



# Percezione applicata e progettazione

Anno Accademico 2018-19

Mauro Murgia

*Università degli Studi di Trieste*



[mmurgia@units.it](mailto:mmurgia@units.it)

# 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

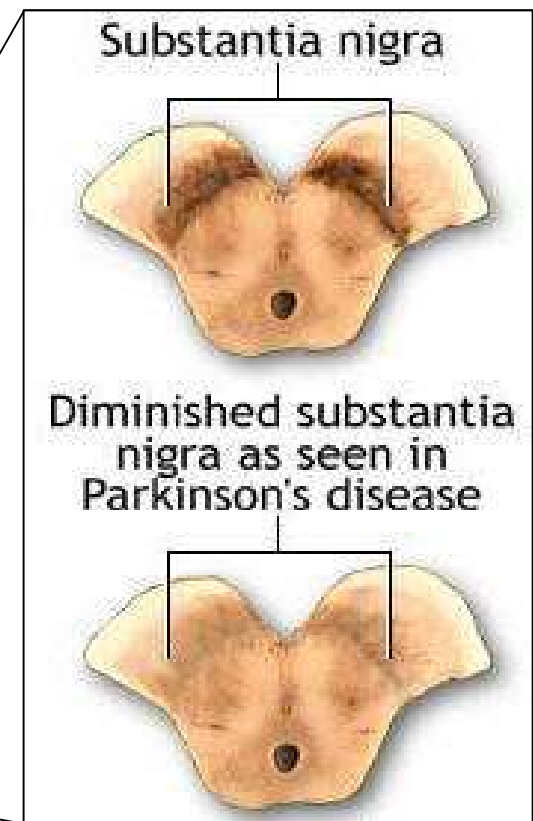
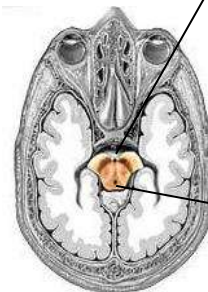
Gran numero di studi sulla **Malattia di Parkinson**

- In un recenti review sono citati oltre 30 studi sperimentali su RAS e Parkinson (Murgia et al., 2015; Schaffert et al., 2019)
- Per quale motivo la RAS è particolarmente studiata in questo tipi 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

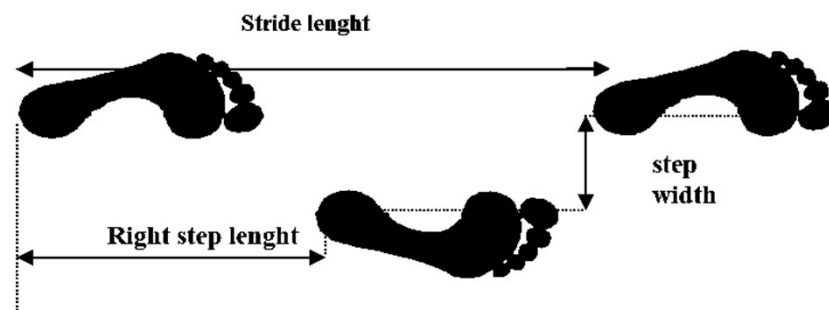
## Ulteriori evidenze

- 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

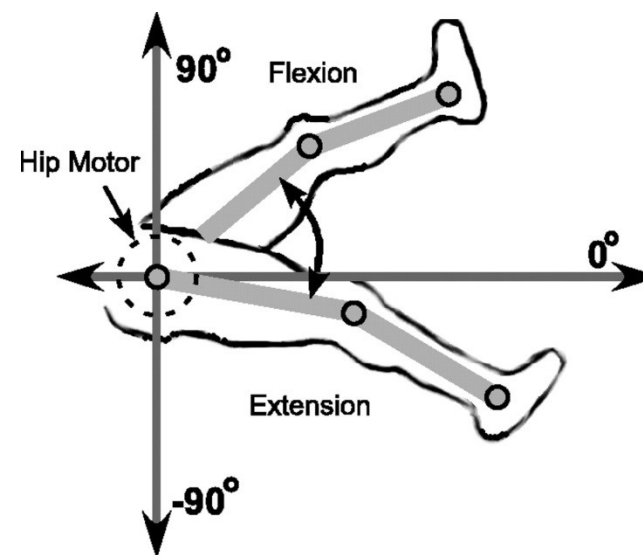
- Miglioramenti su diverse scale cliniche, ad esempio su Unified Parkinson's Disease Rating Scale e Freezing of Gait Questionnaire (Murgia et al., 2015)
- Effetti positivi su parametri spazio-temporali del cammino replicati in diversi studi (Lim et al., 2005)



# 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., 2018)

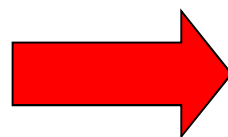
## The Use of Footstep Sounds as Rhythmic Auditory Stimulation for Gait Rehabilitation in Parkinson's Disease: A Randomized Controlled Trial

*Mauro Murgia<sup>1,2\*</sup>, Roberta Pili<sup>3</sup>, Federica Corona<sup>4</sup>, Fabrizio Sors<sup>1</sup>, Tiziano A. Agostini<sup>1</sup>, Paolo Bernardis<sup>1</sup>, Carlo Casula<sup>3</sup>, Giovanni Cossu<sup>3</sup>, Marco Guicciardi<sup>2</sup> and Massimiliano Pau<sup>4</sup>*

# RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

## Un recente trial clinico (Murgia et al., 2018)

- 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.**

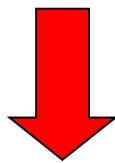


# RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

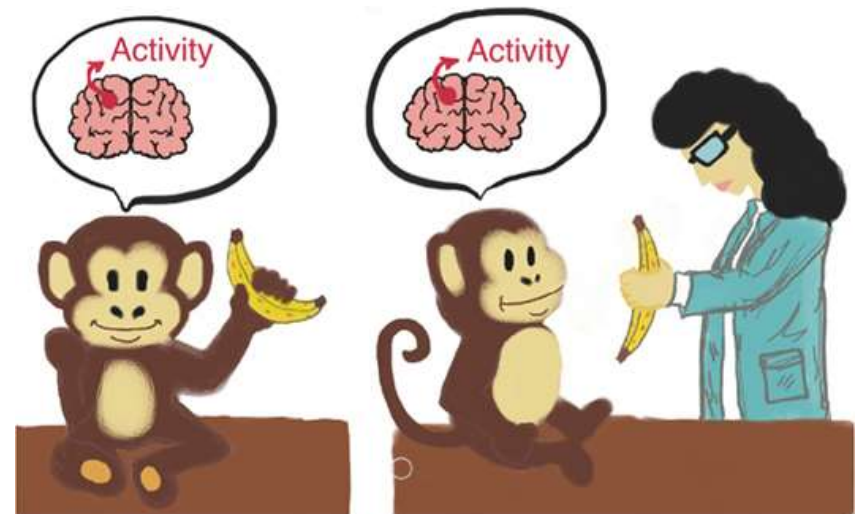
## Un recente trial clinico (Murgia et al., 2018)

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

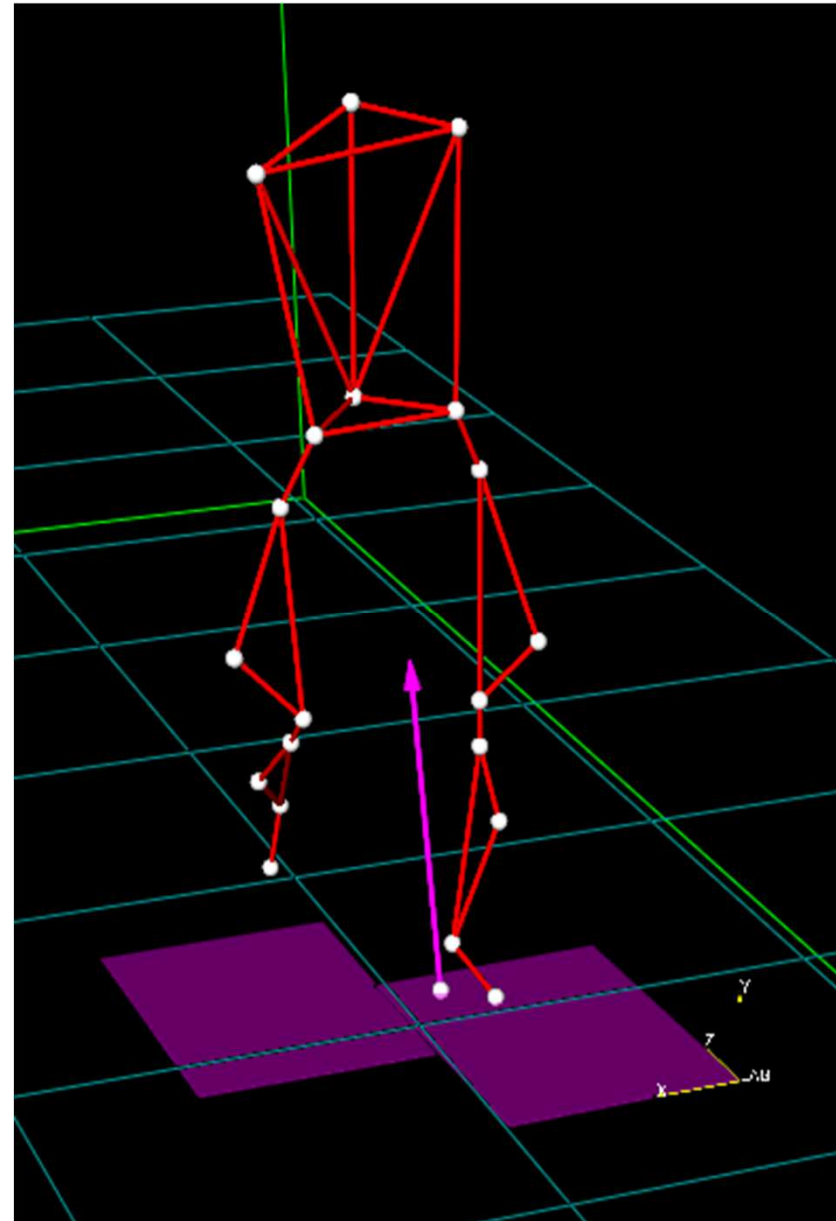
- **Valutazioni biomeccaniche**

- 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

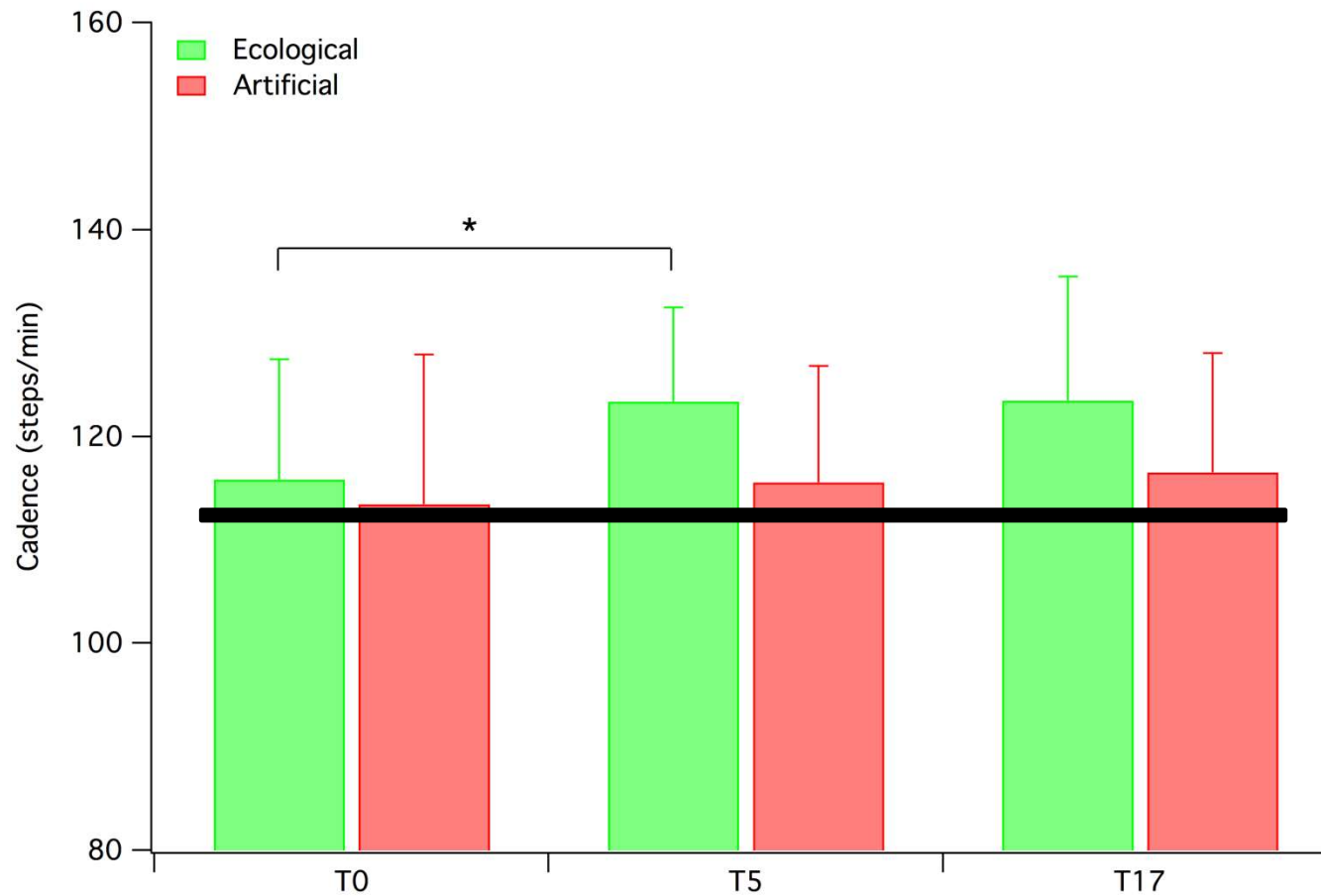
## Risultati generali

### 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

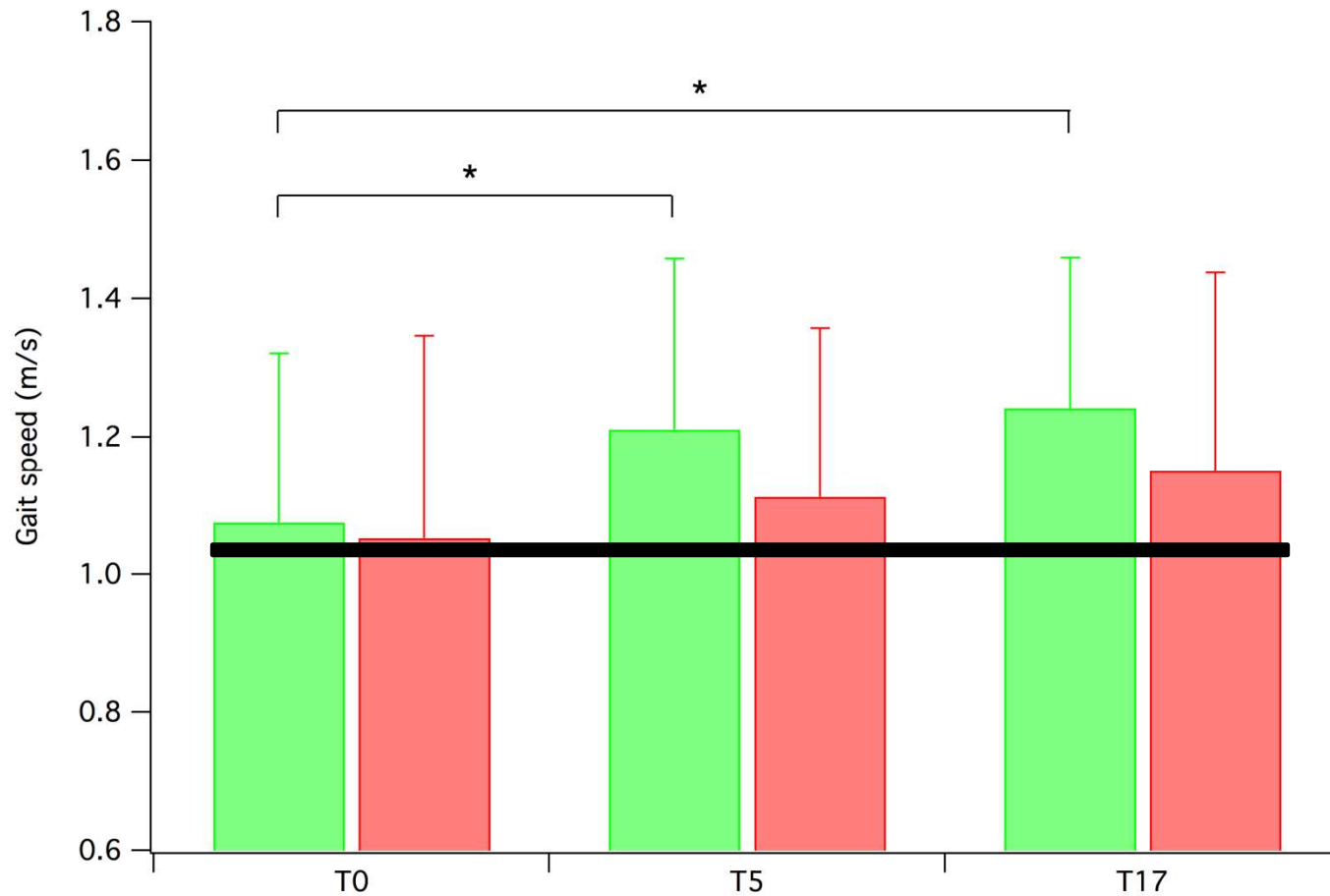
# RAS E RIABILITAZIONE MOTORIA

## 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 maggiori 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

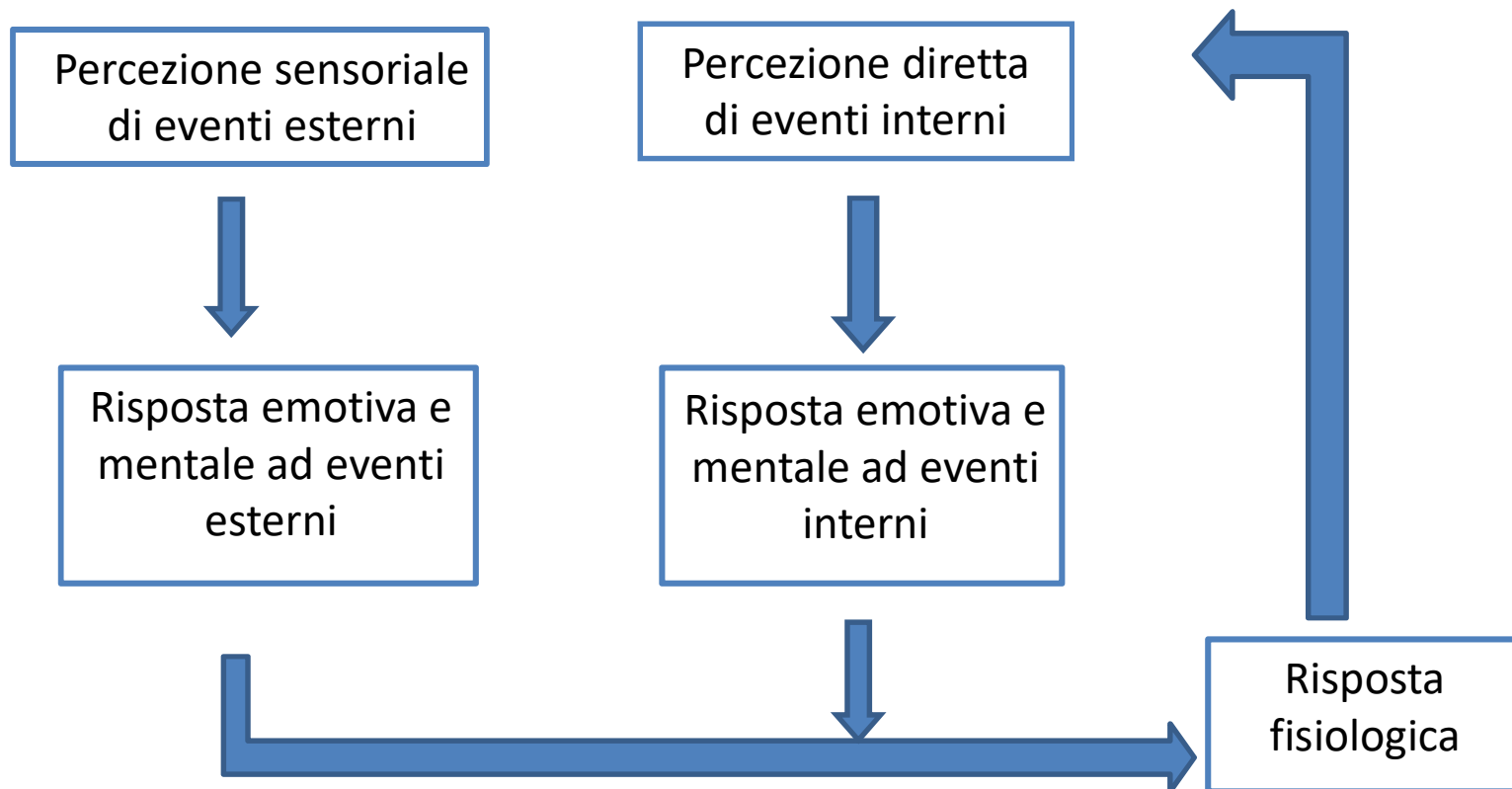
2) MODELING ACUSTICO E MODULAZIONE  
DEL RESPIRO

# 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

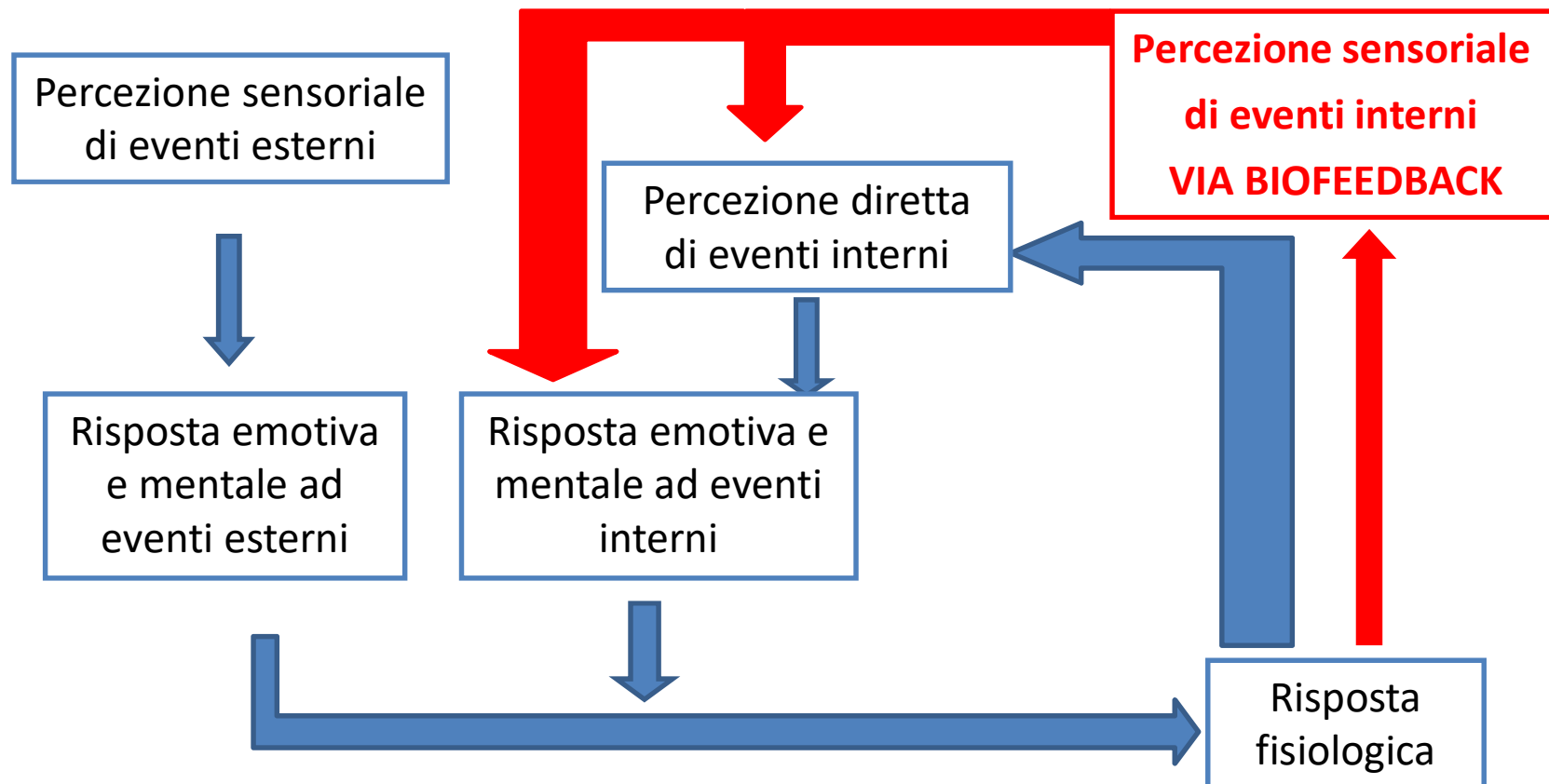
# MODELING ACUSTICO E RESPIRO

## Processi di autoregolazione (Basmajian, 1985)



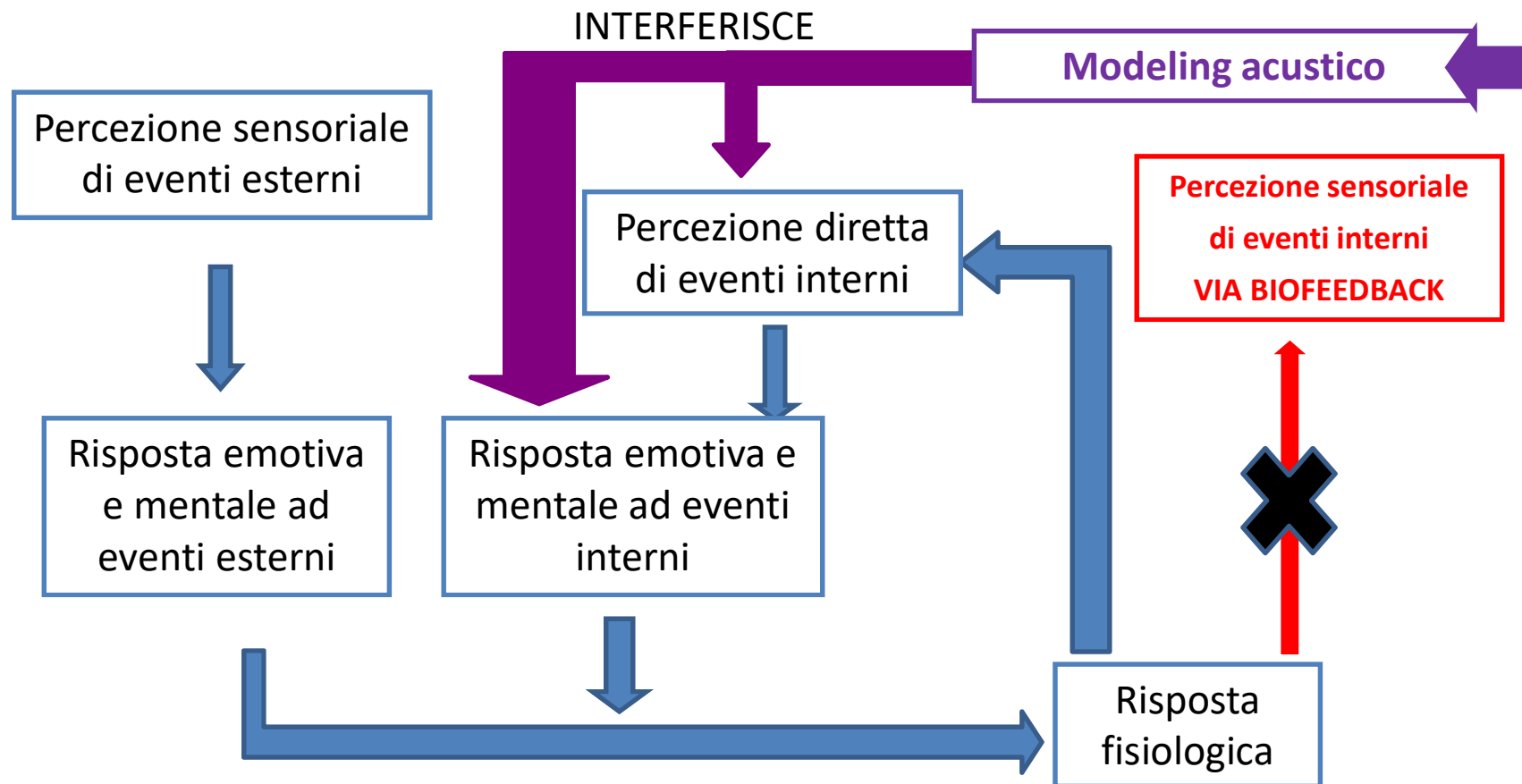
# MODELING ACUSTICO E RESPIRO

## 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

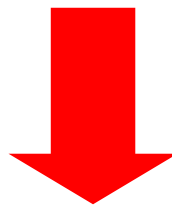
Ai partecipanti veniva chiesto di respirare normalmente

## 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



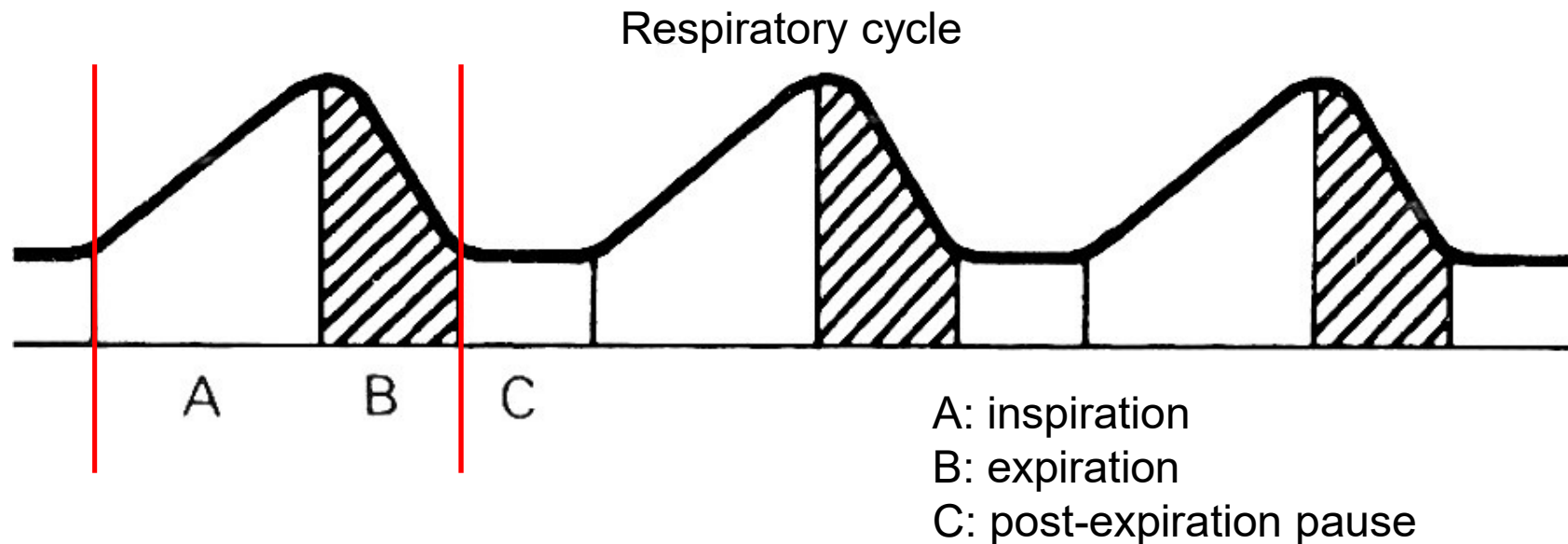
Se il suono influenzasse la respirazione dei partecipanti ci si aspetterebbe un **respiro più costante**



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

# MODELING ACUSTICO E RESPIRO

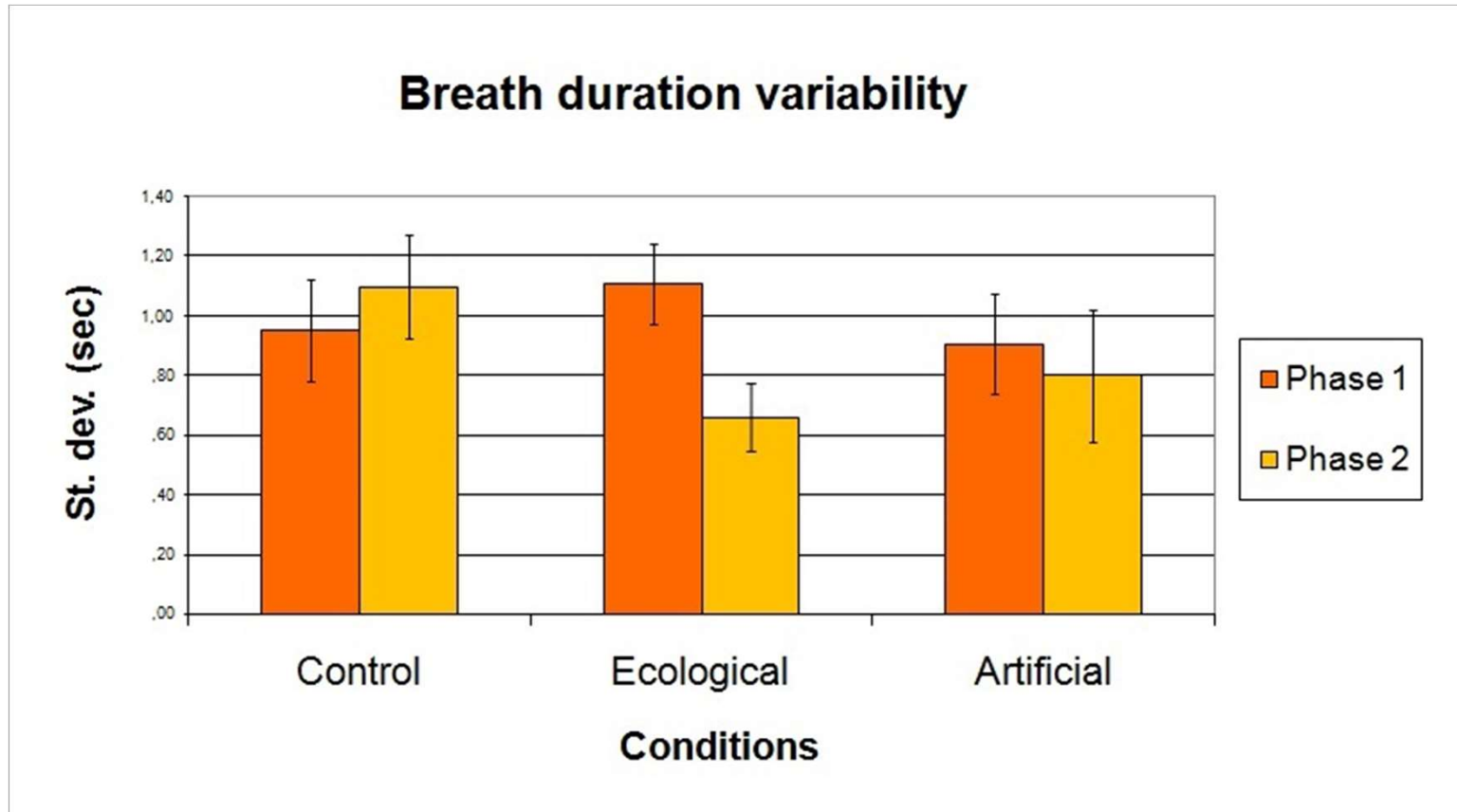
Abbiamo misurato la durata dei respiri (A + B)



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)

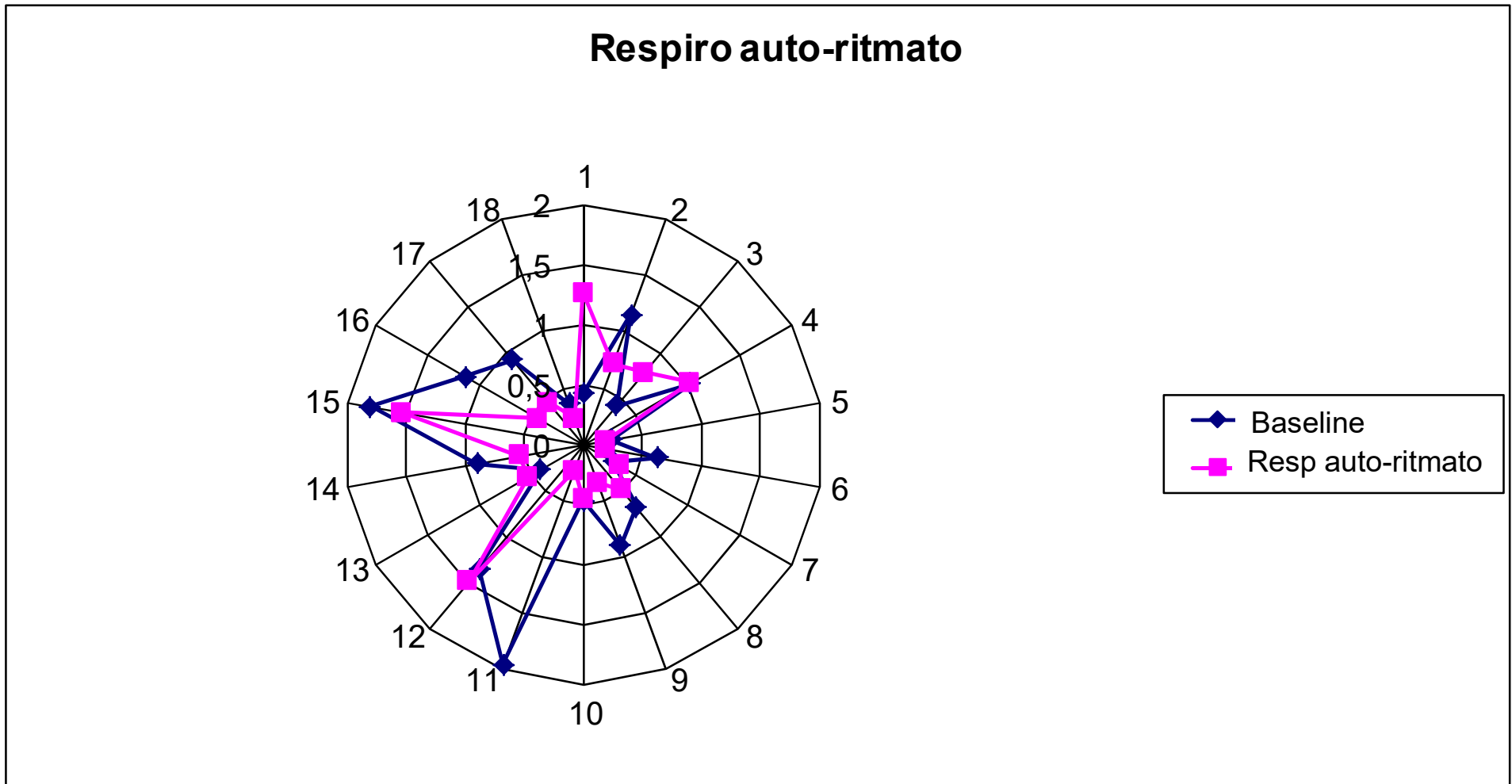


**Condizione modeling acustico:** I soggetti ascoltavano una traccia del database pre-registrata, tarata sull'individuo

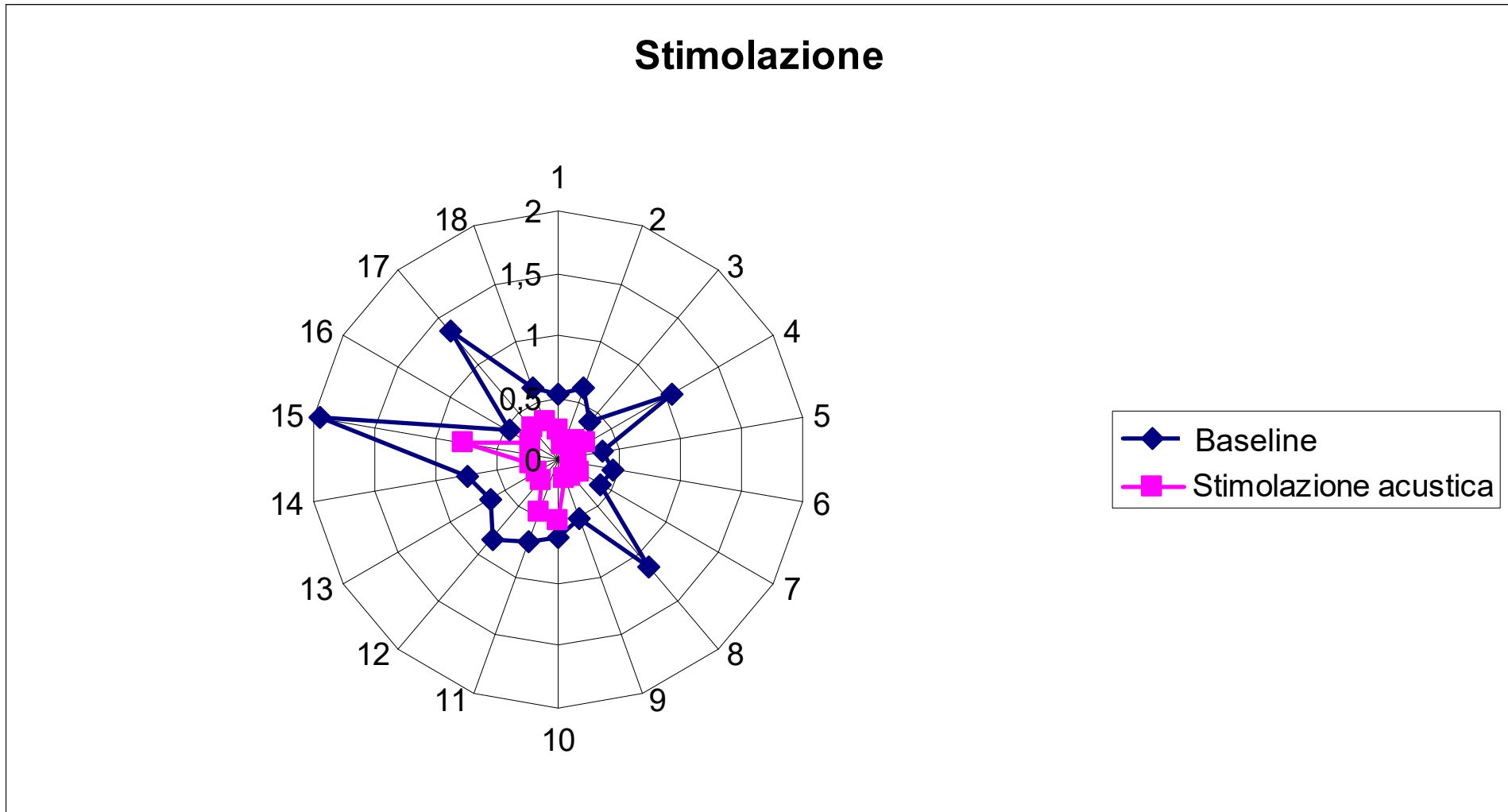
**Condizione respiro auto-ritmato:** Ai soggetti veniva chiesto di provare a tenere un ritmo respiratorio costante

**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