 e 90 MT3 in successione.	Premiere 4 bottoni usando la mano dominante con una sequenza ed un tempo stabile. 3 sequenze di movimento variabile (MT1, MT2, MT3) con tempo globale variabile.	24 ore	Nuova ripartizione del campione in 3 differenti gruppi: A, B e C-seriale inverso. Esecuzione di 30 ripetizioni. Nuovo gruppo A: 10 ripetizioni di MT1-MT2-MT3. Nuovo gruppo B: 10 MT1, 10 MT2 e 10 MT3. Nuovo gruppo C: 10 ripetizioni di MT3-MT2-MT1.	Exp1: durante l'acquisizione le prestazioni del gruppo B sono migliori ($F_{(1,36)}=12.28$, $p<0.1$). Nei retention test invece i soggetti che ricevevano precedentemente parte del gruppo A hanno mantenuto le loro performance, al contrario dei soggetti del gruppo B ($F_{(1,30)}=13$, $p<0.17$). Si conferma l'effetto della CI: un compito seriale porta a ottenere un miglior learning. Per migliorare gli effetti della CI si devono utilizzare molte ripetizioni.
		Exp 2: 36 studenti universitari (18 casuale in 2 gruppi: Seriale M età media 25.2, 18 F età media 23.1)	campione ripartito in modo casuale in 2 gruppi: Seriale (A) con alta CI; Blocked (B) con bassa CI	270 ripetizioni in 3 serie (90 per tipo di task). Condivisione della performance dopo ogni task. Gruppo A: esecuzione di 90 MT1-MT2-MT3. Gruppo B: esecuzione di 90 MT1, 90 MT2 e 90 MT3 in successione.	Premiere 4 bottoni con la mano dominante con una sequenza ed un tempo proporzionale. 3 sequenze di movimento uguali (MT1, MT2, MT3) ma con rispettivamente breve, medio o alto tempo di esecuzione	24 ore	Nuova ripartizione del campione in 3 differenti gruppi: A, B e C-seriale inverso. Esecuzione di 30 ripetizioni. Nuovo gruppo A: 10 ripetizioni di MT1-MT2-MT3. Nuovo gruppo B: 10 MT1, 10 MT2 e 10 MT3. Nuovo gruppo C: 10 ripetizioni di MT3-MT2-MT1.	Exp 2: durante l'acquisizione entrambi i gruppi migliorano ma non si notano differenze significative tra le performance dei 2. Durante i retention test i gruppi non mostrano differenze significative nel timing relativo. Invece nelle performance di tempo globale il gruppo A è significativamente migliore del gruppo B ($F_{(1,36)}=8.76$, $p<0.1$). Gli effetti della CI si sono riscontrati anche se i parametri modificati per variare la difficoltà sono temporali e non motori.
Shea CH 1990 (24)	RCT. Estendere i risultati trovati da Shea e Morgan (1979) riguardo alla CI. Inoltre definire se il variare del numero di esecuzioni durante l'apprendimento può modificare l'effetto della CI.	72 studenti universitari	divisi in modo random in 12 gruppi. Suddivisi per acquisizione, random o blocked, per numero di ripetizioni, per tipologia di retention test blocked o random.	Premiere con la mano un misuratore di forza collegato con un oscilloscopio che visualizza il valore e lo compara con il quello richiesto.	5 valori pressori, esposti su di uno schermo, presentati in blocchi da 10 volte ciascuno, totale per 50, 200 o 400 volte.	24 ore	Retention test: 5 valori per 10 volte o random o blocked, a seconda del gruppo.	Durante l'apprendimento è utile aumentare le ripetizioni. Entrambi i gruppi non hanno avuto miglioramenti significativi ($F_{(2,48)}=1.64$, $p>0.05$). Si nota che le performance sono più alte nel gruppo Blocked ($F_{(1,48)}=26.21$, $p<0.1$). Eseguendo il random practice si migliora il learning ($F_{(1,22)}=63.65$, $p<0.1$). Aumentare le esecuzioni nell'acquisizione può servire per migliorare il learning. Tuttavia l'acquisizione blocked risulta efficace per brevi ripetizioni e per valutazioni di learning in condizioni random, mentre è sfavorevole per alto numero di ripetizioni e valutazioni in condizioni random ($F_{(2,24)}=4.85$, $p<0.1$).
		Exp 1: 24 studenti universitari, 12m 12f di età media 22.9 anni.	4 gruppi con allocazione casuale. A) gruppo con random. B) gruppo senza preavviso di esecuzione e random. C) gruppo con preavviso di esecuzione e blocked. D) gruppo senza preavviso di esecuzione e blocked.	54 prove suddivise in 18 X 3 tipologie di task. 2 tipologie di somministrazione: A e B= random sempre differenti. C e D= 18 per ogni segnale in modo sequenziale.	Valutazione del reaction time (RT) e movement time (MT). RT: tempo intercorso dall'inizio di un segnale alla partenza del task motorio. MT: tempo trascorso durante l'esecuzione del gesto.	4 minuti	3 prove per segnale (9 tot) in sequenza random	Durante l'acquisizione si notano miglioramenti generali e performance peggiori per il gruppo B. Migliori prestazioni per il gruppo C. I valori dei retention test si invertevano. I risultati dei 4 gruppi sono simili per il Movement time ($F_{(1,18)}=18.27$).
	RCT. Investigare sul paradosso del random practice durante l'apprendimento motorio. Confrontare 3 diverse modalità di acquisizione: random, blocked o seriale.	Exp 2: 30 studenti universitari, 21 Femmine e 9 maschi. Età media 19.8.	3 gruppi con allocazione casuale. A) random practice; B) blocked practice; C) seriale. Tutti con preavviso di esecuzione	54 prove suddivise in 18 X 3 tipologie di task. 3 tipologie di somministrazione: A= random sempre differenti. B= 18 per ogni segnale in modo sequenziale. C=18 prove con i tre task in sequenza.	Valutazione del reaction time (RT) e movement time (MT). RT: tempo intercorso dall'inizio di un segnale alla partenza del task motorio. MT: tempo trascorso durante l'esecuzione del gesto.	4 minuti	3 prove per segnale (9 tot) in sequenza random	Si replicano i risultati dell'esperimento 1 per i gruppi A e B mentre le performance dei gruppi A e C sono sovrapponibili, sia durante l'acquisizione che nei retention test ($F_{(1,18)}=14.77$).
Lee TD 1983 (25)		Exp 3: 30 studentesse universitarie, età media 21.9 anni.	3 gruppi con allocazione casuale. A) random practice; B) blocked practice; C) seriale.	54 prove suddivise in 18 X 3 tipologie di task. 3 tipologie di somministrazione: A= random sempre differenti. B= 18 per ogni segnale in modo sequenziale. C=18 prove con i tre task in sequenza. Si indicava il task da eseguire e si chiedeva al paziente di partire quando era sicuro e di concluderlo nel tempo stabilito.	Valutazione del movement time: tempo trascorso durante l'esecuzione del gesto.	4 minuti	3 prove per segnale (9 tot) in sequenza random	Le performance durante l'acquisizione sono maggiori per il gruppo B che per A e C ($F_{(2,24)}=6.55$). Valori simili al Exp 2. Learning ridotto per il gruppo B e valori simili e mantenuti per i gruppi A e C ($F_{(2,24)}=2.32$).