



Sistemi percettivi

Anno Accademico 2017-18

Mauro Murgia

Università degli Studi di Trieste



mmurgia@units.it

INTRODUZIONE

È possibile applicare i metodi e le tecniche di intervento che abbiamo visto in ambito sportivo ad un contesto clinico/riabilitativo?

- Popolazione target
- Tipologia di stimolazione/intervento

ARGOMENTI

1) STIMOLAZIONE RITMICO-ACUSTICA
(RAS) E RIABILITAZIONE MOTORIA

2) MODELING ACUSTICO E MODULAZIONE
DEL RESPIRO

RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

La stimolazione ritmico-acustica (Rhythmic Auditory Stimulation - RAS) è una tecnica utilizzata come training per il cammino in pazienti affetti da disturbi motori

- Il cammino del paziente è guidato da un ritmo acustico (e.g., metronomo e/o musica)
- I battiti per minuto del suono (BPM) sono stabiliti sulla base della cadenza dei passi del paziente (passi al minuto) , ovvero personalizzati in funzione delle abilità motorie individuali

RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

In letteratura sono state fatte tante manipolazioni sugli stimoli:

➔ BPM = cadenza del paziente

➔ BPM = cadenza del paziente + 5%; +10%, ecc.

➔ BPM = cadenza del paziente con adattamenti verso normalità

106 BPM 

126 BPM 

RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

Questa tecnica è stata utilizzata per la riabilitazione di pazienti affetti da diversi tipi di disturbi motori:

- ➔ Malattia di Parkinson (PD, Thaut et al., 1996)
- ➔ Ictus (Cerebrovascular Accident – CVA; Thaut et al., 1993)
- ➔ Trauma cranico (Traumatic Brain Injury – TBI; Hurt et al., 1998)
- ➔ Sclerosi multipla (MS; Conklyn et al., 2010)

RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

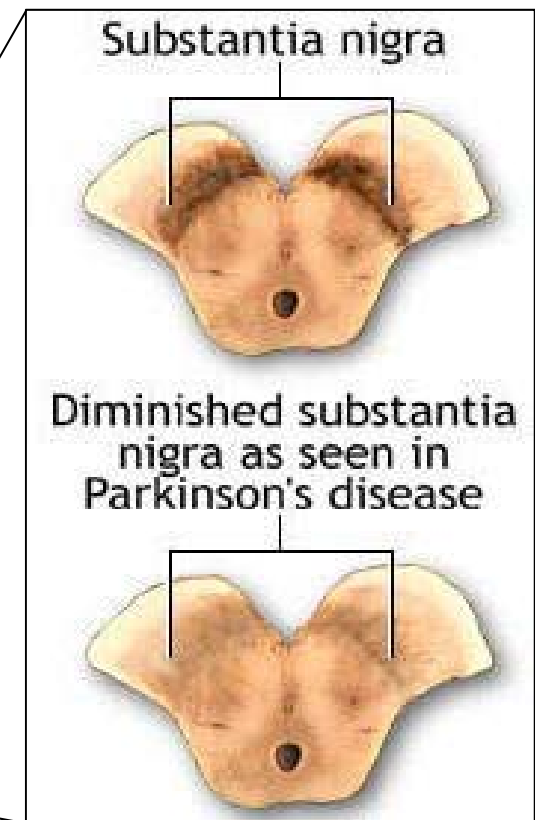
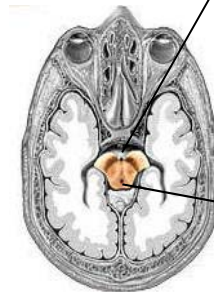
Gran numero di studi sulla **Malattia di Parkinson**

- In una recente review sono citati oltre 30 studi sperimentali su RAS e Parkinson (Murgia et al., 2015)
- Per quale motivo la RAS è particolarmente studiata in questo tipo di pazienti?
- Quali sono i meccanismi alla base del funzionamento della RAS?

RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

Malattia di Parkinson

- Malattia **neurodegenerativa ad evoluzione lenta** dovuta alla progressiva e cronica degenerazione dei neuroni dopaminergici dei gangli della base, in particolare nella **substantia nigra (pars compacta)**



RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

SINTOMI NON MOTORI

- ✓ disturbi cognitivi
- ✓ disturbi del linguaggio
- ✓ apparato gastro-intestinale
- ✓ apparato genito-urinario
- ✓ apparato cardio-circolatorio
(ipotensione ortostatica)
- ✓ disturbi del sonno

Mimica facciale assente

Flessione del gomito e ridotta oscillazione delle braccia

SINTOMI MOTORI

- ✓ Tremore
- ✓ Rigidità muscolare
- ✓ Bradicinesia
- ✓ Disturbi dell'equilibrio e del cammino



Freezing of gait



RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

Esempio sintomi motori: cammino



RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

L'internal clock nei pazienti affetti da Parkinson

- La deambulazione (e, in generale, ogni tipo di movimento) è basata sulla precisa attivazione di gruppi muscolari
- Il corretto timing dei meccanismi che regolano e coordinano il movimento è fondamentale per camminare (esempio orchestra)
- La regolazione di questi meccanismi è attribuita in larga parte ai gangli della base

RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

L'internal clock nei pazienti affetti da Parkinson

- I gangli della base costituiscono la principale area danneggiata dalla Malattia di Parkinson
- Di conseguenza l'abilità di elaborare informazioni ritmiche e temporali è danneggiata in questo tipo di pazienti
- Rispetto a soggetti sani hanno internal clock più lento (Lange et al., 1995) e difficoltà nella sincronizzazione sensomotoria (Bieńkiewicz & Craig, 2015)

RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

L'internal clock nei pazienti affetti da Parkinson

- La compromissione dell'internal clock e la conseguente difficoltà nell'elaborare informazioni temporali sembrano essere alla base dei disturbi motori e della scarsa fluidità dei movimenti dei pazienti con PD (Nombela et al., 2013)
- Per ovviare a questo problema e fornire una "guida" all'internal clock si usa un ritmo esterno, ovvero la RAS
- La RAS aiuterebbe a guidare la fluidità dei movimenti migliorando la coordinazione di azioni cicliche e automatizzate (es. cammino)

RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

L'internal clock nei pazienti affetti da Parkinson

- I meccanismi neurali alla base dell'efficacia della RAS non sono ancora completamente chiari
- Della Bella e colleghi (2017) suggeriscono che la RAS faciliterebbe la compensazione bypassando le aree danneggiate attraverso vie "alternative" (es. circuito cerebello-talamo-corticale).
- Un'altra possibilità è che la RAS agirebbe sull'attività residua del circuito cortico-striatale

RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

Perché la modalità acustica?

- Esiste una connessione naturale tra suono e movimento (es. si tende a battere le mani quando si ascolta musica)
- Link tra sistemi uditivi e motori: quando si è esposti a ritmi musicali vi è un'attivazione spontanea delle aree motorie anche in assenza di movimento (Chen et al., 2008)



RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

Perché la modalità acustica?

- Suoni ritmici attivano area motoria supplementare, corteccia premotoria, cervelletto e gangli della base (Grahn & Brett, 2007)
- Facilità nell'elaborazione di informazioni temporali attraverso la via acustica rispetto ad altre modalità sensoriali (Grondin, 2010; Murgia et al., 2017; Repp et al., 2002; 2004)



RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

Le prime evidenze sperimentali

Il primo studio sulla RAS nei pazienti con PD è stato condotto da Thaut e colleghi (1996).

- Tre condizioni:
 1. RAS
 2. Training auto-ritmato
 3. Controllo
- Nelle condizioni RAS e Training auto-ritmato i partecipanti facevano un training da 30 minuti ogni giorno per 3 settimane, aumentando il ritmo progressivamente ogni settimana

RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

Le prime evidenze sperimentali

- Nella condizione RAS i partecipanti facevano degli esercizi con una stimolazione ritmico-acustica che poteva essere pari alla cadenza oppure incrementata del 5% e del 10%
- Nella condizione auto-ritmata i pazienti facevano gli stessi esercizi dei pazienti trattati con RAS, però senza supporto acustico.
- Nella condizione di controllo non c'era alcun trattamento

RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

Le prime evidenze sperimentali

- Entrambi i gruppi sottoposti ad un trattamento (RAS e auto-ritmato) hanno esibito un miglioramento nei parametri spazio-temporali del cammino
- Nella condizione RAS risultati statisticamente migliori rispetto alle altre due condizioni per cadenza, velocità e lunghezza del passo
- Miglioramenti significativi per attivazione muscolare solo nel gruppo RAS

RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

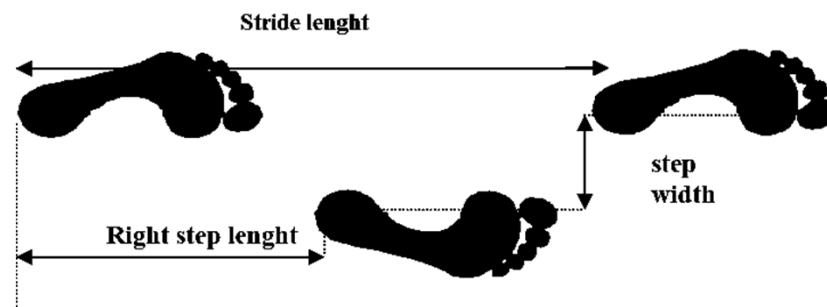
Ulteriori evidenze

- Sincronizzazione con stimoli RAS avviene sia in pazienti con PD che in soggetti sani in modo analogo, quindi pazienti riescono a sincronizzarsi nonostante il danno ai gangli della base (McIntosh et al., 1997)
- Effetti nel breve termine, durante sincronizzazione con RAS
- Effetti in seguito a training, manipolando numerosi parametri (numero e durata sessioni, tempo degli stimoli, ecc.)

RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

Ulteriori evidenze

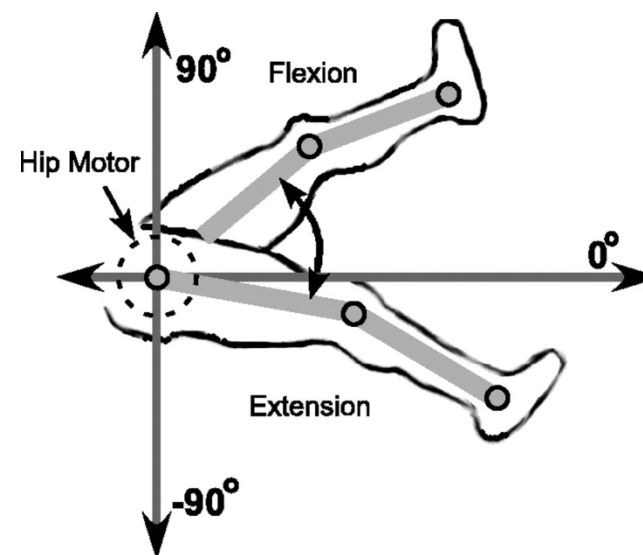
- Miglioramenti su diverse scale cliniche, ad esempio su Unified Parkinson's Disease Rating Scale e Freezing of Gait Questionnaire (Murgia et al., 2015)
- Effetti positivi su parametri spazio-temporali replicati in diversi studi (Lim et al., 2005)



RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

Ulteriori evidenze

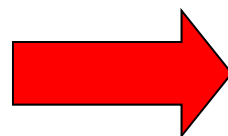
- Un nostro studio ha evidenziato che, in seguito al trattamento riabilitativo con RAS, vi è anche un cambiamento in termini di cinematica del movimento (Pau et al., 2016)
- In particolare la flessione-estensione dell'anca viene modificata tra pre e post-test, avvicinandosi ai livelli dei soggetti sani



RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

Un recente trial clinico (Murgia et al., in progress)

- Gli stimoli solitamente utilizzati negli studi sulla RAS sono il metronomo, la musica o la combinazione di questi (es. metronomo inserito in pezzi musicali)
- Sebbene questi suoni forniscano un ritmo ai pazienti, questi risultano essere “artificiali”, cioè **non evocano una rappresentazione del gesto motorio da eseguire.**

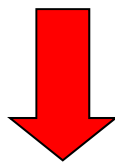


RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

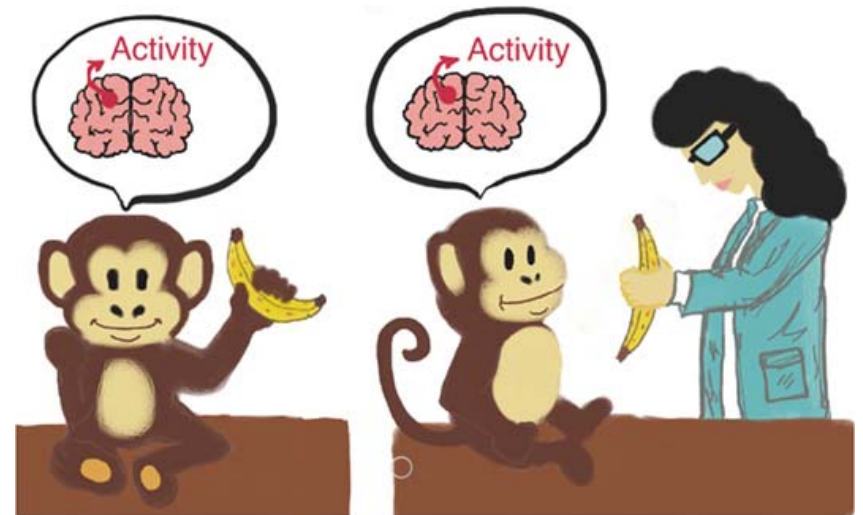
Un recente trial clinico (Murgia et al., in progress)

I suoni ecologici, come quelli derivanti dal **suono di passi** di soggetti sani, fornirebbero una guida ritmica come quelli artificiali ma avrebbero il vantaggio di:

- evocare una rappresentazione del movimento da eseguire
- attivare il "sistema mirror"



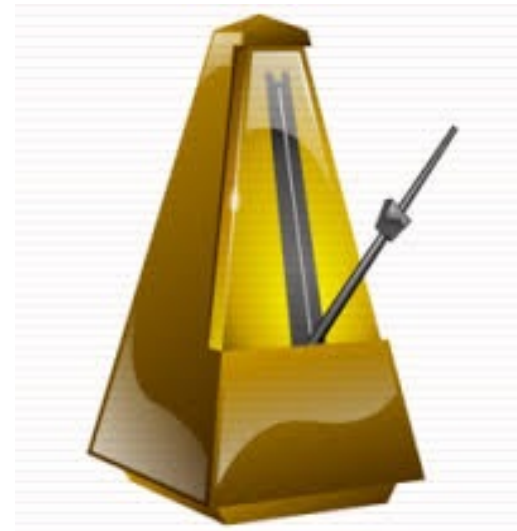
Aree motorie si attivano quando le persone producono un movimento, ma anche quando lo osservano o lo ascoltano



RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

Obiettivi

Questo studio mira a stabilire se l'uso di una stimolazione acustica ecologica (**suono di passi**) possa determinare maggiori benefici, rispetto ai tradizionali protocolli RAS (**metronomo**), nella riabilitazione di pazienti affetti da Parkinson.



RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

Partecipanti

- 32 pazienti affetti da Malattia di Parkinson (età $68.2 \pm 10,5$; Hoehn e Yahr 1,5–3)
- I partecipanti sono stati assegnati casualmente ad una delle due condizioni:

1. Riabilitazione con suoni ecologici (suono di passi) 

2. Riabilitazione con suoni artificiali (metronomo) 

RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

Stimoli

- I suoni ecologici sono stati creati registrando i suoni dei passi di modelli sani, aventi lo stesso genere e lo stesso peso dei pazienti
- I suoni artificiali sono stati creati attraverso un metronomo



RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

Stimoli per ciascun paziente

- Se la cadenza al pre-test era sotto i valori normali, i BPM della traccia venivano aumentati del 10% rispetto alla baseline
- Se la cadenza al pre-test era sotto i valori normali ma vicino ad essi (meno del 10% di differenza), i BPM della traccia venivano aumentanti fino a coincidere con i valori normali
- Se la cadenza al pre-test era sopra la normalità , i BPM della traccia erano settati al valore della baseline.

RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

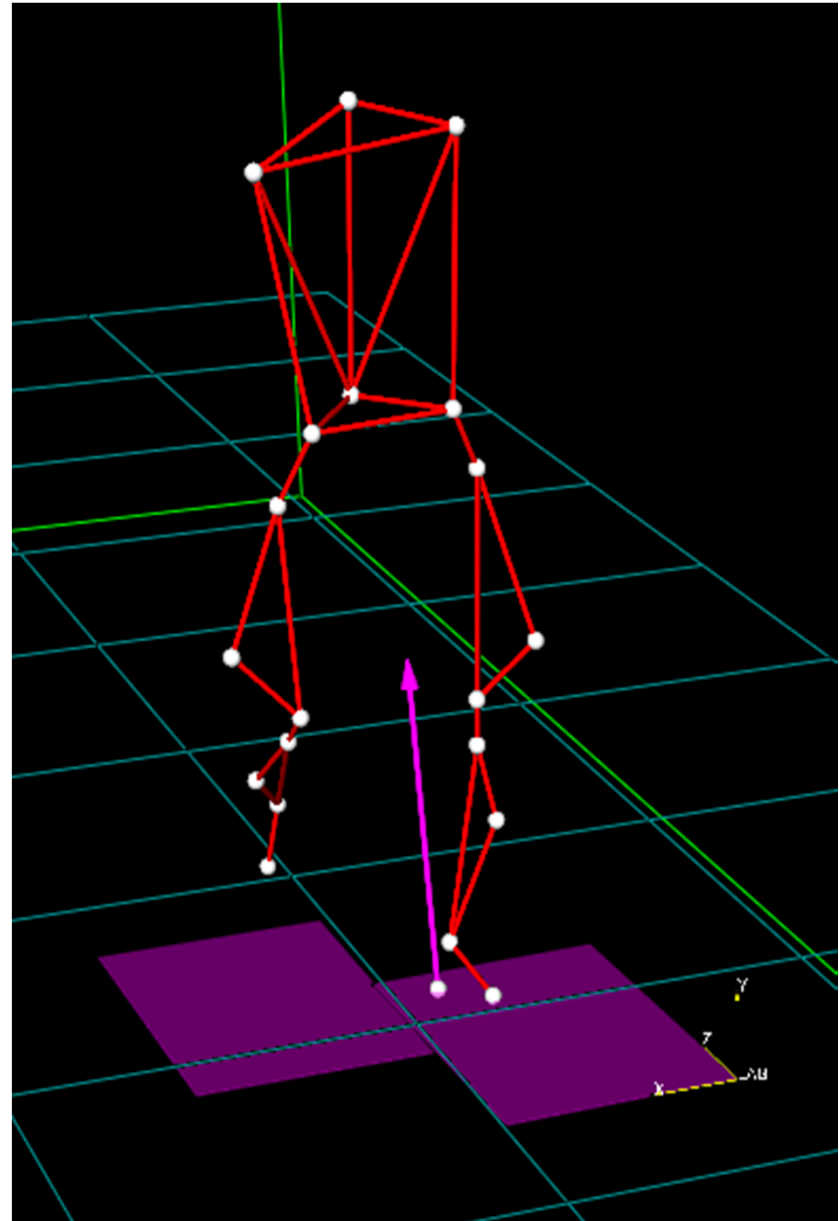
- **Valutazioni biomeccaniche**

- Parametri spazio-temporali del cammino (cadenza, velocità, lunghezza del passo, ecc.)

- **Valutazioni cliniche**

- UPDRS (part 3)
- Activities Specific Balance Confidence (ABC)
- Freezing of Gait Questionnaire (FOGQ)
- Parkinson's Disease Quality of life Questionnaire (PDQ-8)
- Functional Independence Measure (FIM)
- Short Physical Performance Battery (SPPB)

RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA



RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA



RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

Protocollo di riabilitazione

5 settimane di riabilitazione intensiva. Ogni settimana prevedeva:

- **2 giornate:** 45 minuti di esercizi personalizzati in ospedale, con l'assistenza di un fisioterapista; circa 50% della sessione consisteva nel cammino accompagnato dalla RAS
- **3 giornate:** esercizi a casa con 30 minuti di cammino utilizzando la RAS

RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

Protocollo di riabilitazione

Al termine delle 5 settimane di training intensivo, ai pazienti veniva chiesto di continuare gli esercizi a casa per i successivi 3 mesi (12 settimane)



RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

Cronoprogramma dello studio

Tempo (settimane)	Attività
T0	Valutazione pre-test
T0-T5	Training intensivo
T5	Valutazione post-test
T5-T17	Training a casa (non supervisionato)
T17	Follow-up

RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

Disegno sperimentale

Disegno sperimentale misto 3x2

Variabili indipendenti

- Tempo: T0; T5; T17
- Condizione: suono ecologico; suono artificiale

Variabili dipendenti

- Misurazioni biomeccaniche
- Misurazioni cliniche

RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

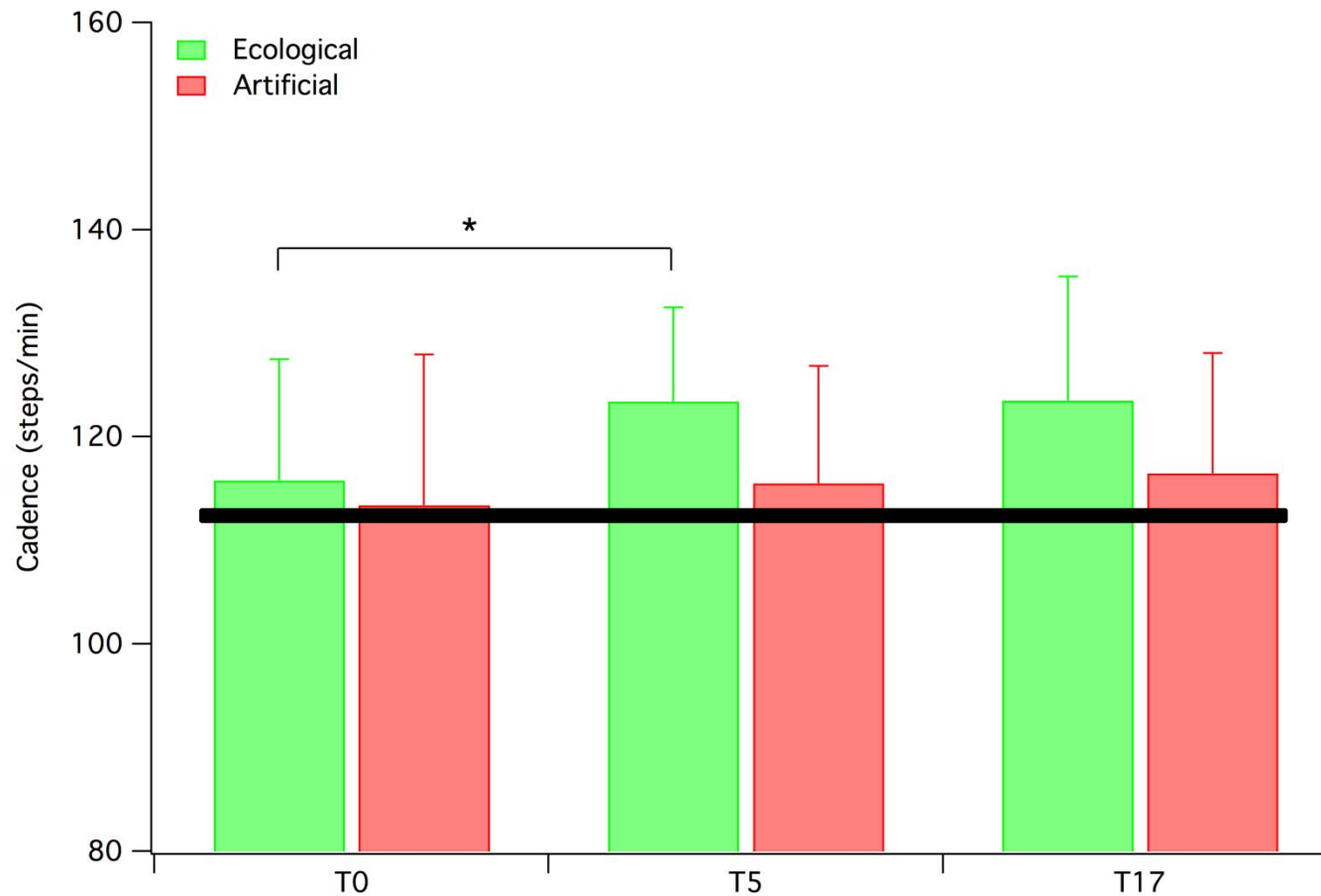
Risultati generali

Variabili biomeccaniche e cliniche

- Miglioramento generale tra pre- e post-test per quasi tutte le variabili misurate, a prescindere dal tipo di suono (nessuna interazione significativa)
- Gran parte dei miglioramenti venivano mantenuti anche al follow-up

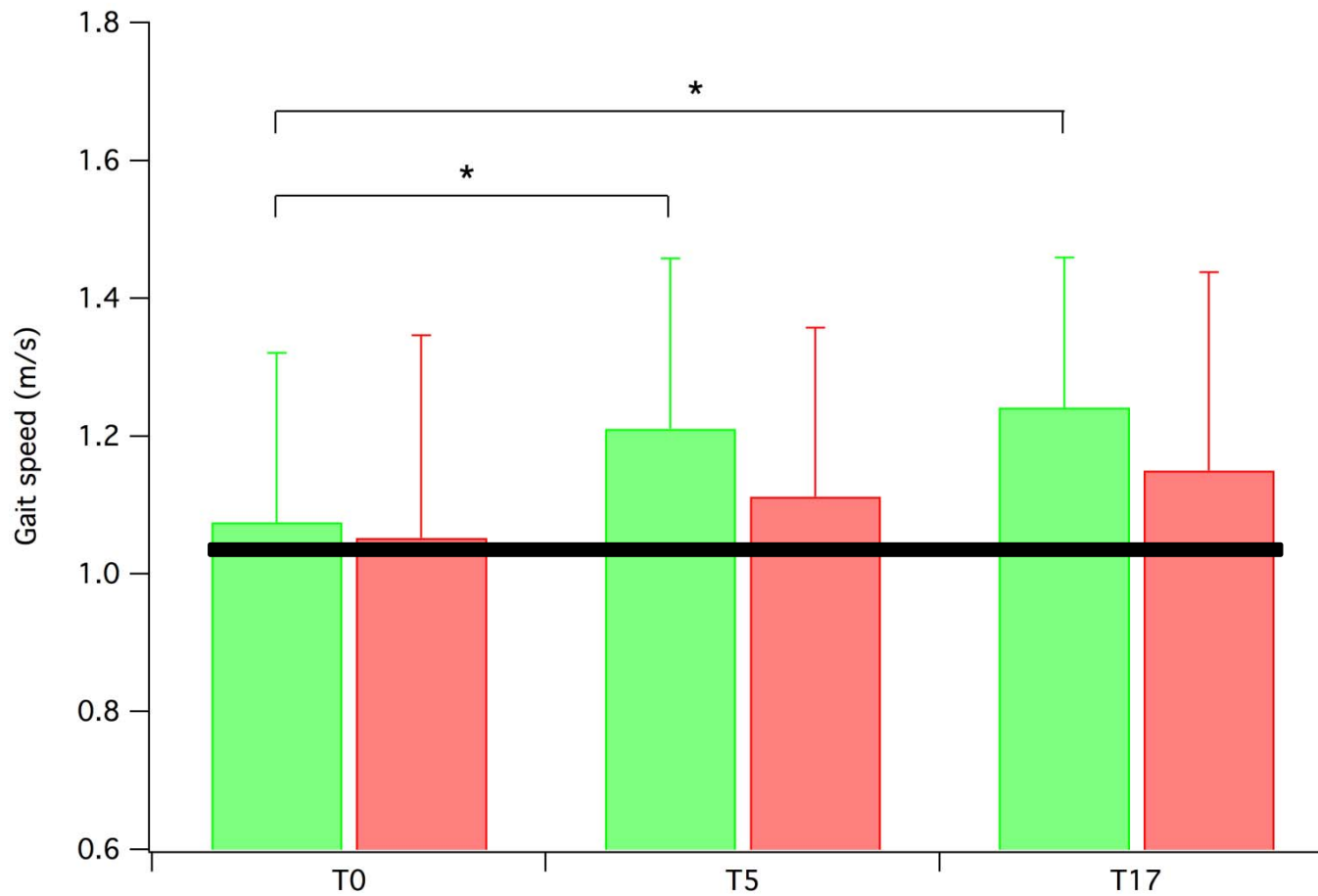
RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

Analisi esplorative per gruppi separati: cadenza



RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

Analisi esplorative per gruppi separati: velocità



RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

Discussione e conclusioni

- Nel complesso non ci sono prove sufficienti per affermare con ragionevole certezza che l'utilizzo dei suoni ecologici sia preferibile rispetto ai suoni tradizionali
- Tuttavia le analisi esplorative (eseguite separatamente per ciascun gruppo) suggeriscono che l'effetto principale significativo della variabile tempo nelle analisi generali per i parametri cadenza e velocità sarebbe attribuibile in larga parte ai pazienti del gruppo "suono ecologico"

RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

Discussione e conclusioni

- Separando i due gruppi, i pazienti del gruppo "suono ecologico" sono gli unici che fanno registrare miglioramenti statisticamente significativi per cadenza e velocità
- Si noti che cadenza e velocità sono due parametri direttamente associati al tipo di stimolo, quindi non possiamo totalmente escludere che questo tipo di stimolazione possa portare a dei giovamenti

RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

Discussione e conclusioni

- Future ricerche dovrebbero isolare il training del cammino con il suono ecologico da altri interventi riabilitativi, al fine di valutarne meglio l'efficacia
- Da un punto di vista applicativo si è provato che i suoni ecologici sono efficaci almeno quanto quelli artificiali: importante per la compliance dei pazienti (è possibile fargli scegliere il suono che preferiscono)

ARGOMENTI

1) STIMOLAZIONE RITMICO-ACUSTICA
(RAS) E RIABILITAZIONE MOTORIA

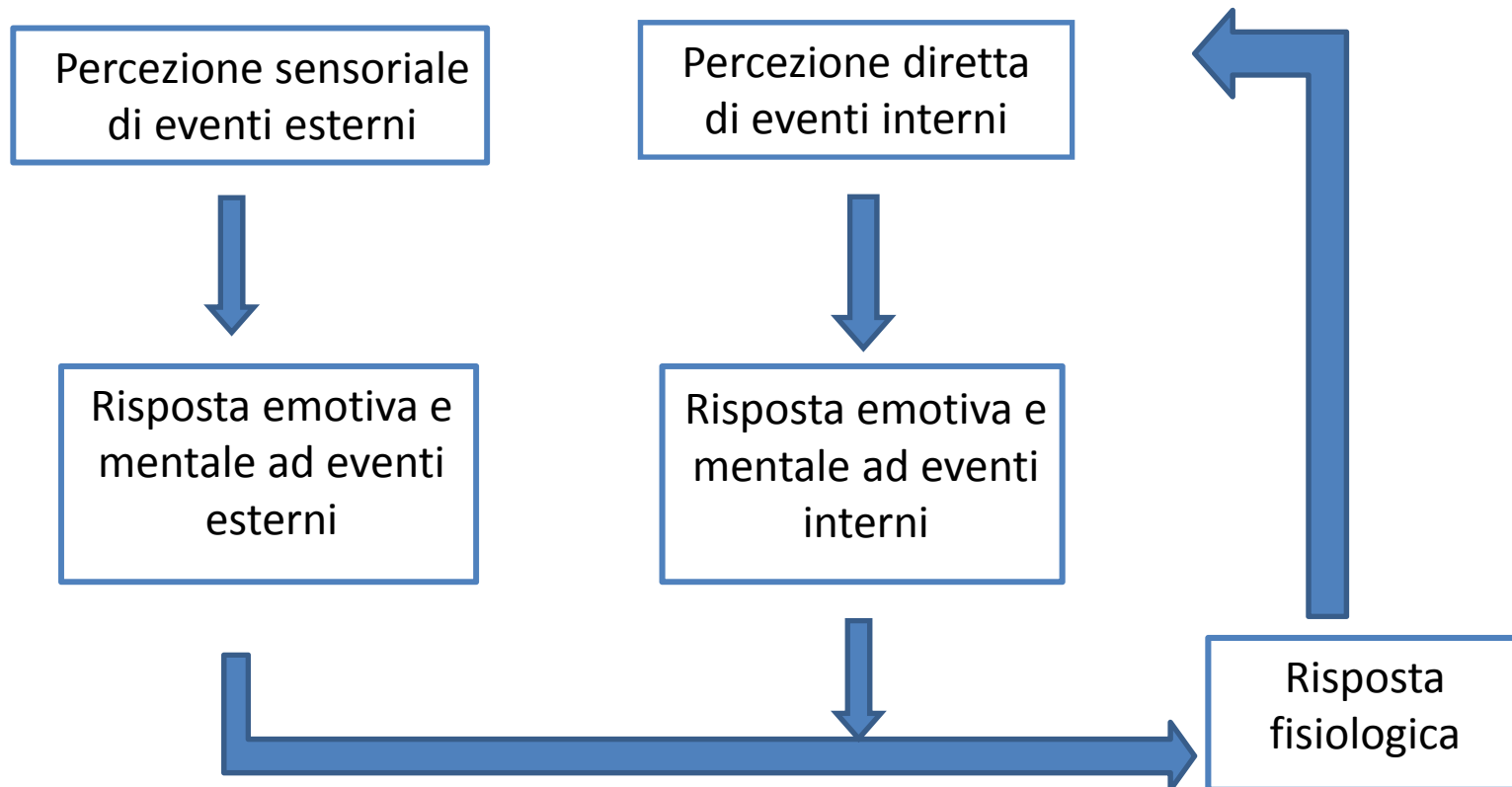
2) MODELING ACUSTICO E MODULAZIONE
DEL RESPIRO

MODELING ACUSTICO E RESPIRO

- Un'ulteriore applicazione dei suoni ritmici in ambito clinico riguarda la modulazione del respiro
- Esistono diverse tecniche che forniscono stimoli sensoriali atti a modulare il respiro:
 - Biofeedback
 - Modeling

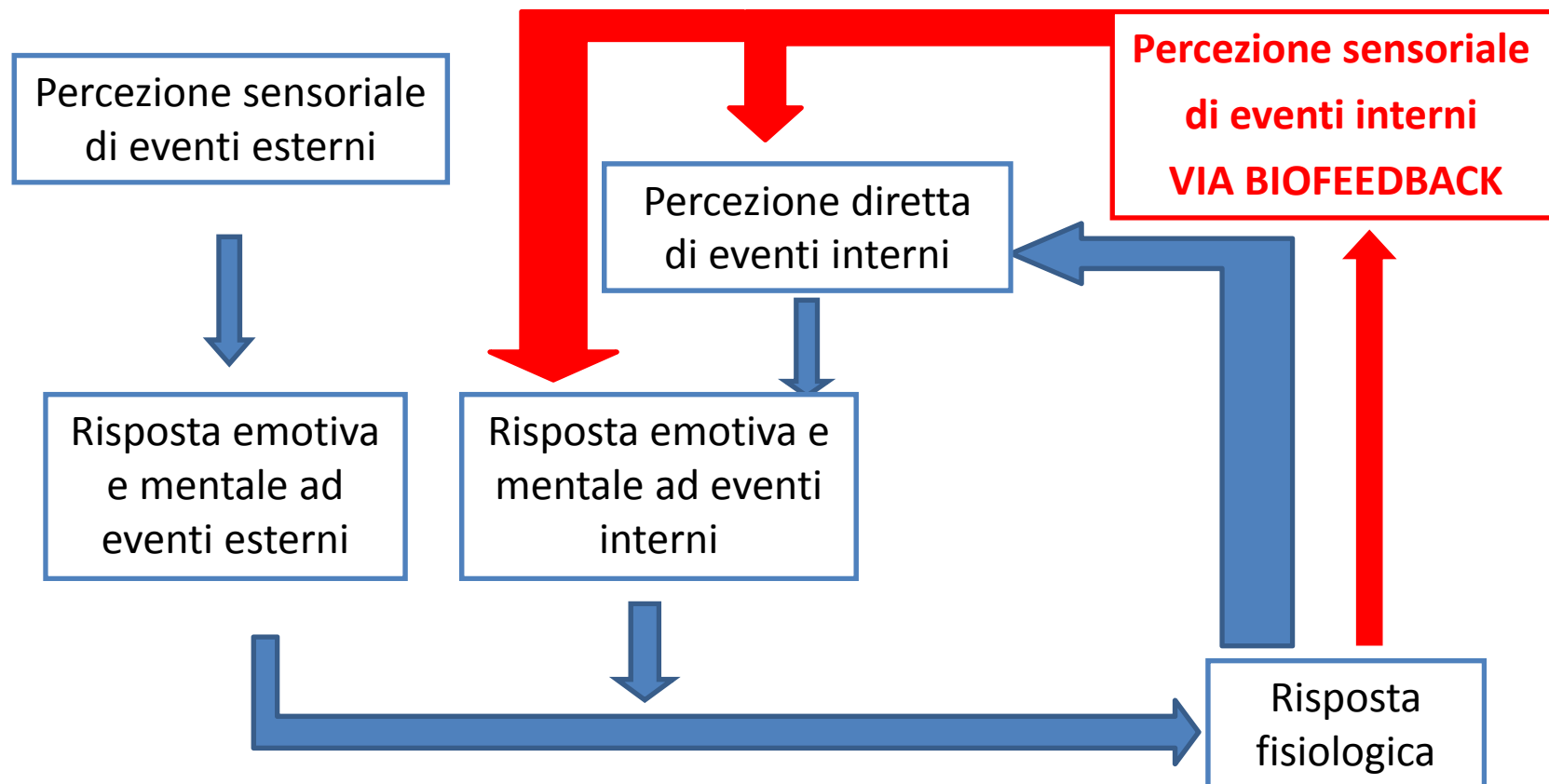
MODELING ACUSTICO E RESPIRO

Processi di autoregolazione (Basmajian, 1985)



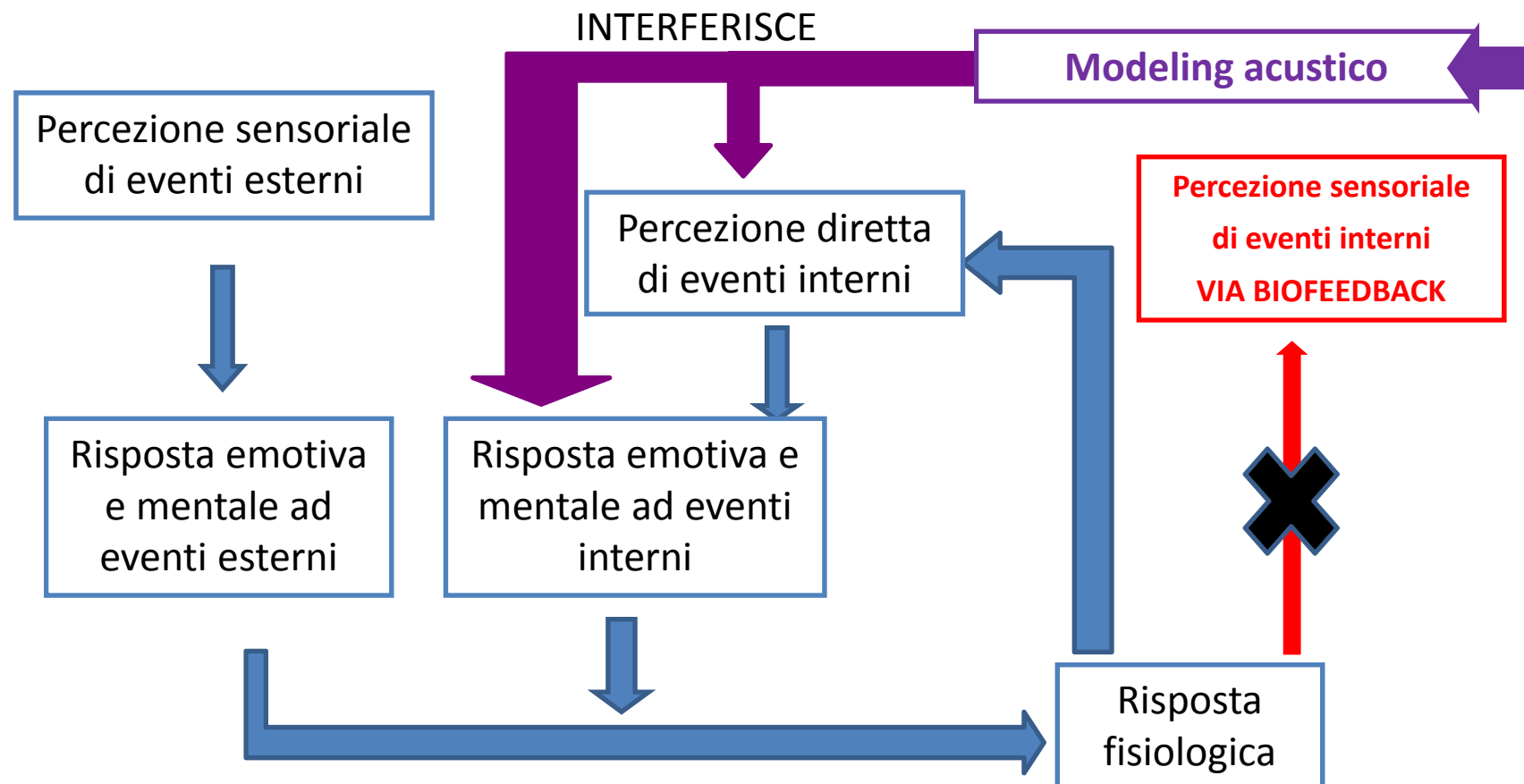
MODELING ACUSTICO E RESPIRO

Biofeedback (Basmajian, 1985)



MODELING ACUSTICO E RESPIRO

Modeling acustico (modificato da Basmajian, 1985)



MODELING ACUSTICO E RESPIRO

- Possiamo usare i suoni ecologici per modulare la durata del respiro?
- I suoni ecologici sono meglio di modelli acustici "sonificati"?

Psychological Research (2016) 80:76–81
DOI 10.1007/s00426-015-0647-z



ORIGINAL ARTICLE

Ecological sounds affect breath duration more than artificial sounds

**Mauro Murgia • Ilaria Santoro • Giorgia Tamburini •
Valter Prpic • Fabrizio Sors • Alessandra Galmonte •
Tiziano Agostini**

MODELING ACUSTICO E RESPIRO



Abbiamo creato un database di **suoni ecologici** manipolando temporalmente I suoni del respiro di un volontario



Analogamente abbiamo generato un database di modelli del respiro "sonificati" (**suoni artificiali**), aventi caratteristiche temporali identiche a quelle dei suoni ecologici



MODELING ACUSTICO E RESPIRO

Sono stati testati 20 partecipanti 3 differenti condizioni:
suoni ecologici, suoni artificiali e controllo.

Fase I

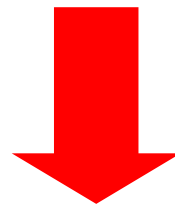
Ai partecipanti veniva chiesto di respirare normalmente

Fase II

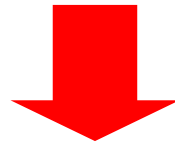
Ai partecipanti veniva chiesto di sincronizzarsi con l'inizio della propria inspirazione con quella dell'inizio dell'inspirazione del suono, per ogni respiro.

MODELING ACUSTICO E RESPIRO

La durata dei cicli di entrambi gli stimoli era **costante** durante l'esperimento



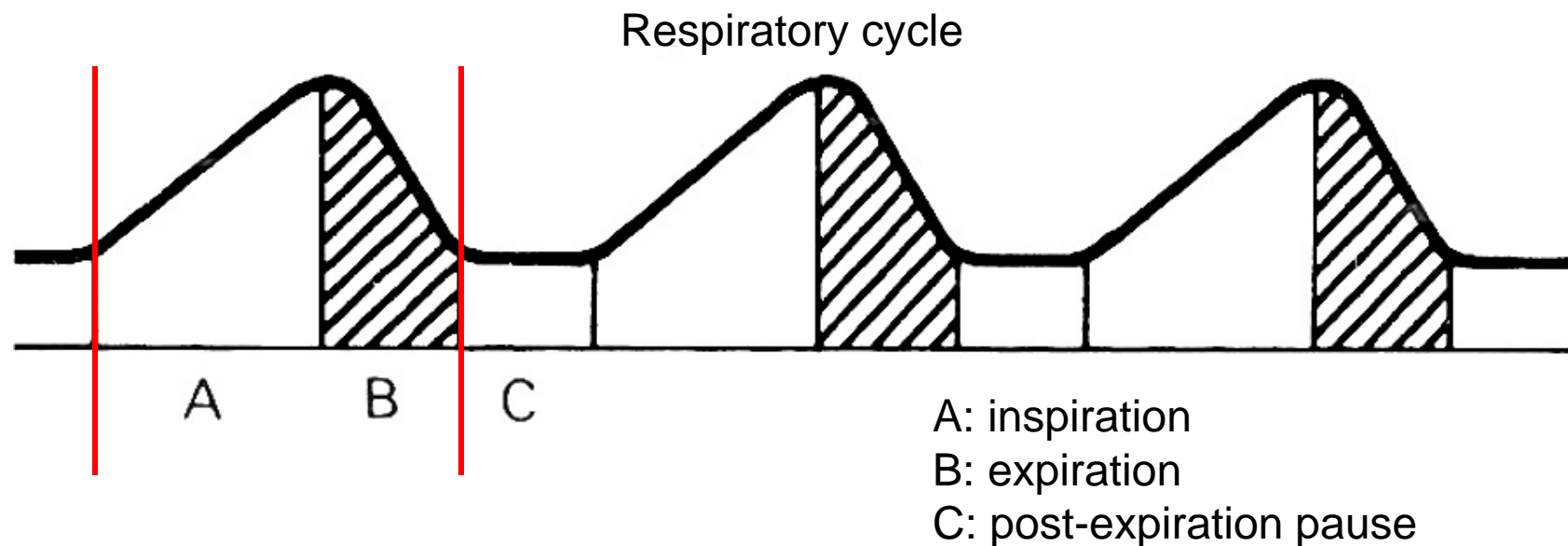
Se il suono influenzasse la respirazione dei partecipanti ci si aspetterebbe un **respiro più costante**



In altre parole ci si aspetterebbe una riduzione della
variabilità della durata del respiri

MODELING ACUSTICO E RESPIRO

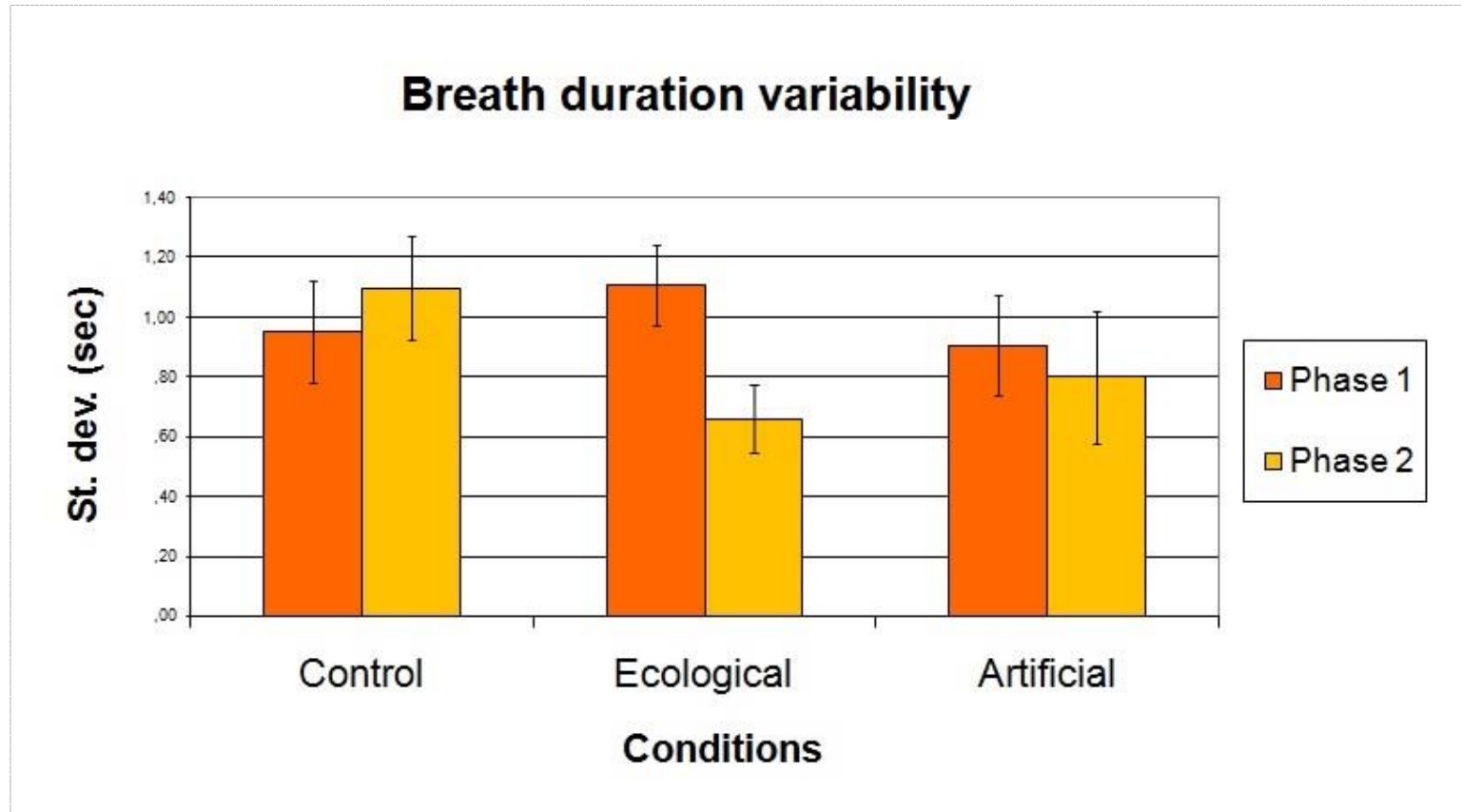
Abbiamo misurato la durata dei respiri (A + B)



Abbiamo calcolato la variabilità del respiro:

- Più bassa è la variabilità, più forte è l'effetto dello stimolo

MODELING ACUSTICO E RESPIRO



Interazione: $F(2, 38) = 5.235$; $p < 0.01$

Suoni ecologici, fase 1 vs. fase 2 = $t(19) = 3.047$; $p < 0.005$

MODELING ACUSTICO E RESPIRO

- La durata del respiro dei partecipanti era significativamente influenzata dal suono ecologico del respiro
- I suoni ecologici influenzano la durata del respiro più dei modelli del respiro sonificati
- Risultati in linea con la Teoria della Codifica degli Eventi

MODELING ACUSTICO E RESPIRO

Modeling acustico vs. respiro auto-ritmato

3 fasi: Abituazione, baseline, condizione (una delle 3)

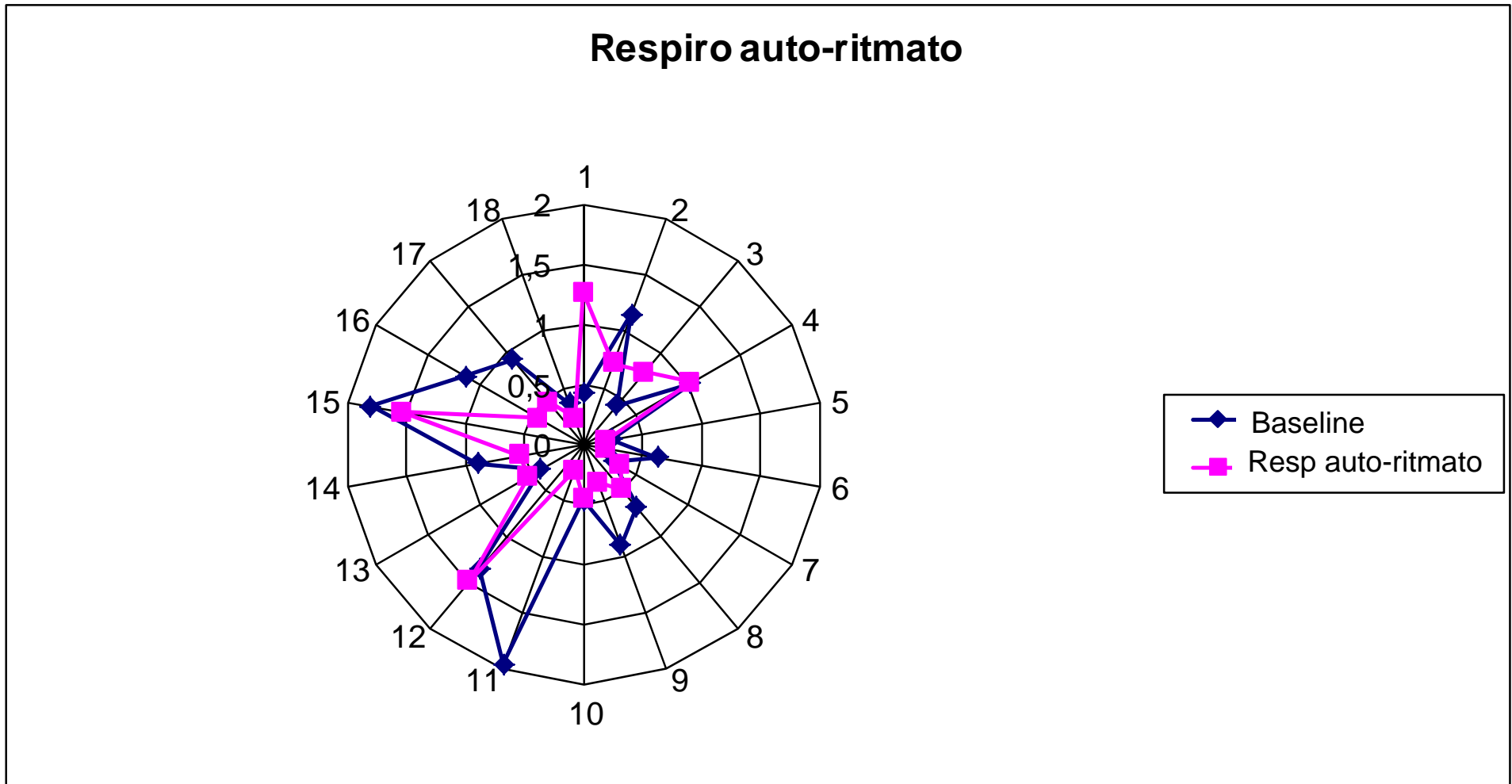


Condizione modeling acustico: I soggetti ascoltavano una traccia del database pre-registrata, tarata sull'individuo

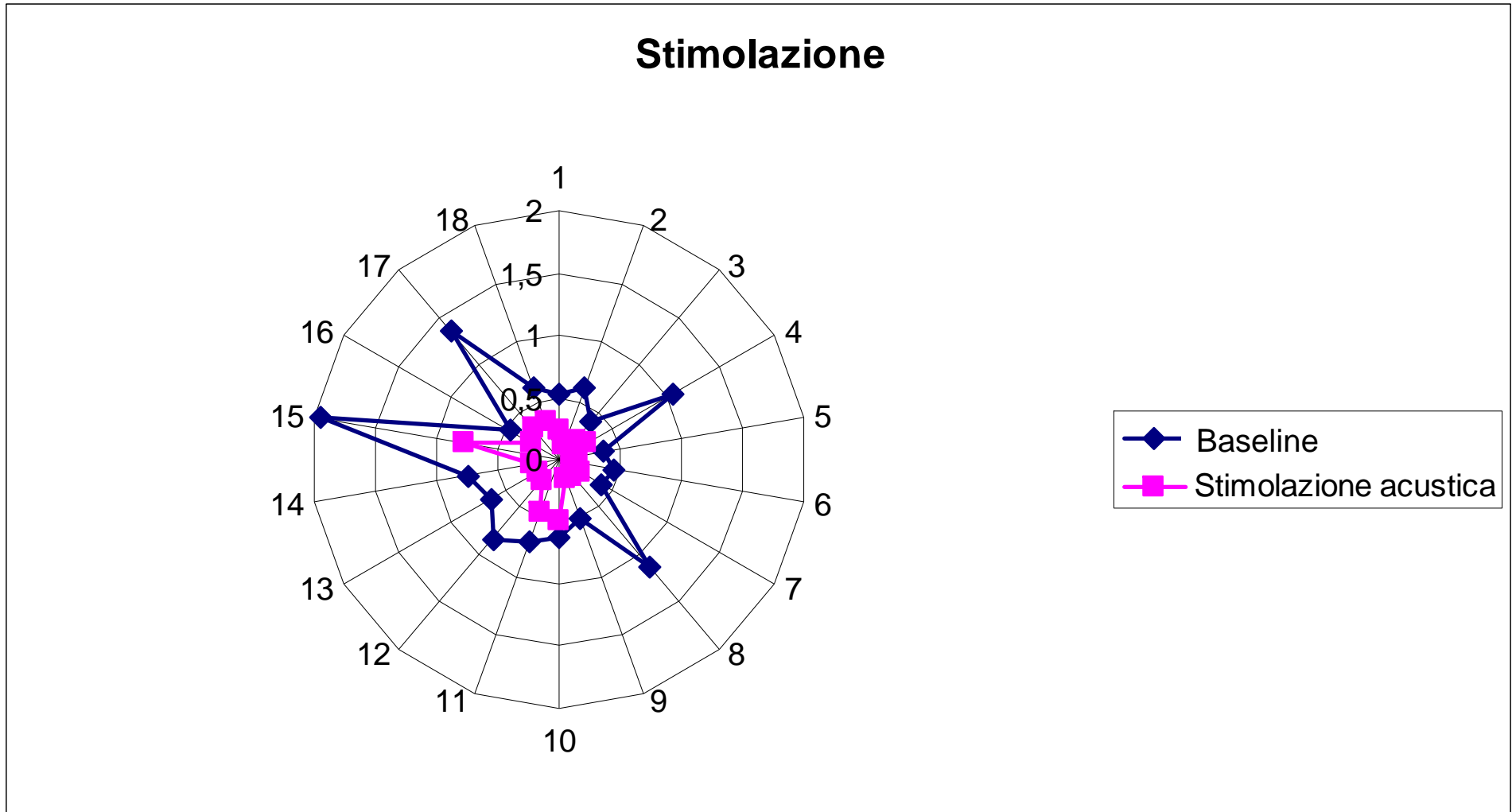
Condizione respiro auto-ritmato: Ai soggetti veniva chiesto di provare a tenere un ritmo respiratorio costante

Condizione di controllo: Non prevedeva alcuno stimolo, i soggetti stavano semplicemente a riposo.

MODELING ACUSTICO E RESPIRO



MODELING ACUSTICO E RESPIRO



T test per campioni appaiati $\rightarrow t_{(17)} = 33,804; p < .0001$

MODELING ACUSTICO E RESPIRO

Future applicazioni: attacchi di panico

- Studio in fase di progettazione in collaborazione con ospedale Burlo-Garofolo
- Modeling acustico vs. trattamenti tradizionali per gestione fase acuta dell'attacco di panico al pronto soccorso

ULTERIORI APPLICAZIONI

PROGETTO IN FASE DI SVILUPPO

Supporti acustici per la deglutizione in pazienti affetti da disfagia

- Pazienti affetti da ictus
- Disfagia post-estubazione