Evaluación de la inteligibilidad del habla con implante coclear bilateral y en pacientes bimodales

Consecuencias para la indicación sobre la implantación coclear

Waldo Nogueira[1], Tom Gajecki[1],
Volker Hohmann[2], Giso Grimm[2], Andreas Büchner[1]

1. Hannover Medical School, Department of Otolaryngology, Germany
2. University of Oldenburg, Department of Medical Physics, Germany

Mexico

September 2019

Objetivos

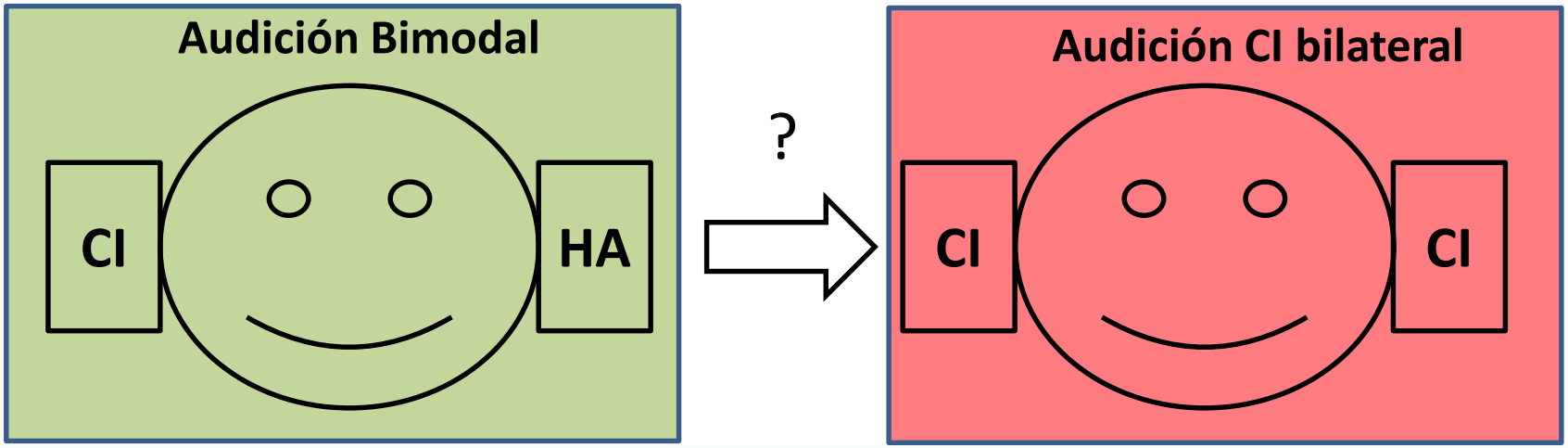
- Parte 1: Evaluación de la percepción del habla en ambientes binaurales con
  - Implante bilateral (BiCI)
  - Implantación bimodal (BiMO): audifono contralateral al implante

- Parte 2: Desarrollo de una estrategia de codificación binaural para BiCIs

Introducción

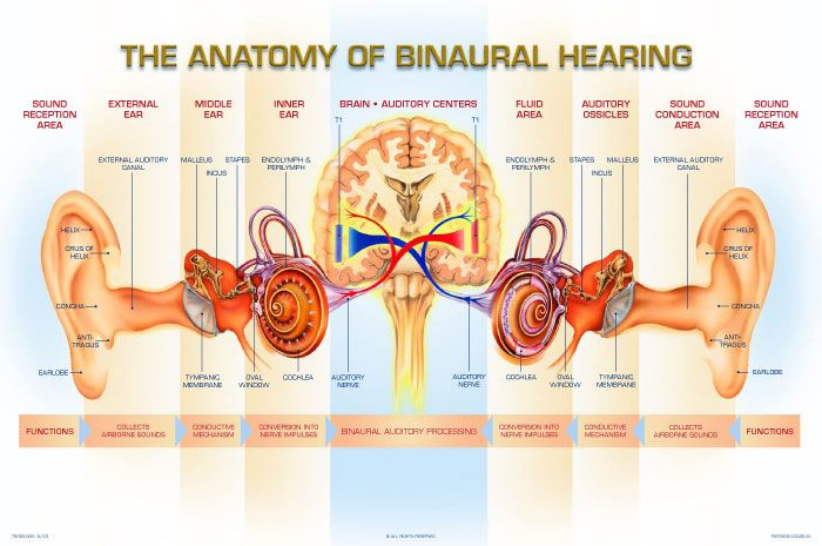
- Criterio implantación es monaural: 65 dB HL@500 Hz y menos 60% monsílabos
- La audición binaural es esencial para entender el habla en ambientes ruidosos
- La implantación bilateral tiene el potencial de rehabilitar la audición binaural
- Sin embargo, incluso con buena audición residual en el oído contrario al implante coclear, la audición binaural está limitada

  → Es necesario investigar los beneficios binaurales con implantación bilateral



Introducción

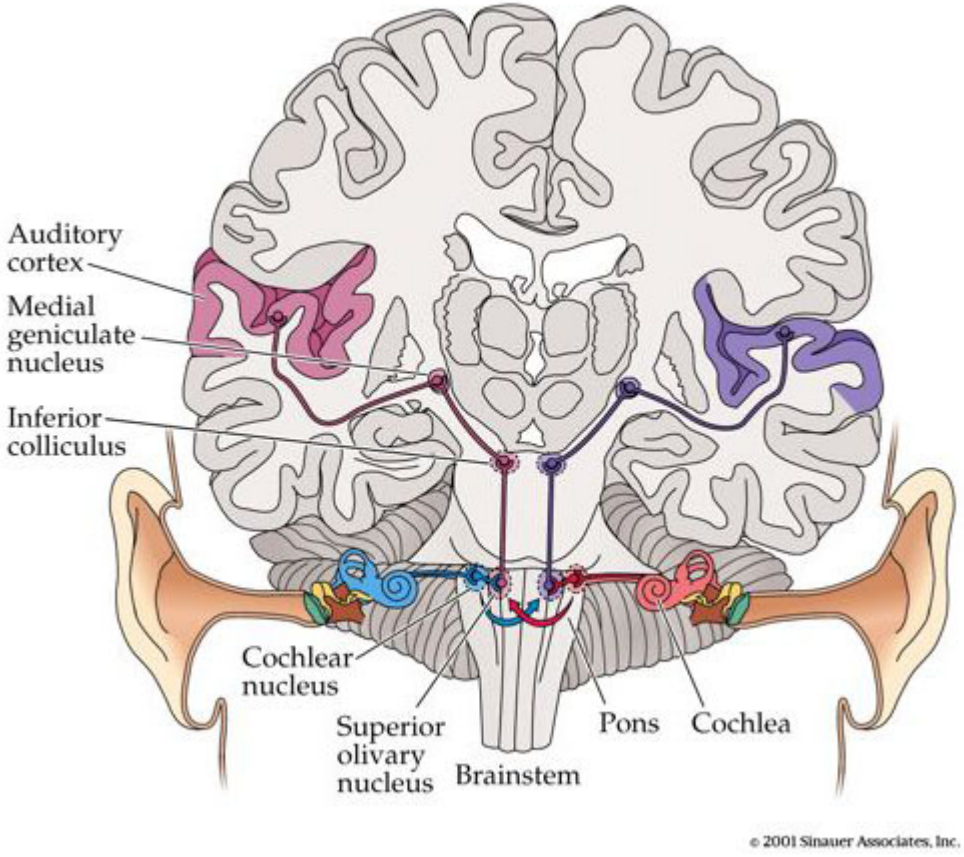
- Audición Binaural vs Audición Bilateral
  - Audición binaural se refiere a que el cerebro procesa la información en los dos oídos de una forma “central”

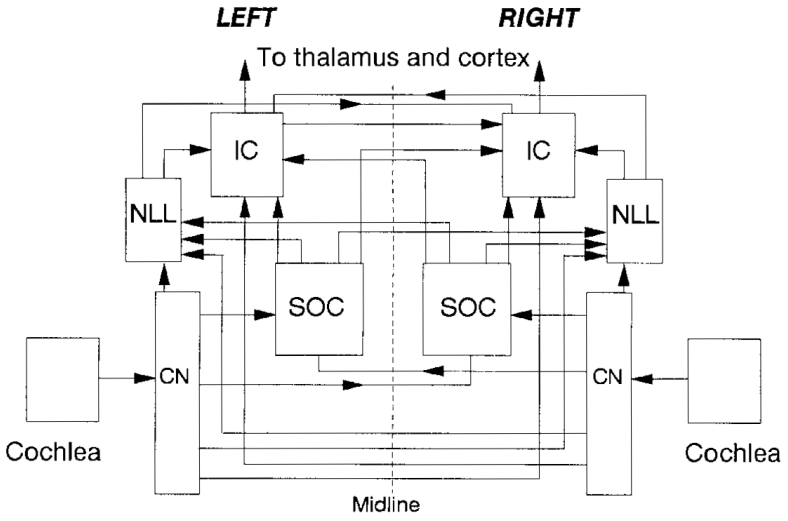


  - Adaptación de implantes o audífonos bilateral, también llamada adaptación binaural, consiste simplemente en adaptar dos audífonos o implantes, uno en cada oído.

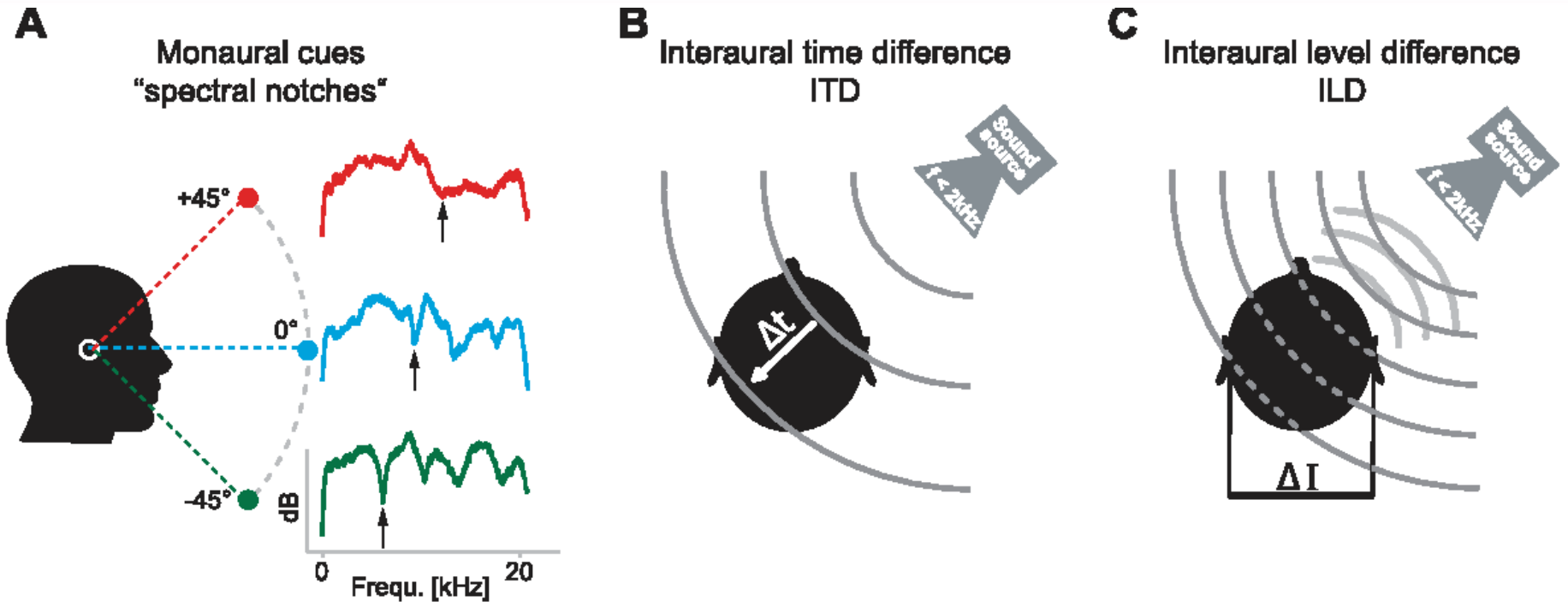
Introducción

- Fisiología del sistema auditivo binaural





Introducción
Características básicas binaurales



- Estas características básicas binaurales se relacionan con escucha en ruido: Sumacion Binaural, Spatial Release from Masking, Squelch
- Estan muy limitados en BiCIs y en BiMOs

Introducción
Cómo medir efectos binaurales?

- La configuración del laboratorio es muy importante en la evaluación de la audición binaural
- Diferentes estudios han mostrado grandes diferencias en el rendimiento de los implantes bilaterales cuando éstos son medidos en condiciones de laboratorio o en condiciones acústicas reales (e.g. Smeds et al., 2006)
  - No beneficio de BiCIs en condiciones de laboratorio
    - → Sumación binaural, squelch y spatial release from masking
  - Pero, satisfacción subjetiva con el uso de BiCIs en ambientes acústicos reales

Objetivos

- El objetivo de éste estudio es:
  - Evaluar los beneficios de la estimulación bimodal en condiciones de laboratorio y en condiciones acústicas reales
  - Evaluar los beneficios de la implantación bilateral en condiciones de laboratorio y en condiciones acústicas reales
  - Comparar el rendimiento en la inteligibilidad del habla entre BiCIs y BiMOs

Métodos

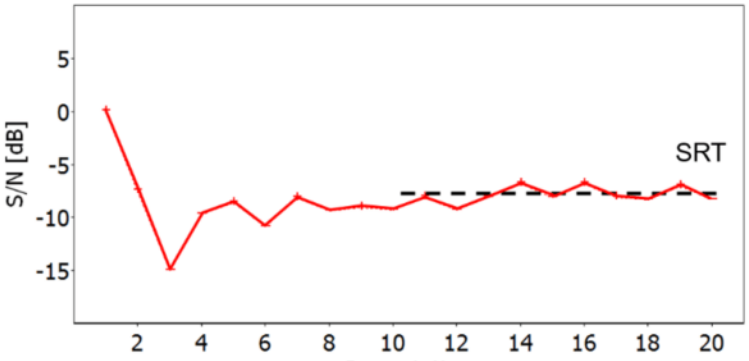
- Sujetos
  - 10 Normo-oyentes (NH) (Grupo de Control)
  - 12 BiCIs (Postlinguales/Rendimiento Simétrico/Experiencia >1 año)
  - 11 BiMOs (Experiencia con IC > 1 año)
- Materiales y Métodos
  - OLSA: Test matricial de frases cerrado en ruido
    - Umbral de recepción del habla (SRT = SNR@50% inteligibilidad)
    - Ruido: Campo acústico capturado en una cafetería
  - SRT con diferentes configuraciones de altavoces
    - Condiciones de laboratorio clásicas
      - Binaural Summation, Squelch, Spatial Release from Masking
    - Acústica virtual sintetizada a través de TASCAR [1]

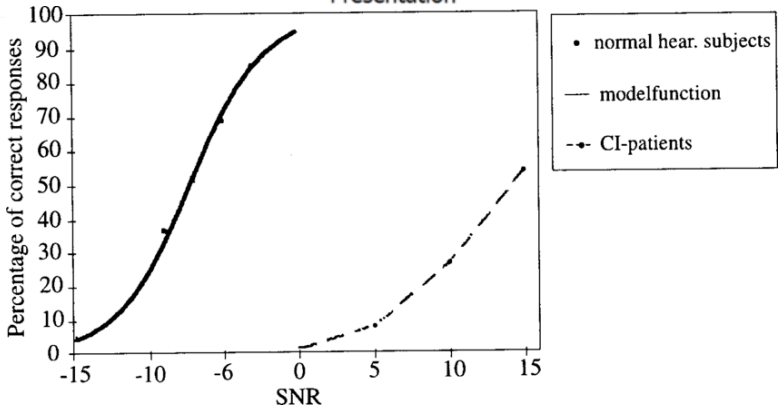
[1] Toolbox for acoustic scene creation and rendering, Grimm et al 2015

Tests de habla

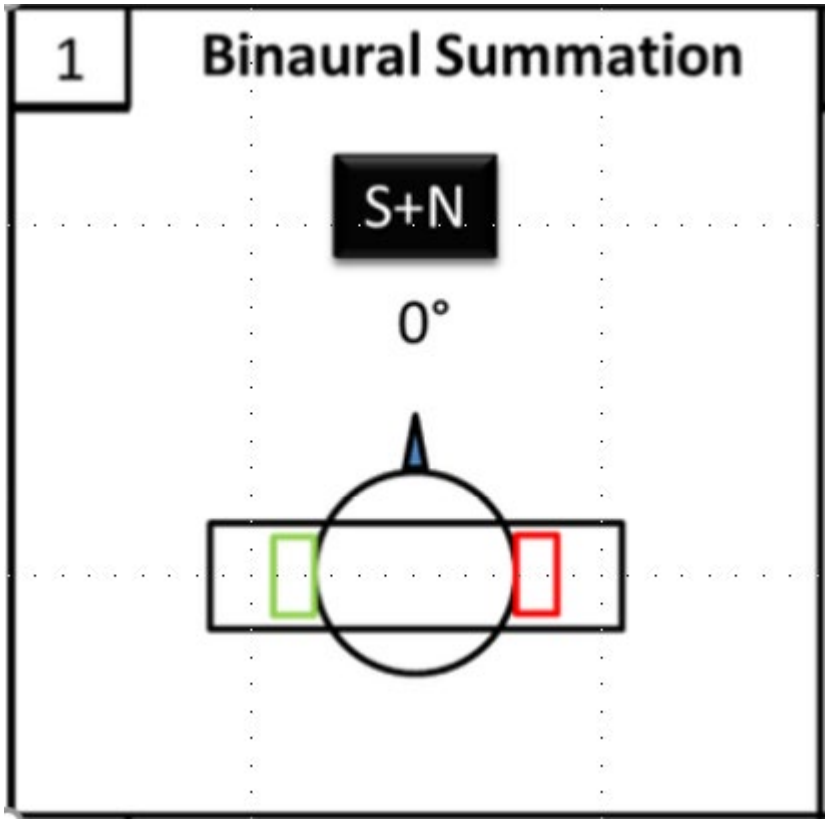
- OLSA: Test matricial adaptativo
- Umbral de recepción del habla (SRT)

Name	Verb	Numeral	Noun	Adjective
Claudia	tiene	dos	libros	grandes
Carmen	hace	tres	barcos	viejos
Elena	toma	doce	platos	nuevos
Teresa	busca	***siete***	regalos	pequeños
Josefa	quiere	seis	guantes	enormes
José	compra	diez	zapatos	azules
Antonio	***pinta***	cuatro	***juegos***	bellos
Carlos	mira	veinte	dados	lindos
Pedro	pierde	ocho	sillones	***baratos***
Manuel	vende	mil	anillos	negros



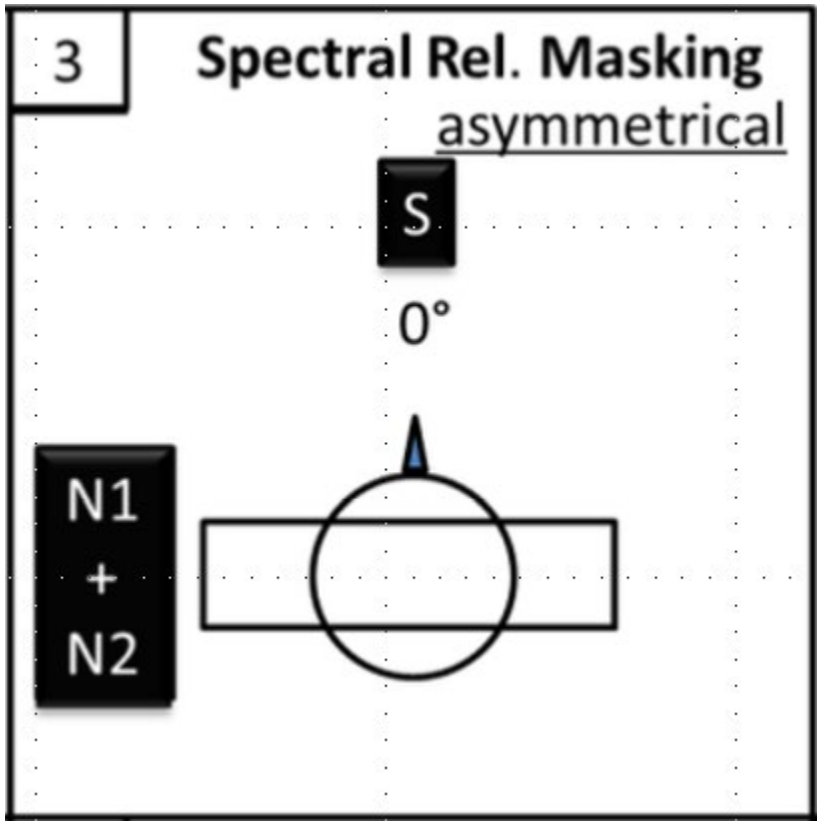


Evaluación de la performance binaural en laboratorio
Sumación Binaural



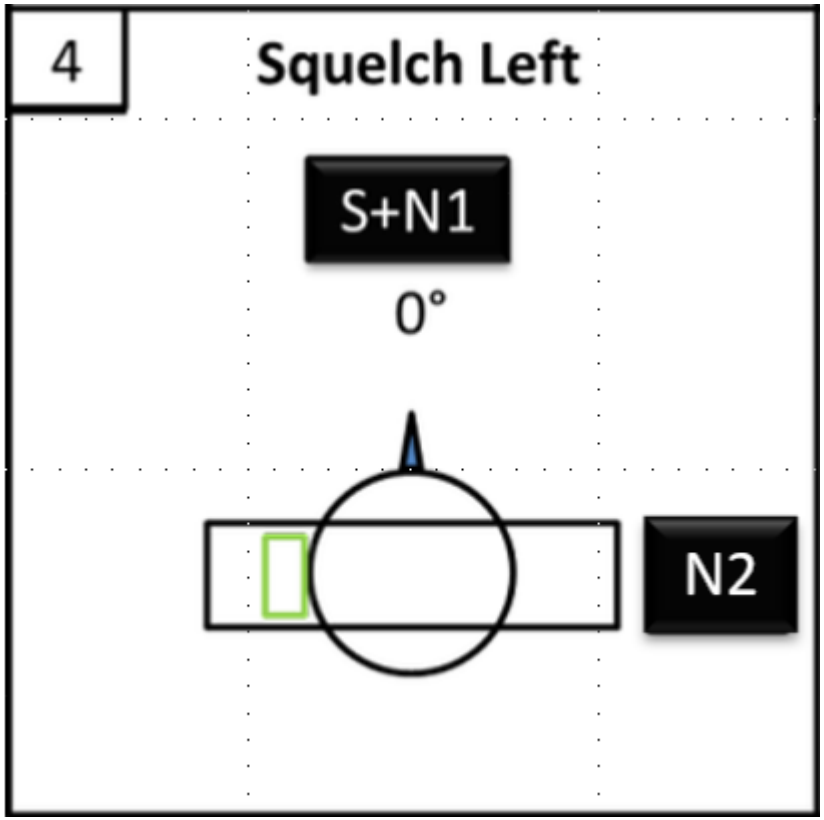
$$BS(dB)=SRT_{best_side}-SRT_{both}$$

Evaluación de la performance binaural en laboratorio
Spatial Release from Masking



$SRM_{SYM}(both) = SRT_0(Both) - SRT_{90,-90}(Both)$

Evaluación de la performance binaural en laboratorio
Squelch Effect



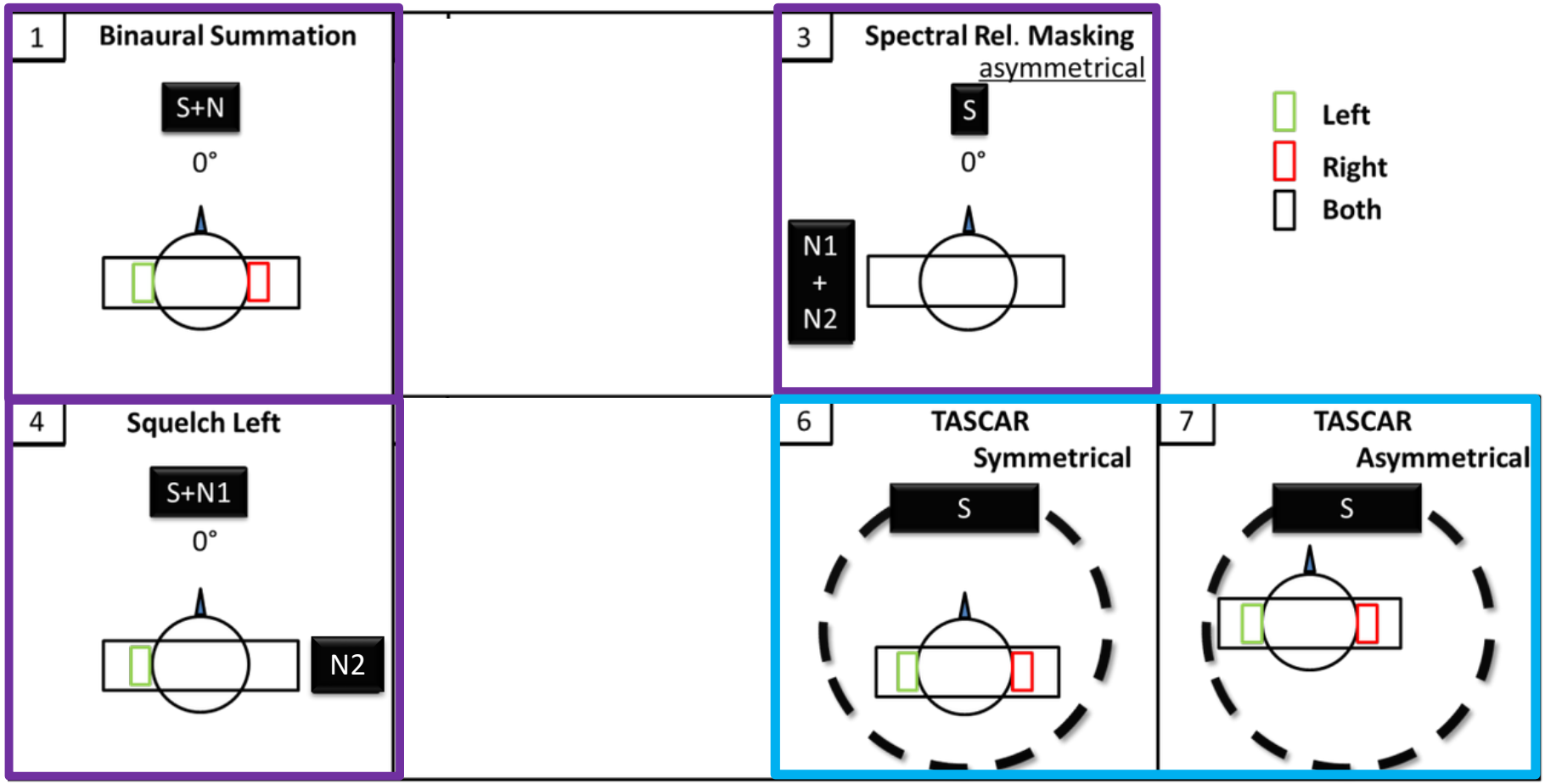
$$SQ_{right} = SRT_{-90,0}(\text{left}) - SRT_{90,0}\ (\text{Both})$$

Evaluación de la performance binaural en condiciones acústicas reales

- TASCAR system [1]
- 16 Altavoces(r = 4.40 m)
- Ambisonics Órden 7
- Campo acústico capturado bajo un ruido tipo Cafeteria
- Modelo de imagenes
  - Reflectividad, Amortiguamento (atenuación)

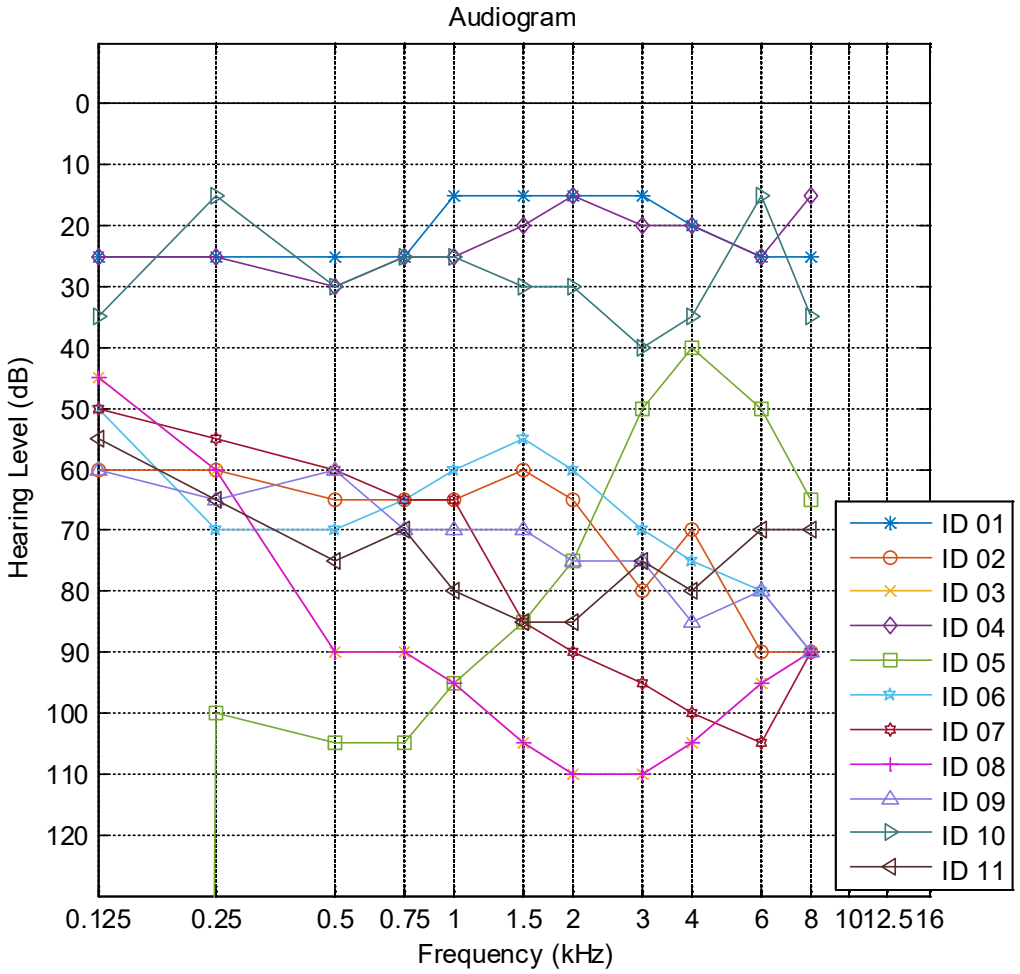
[1] Realistic Environment Simulation G. Grimm, V. Hohmann (Uni. Oldenburg, H4all)

Métodos:
Resúmen
Configuración de altavoces

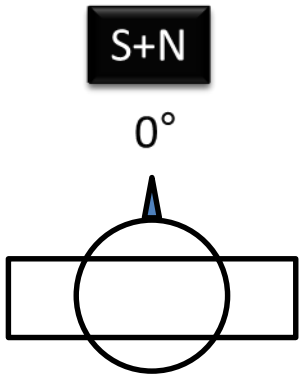


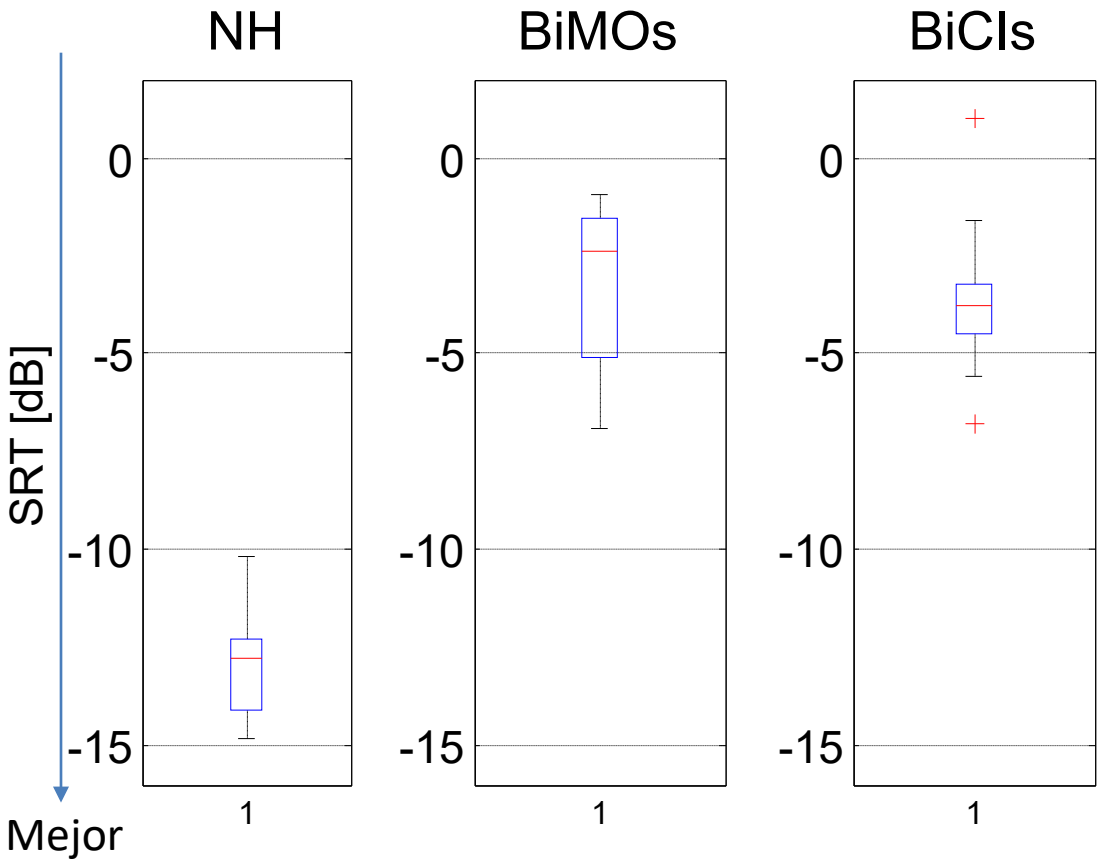
Audiogramas BiMOs

- 11 usuarios bimodales de IC (BiMOs)
- Sujetos usan un IC y tienen suficiente audición residual para no ser implantados
- BiMOs son testeados con su propio audífono (HA)

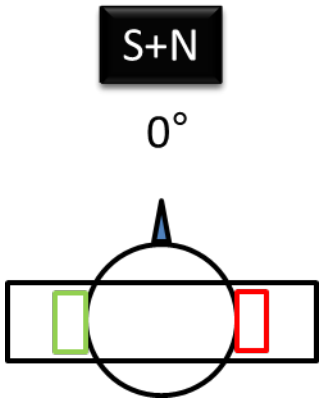


Resultados
Rendimiento usando ambos oídos

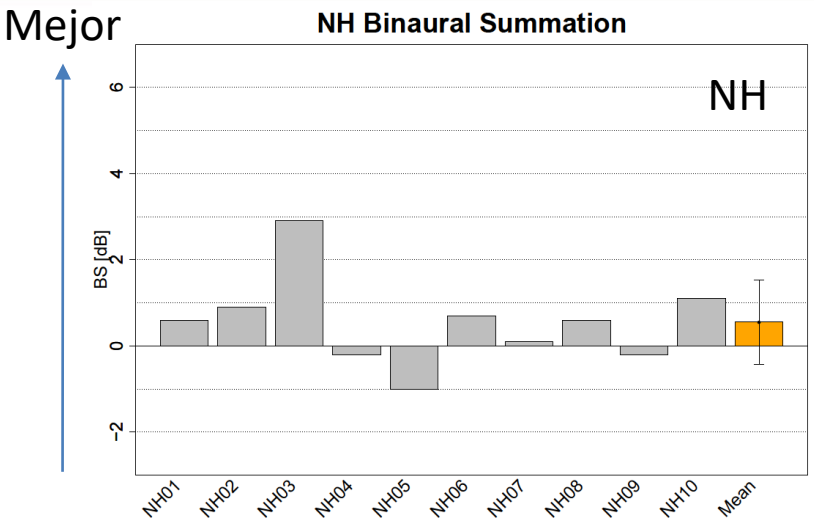


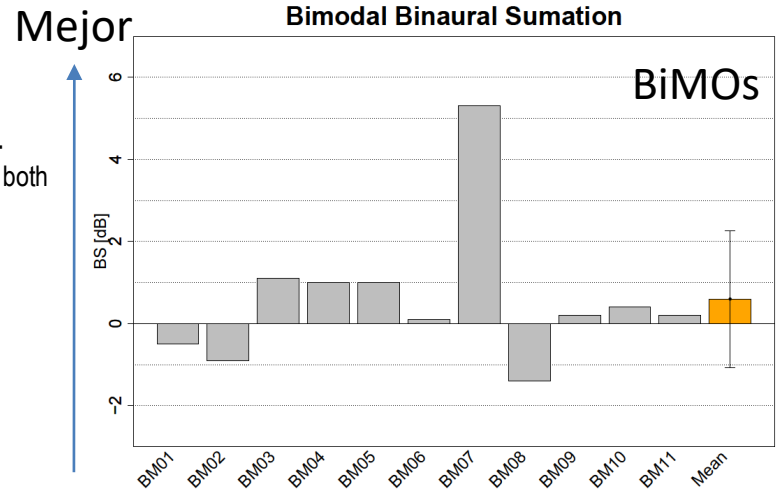


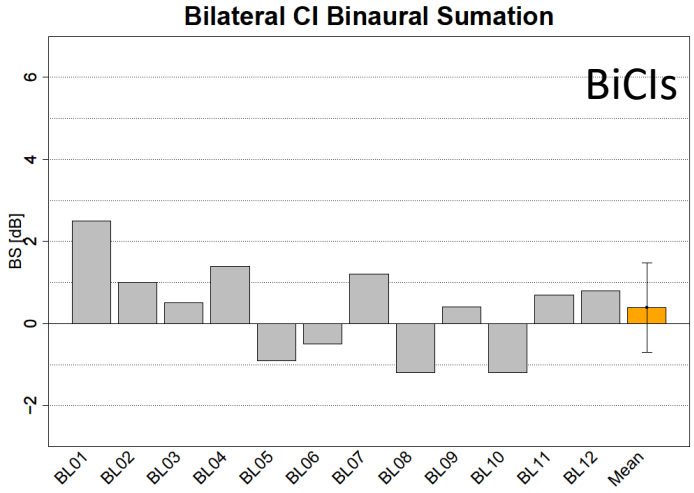
Resultados
Sumación Binaural



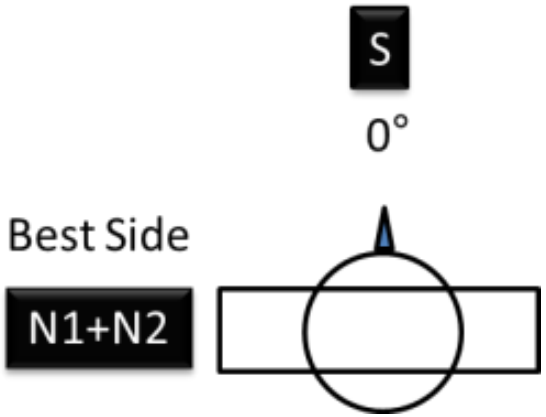
$$BS(dB)=SRT_{best_side}-SRT_{both}$$

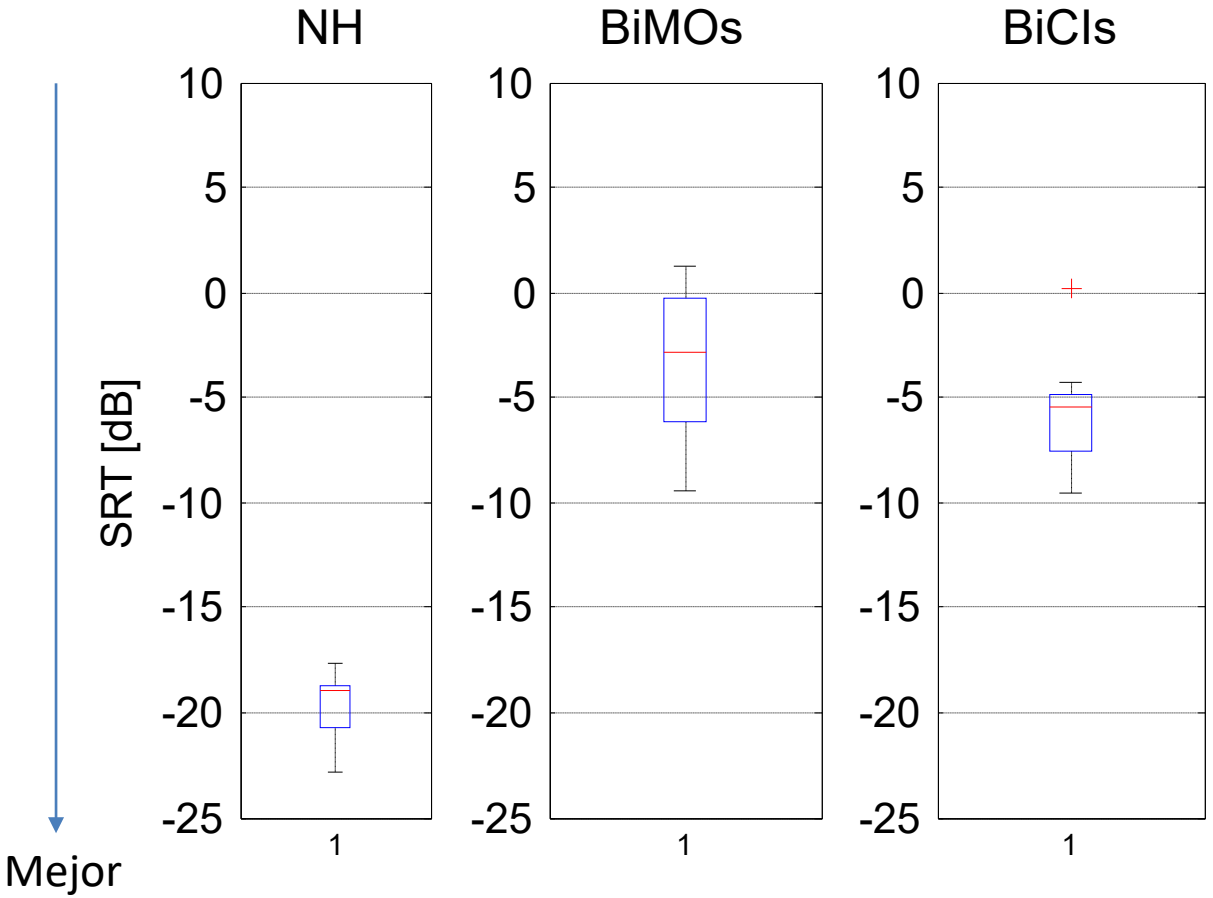






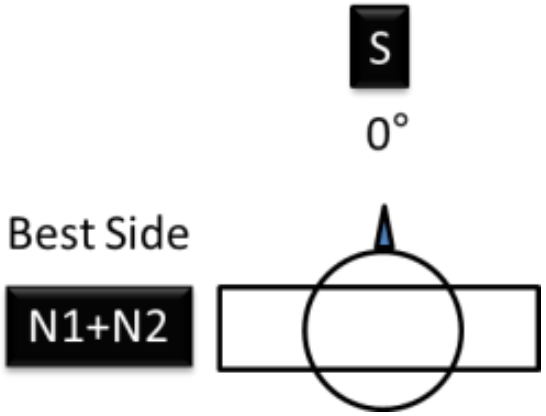
Resultados
Performance con ambos oídos

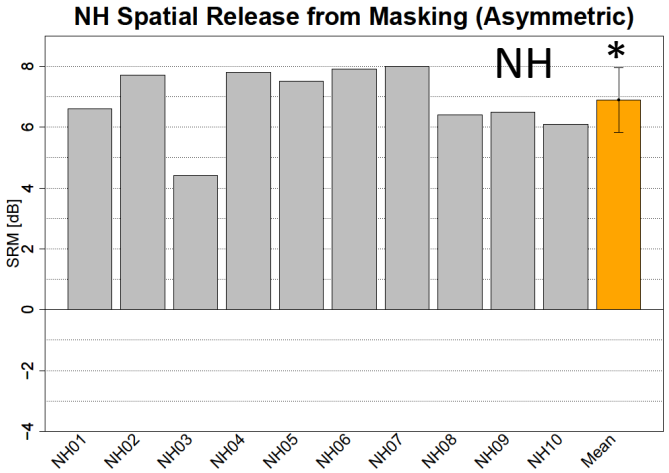


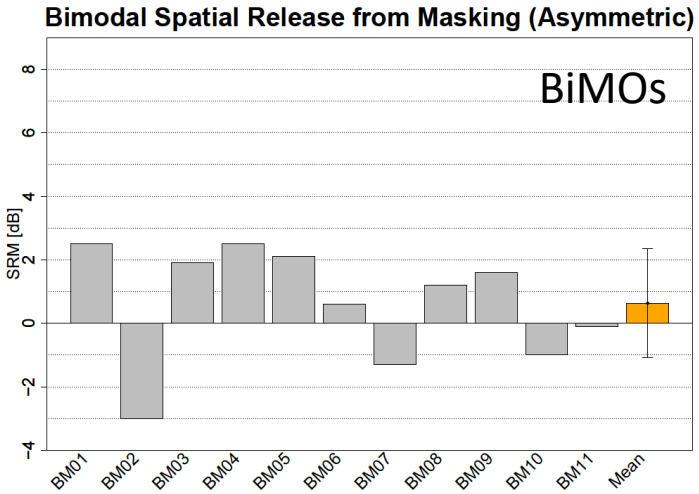


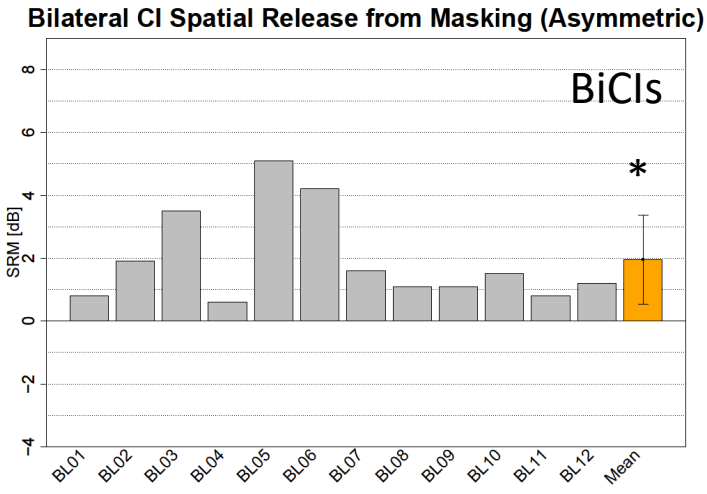
Resultados
Spatial Release Masking Asimétrico

$SRM_{ASYM}(both) = SRT_0(Both) - SRT_{90,90}(Both)$

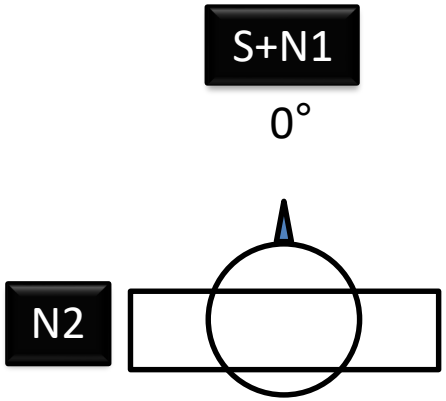




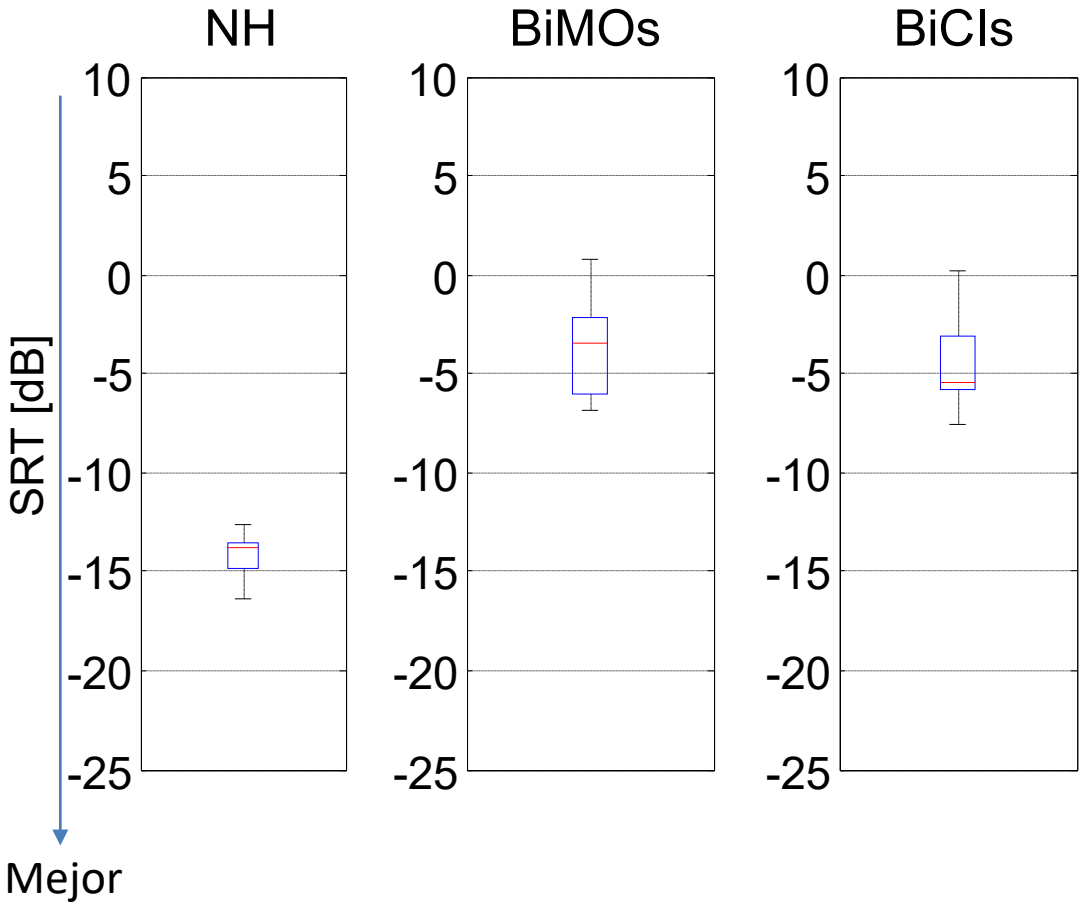




Resultados
Performance con ambos oídos

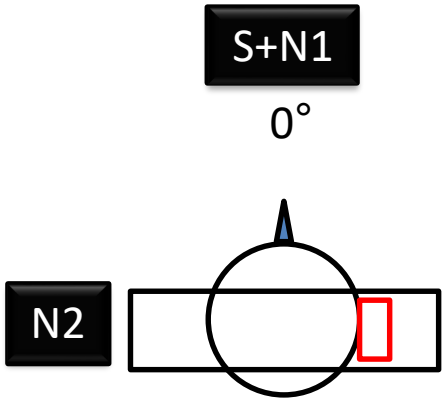


Best score

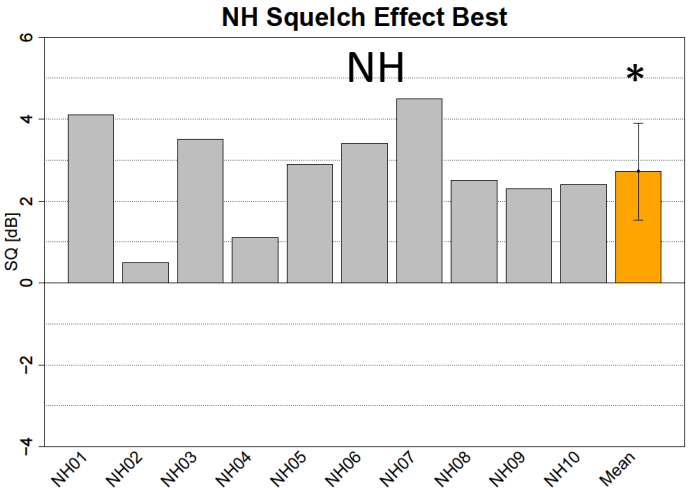


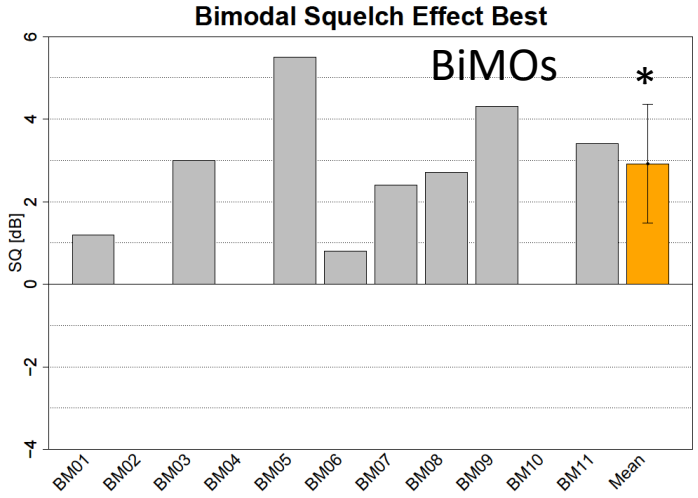
Resultados
Efecto SQUELCH

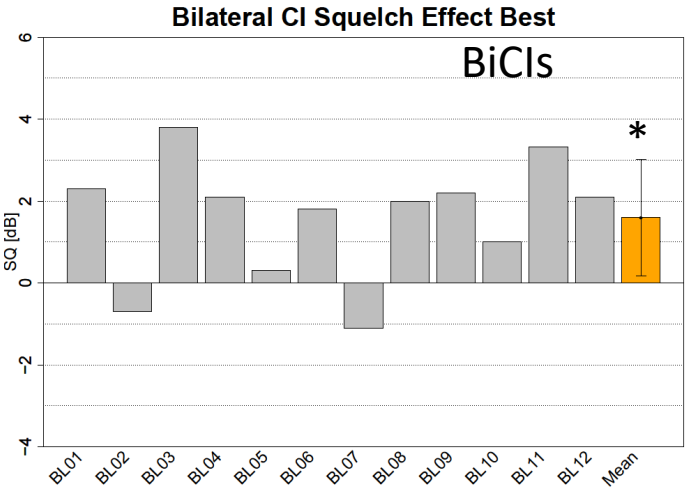
$SQ_{right} = SRT_{-90,0}(right) - SRT_{90,0}(Both)$



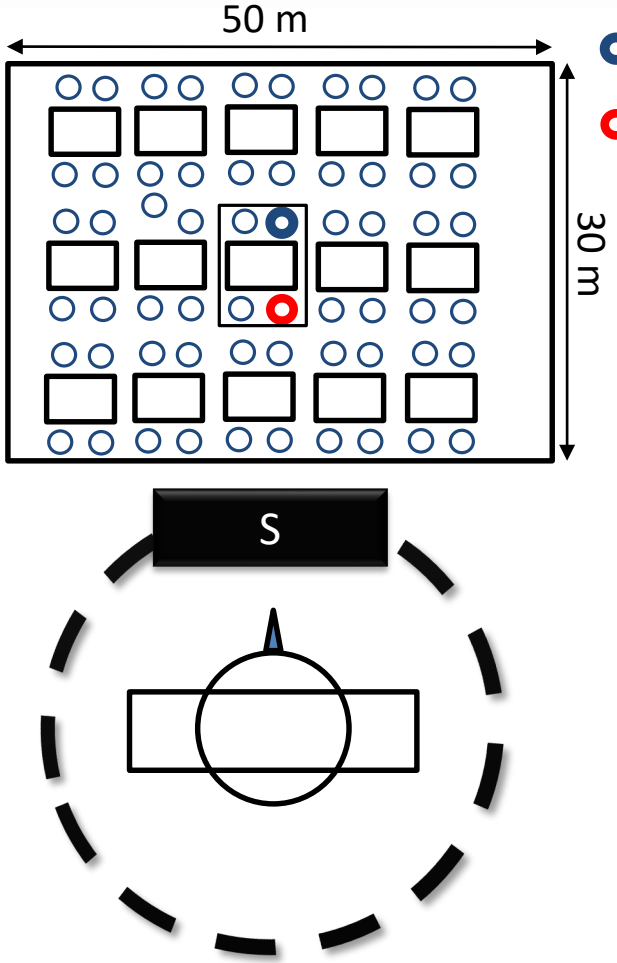
Best score

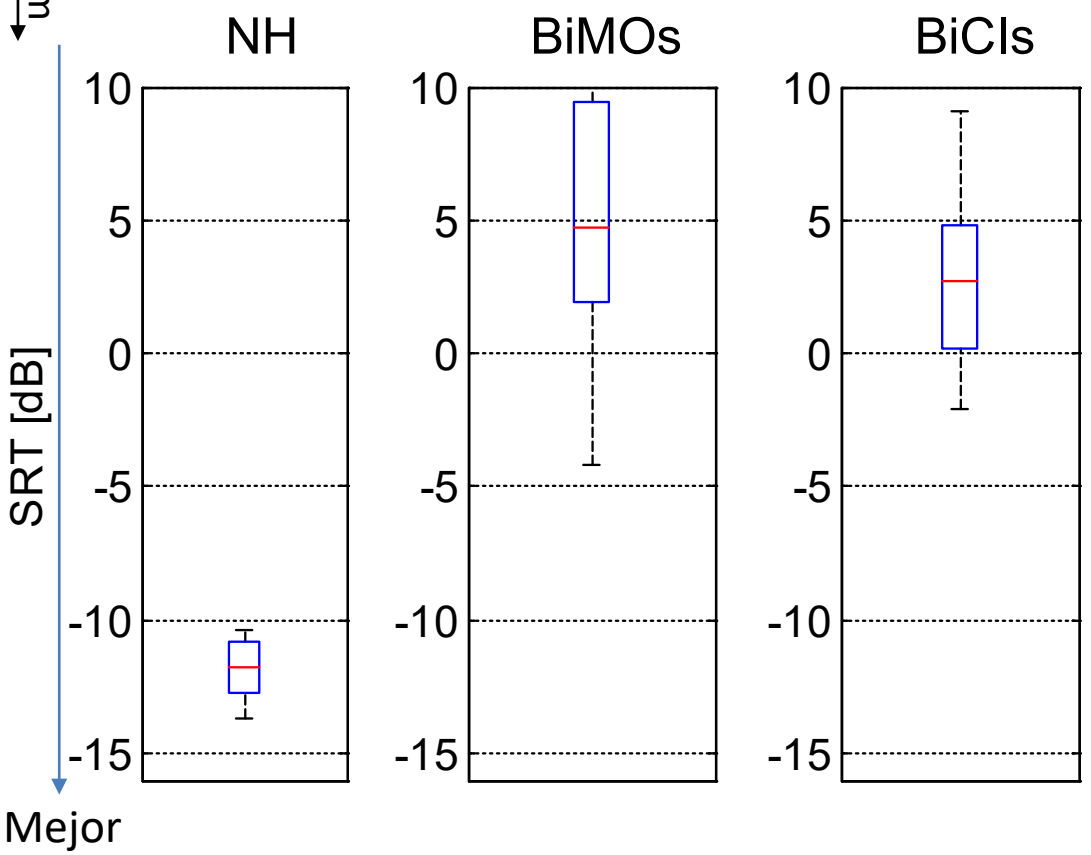






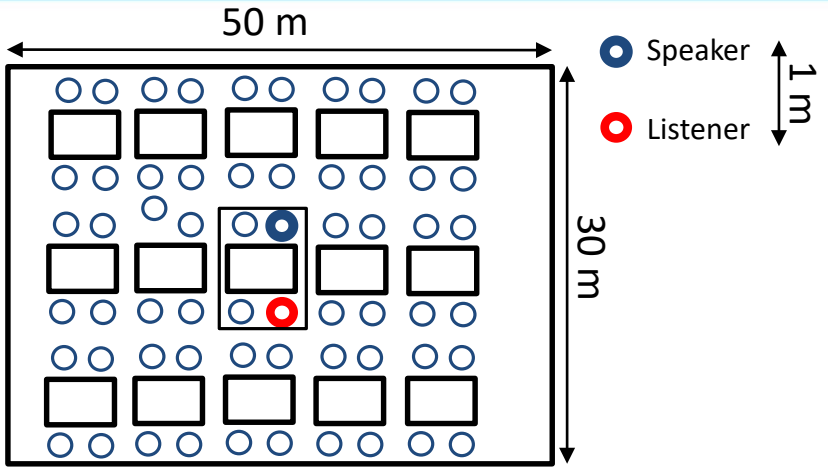
TASCAR Symmetric
Resultados con ambos oídos

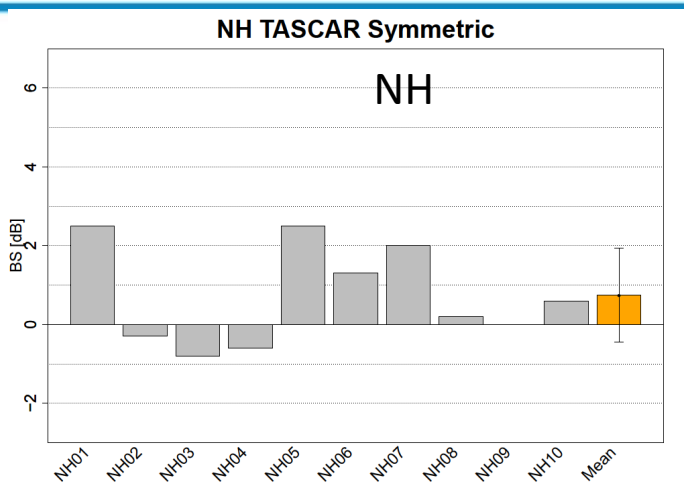


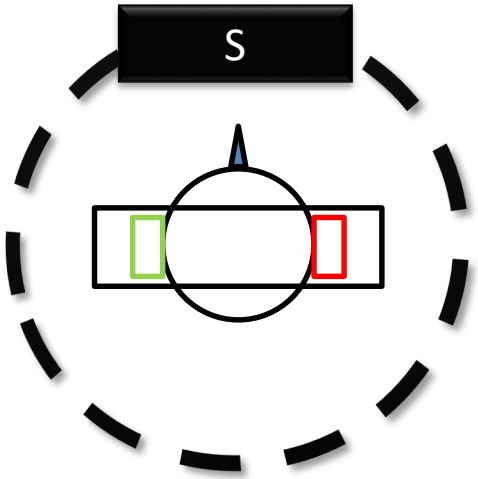


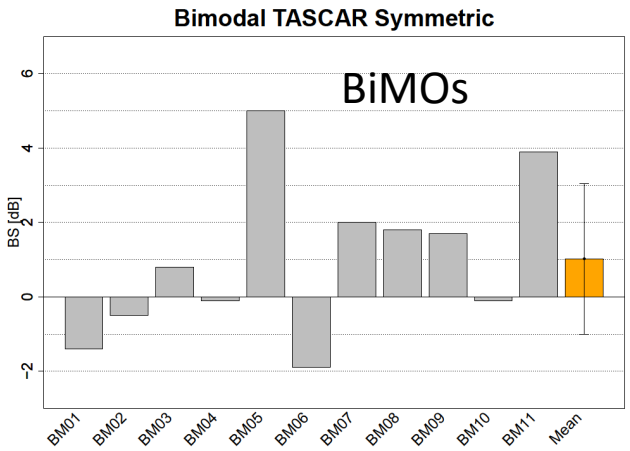
$BS_{TASCARsym,\ asym} = SRT_{\Omega}(lc) - SRT_{\Omega}\ (Both)$

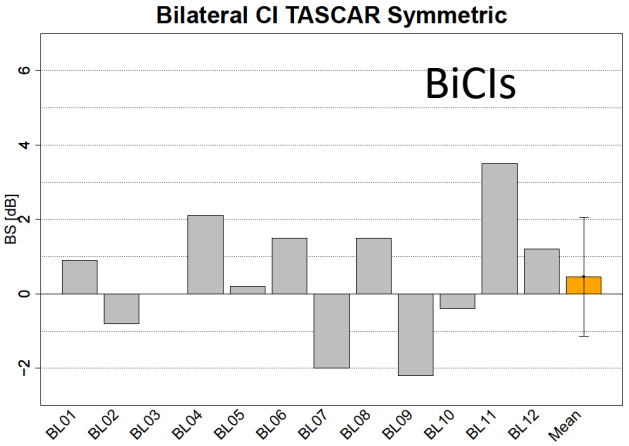
TASCAR Symmetric
Sumación Binaural





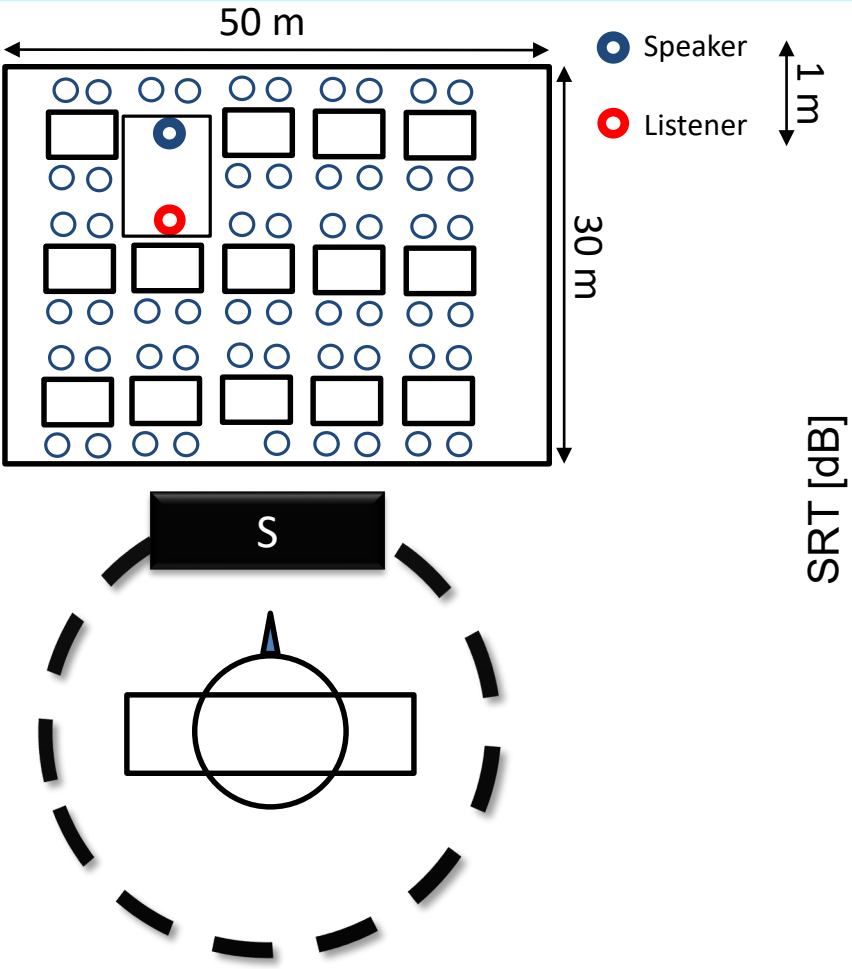


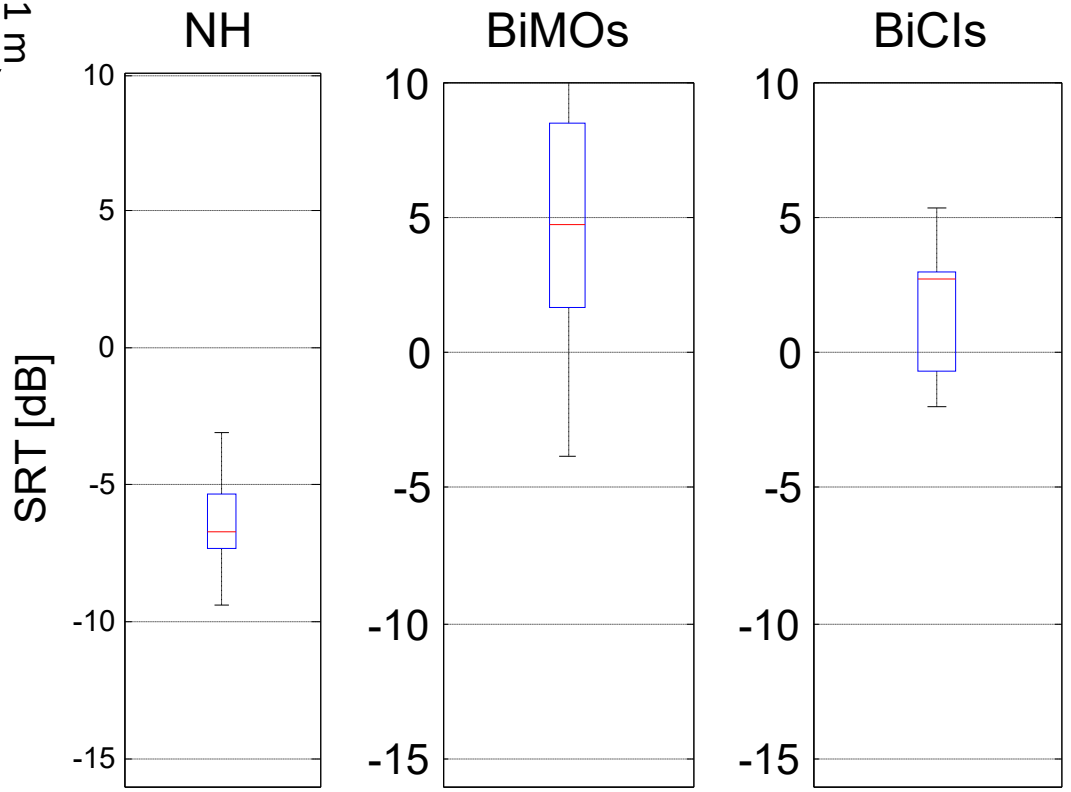




$$BS_{TASCARsym,\ asym} = SRT_{\Omega}(lc) - SRT_{\Omega}\ (Both)$$

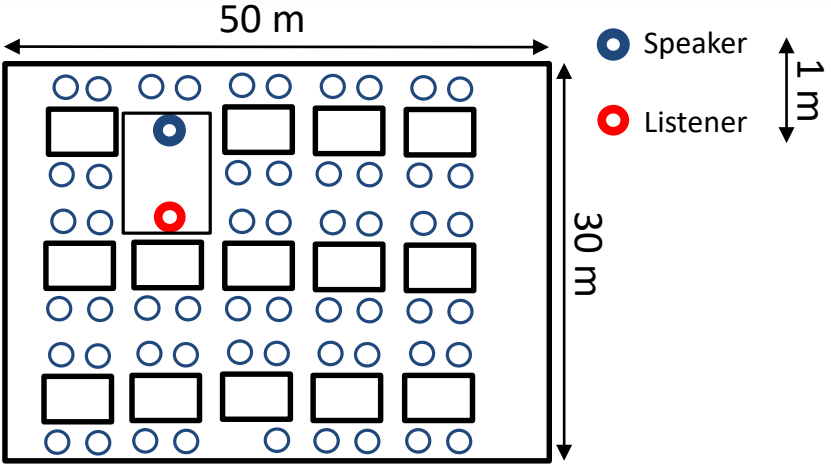
TASCAR Asymmetric Binaural Summation

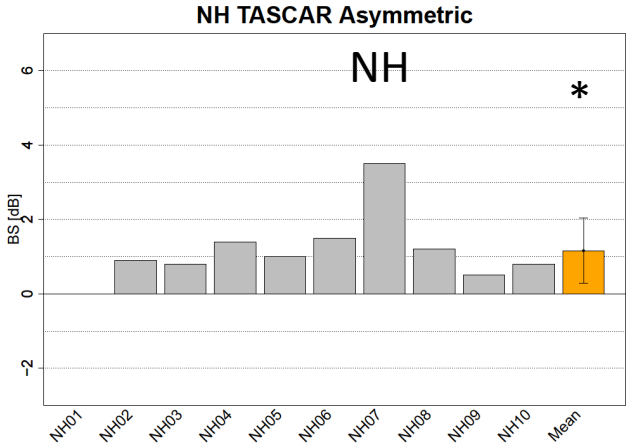


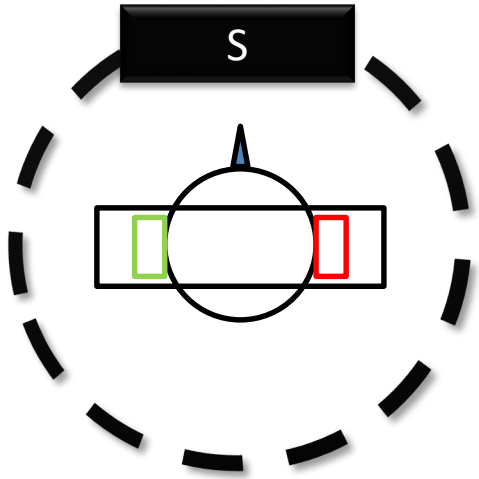


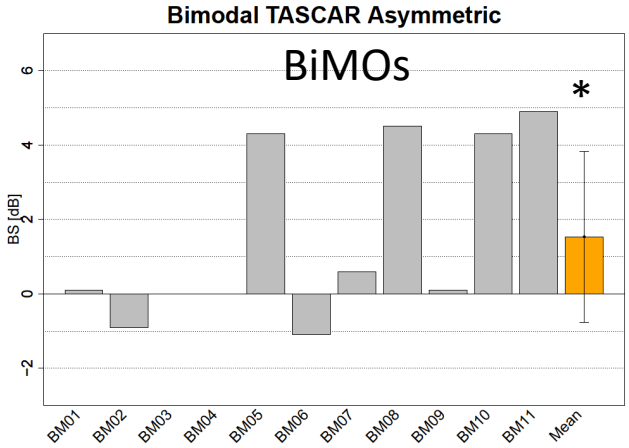
$BS_{TASCARsym,\ asym} = SRT_{\Omega}(lc) - SRT_{\Omega}\ (Both)$

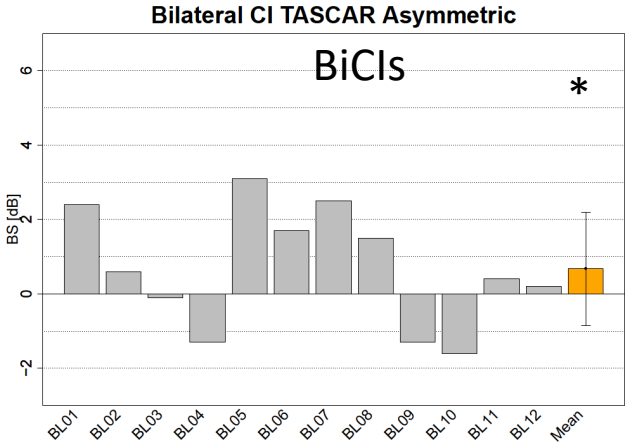
TASCAR Asymmetric
Sumación Binaural











$$BS_{TASCARsym,\ asym} = SRT_{\Omega}(lc) - SRT_{\Omega}\ (Both)$$

Resúmen

- El rendimiento con BiCIs es similar al de BiMOs con una buena audición residual
- BiCIs muestran una mejora en „spatial release from masking“ respecto a los BiMOs
  - SRM no es un „verdadero“ efecto binaural
  - El hecho de tener oídos simétricos puede explicar éste resultado
- El efecto squelch en BiMOs is significativo y mayor que en BiCIs
  - El incremento de la resolución espectral así como la codificación de la estructura fina puede explicar éste resultado
- BiMOs obtienen mayores beneficios en ambientes acústicos reales.

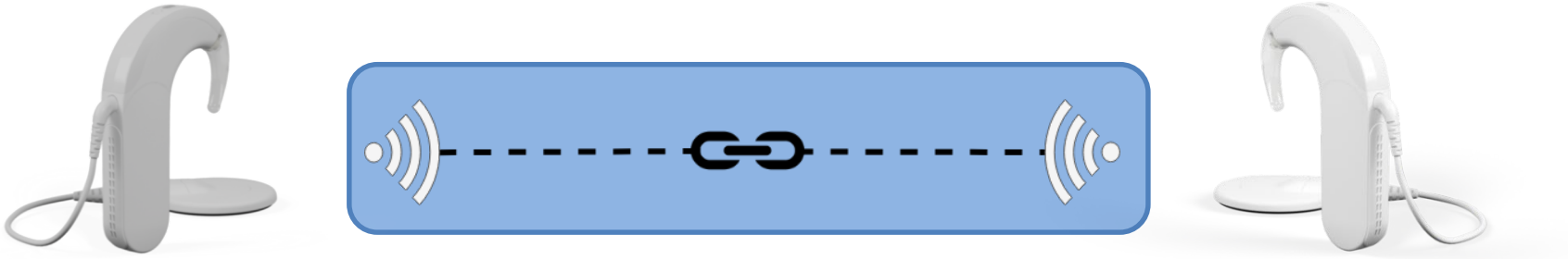
Consecuencias para definir el criterio de implantación

- En Alemania el segundo implante se realiza si la pérdida auditiva es mayor de 65 dB HL alrededor de 500 Hz y el test the monosílabos en silencio está por debajo del 60%
- Parece que los BiCIs no pueden restablecer la audición binaural aunque si dan mejoras significativas en la audición bilateral (Spatial Release from Masking-Head Shadow)
- De momento, las ventajas de los BiCIs en comparación con los BiMOs con buena audición residual no pueden ser demostradas

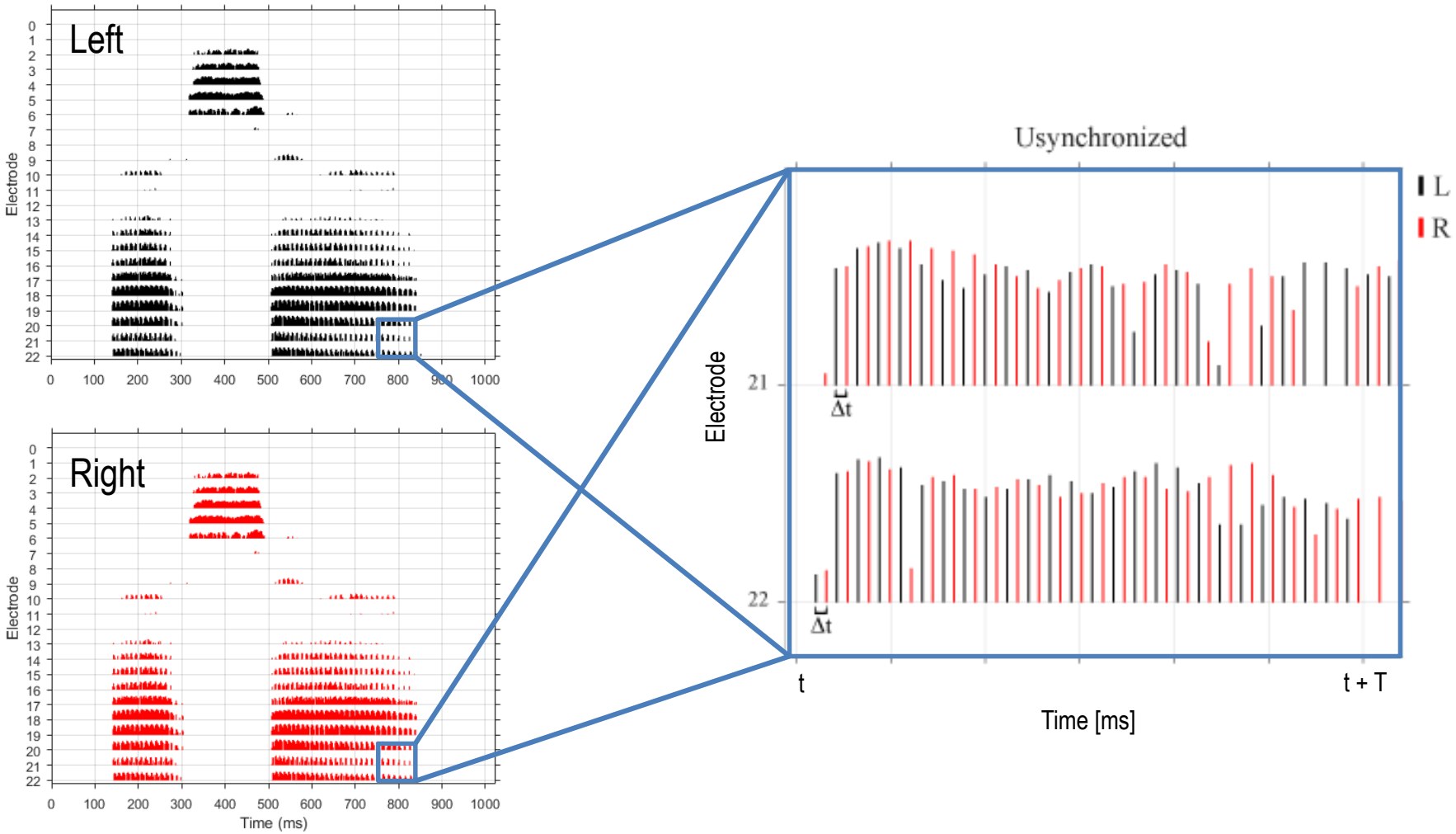
  → Si todavía hay una buena audición residual, evaluada de forma monolateral, mejor no implantar

Parte II: Desarrollo de una estrategia de codifiación binaural

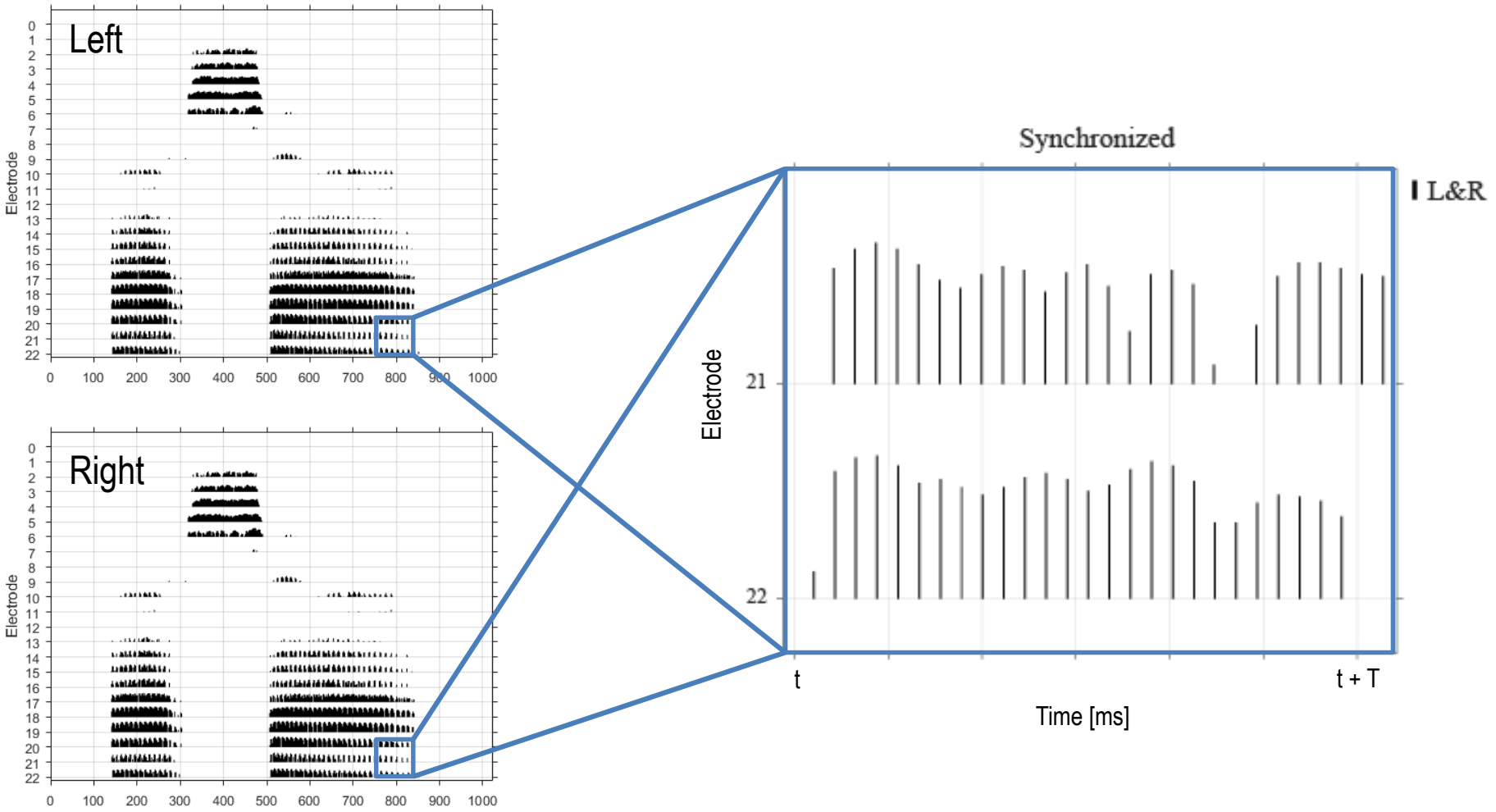
Motivación



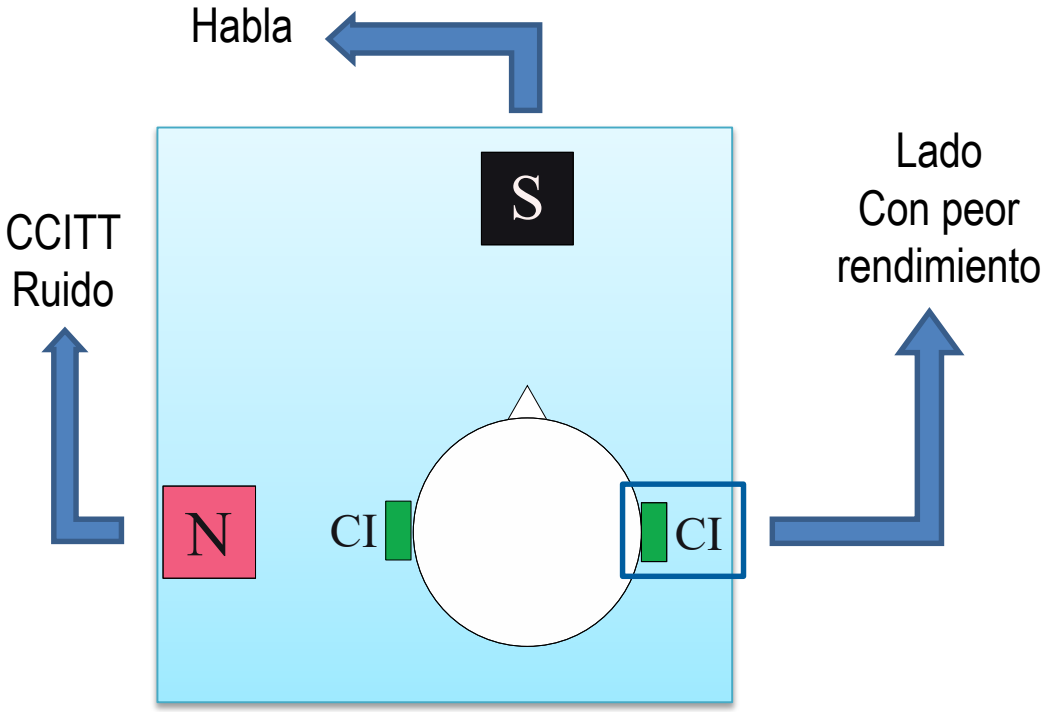
Desincronización
Electrodogramas para fonema ‚ASA‘



Desincronización
Electrodogramas para ‚ASA‘



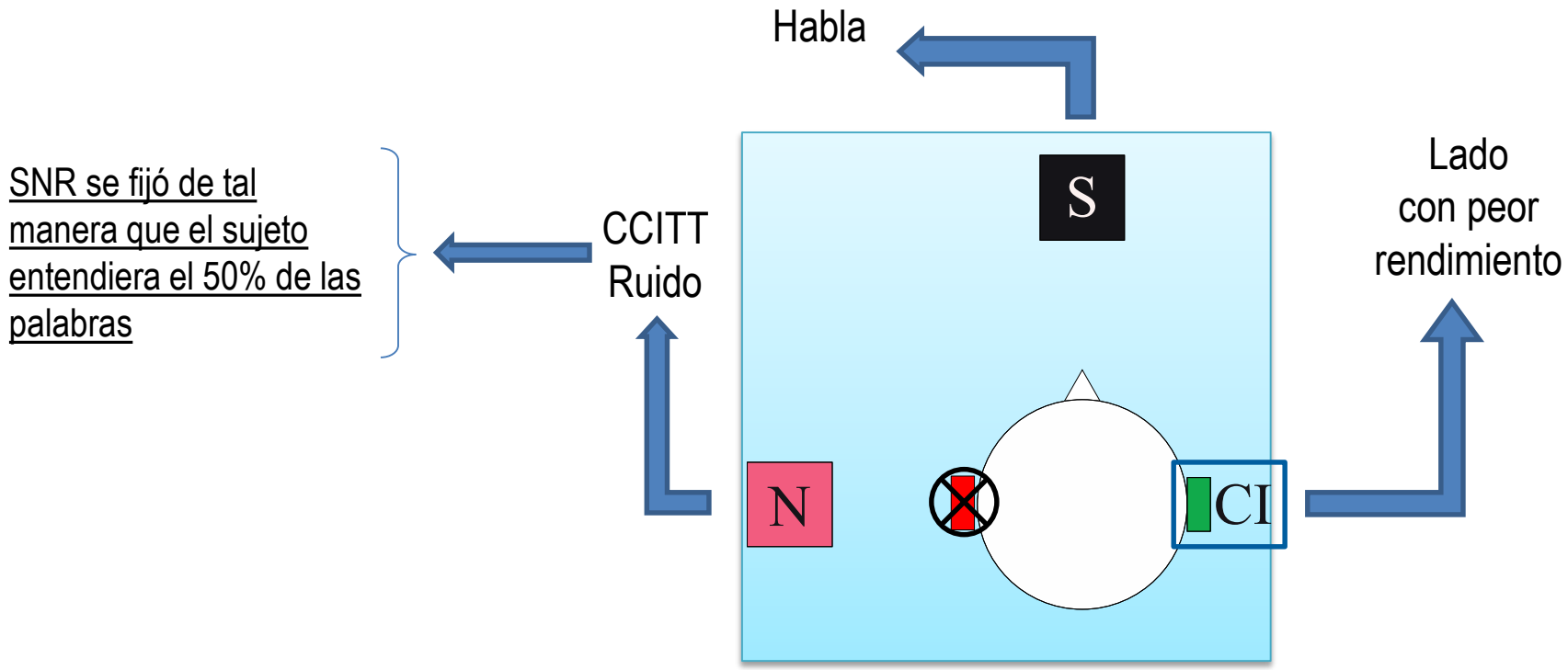
Escenario de la Escucha



Tests de habla

- Inteligibilidad del habla en ruido (el ruido enmascara el major oído)
- Test basado en el HSM de frases/palabras abiertas (30 listas de 20 frases)
- Los sujetos repiten las frases
- 2 listas se utilizaron por cada condición

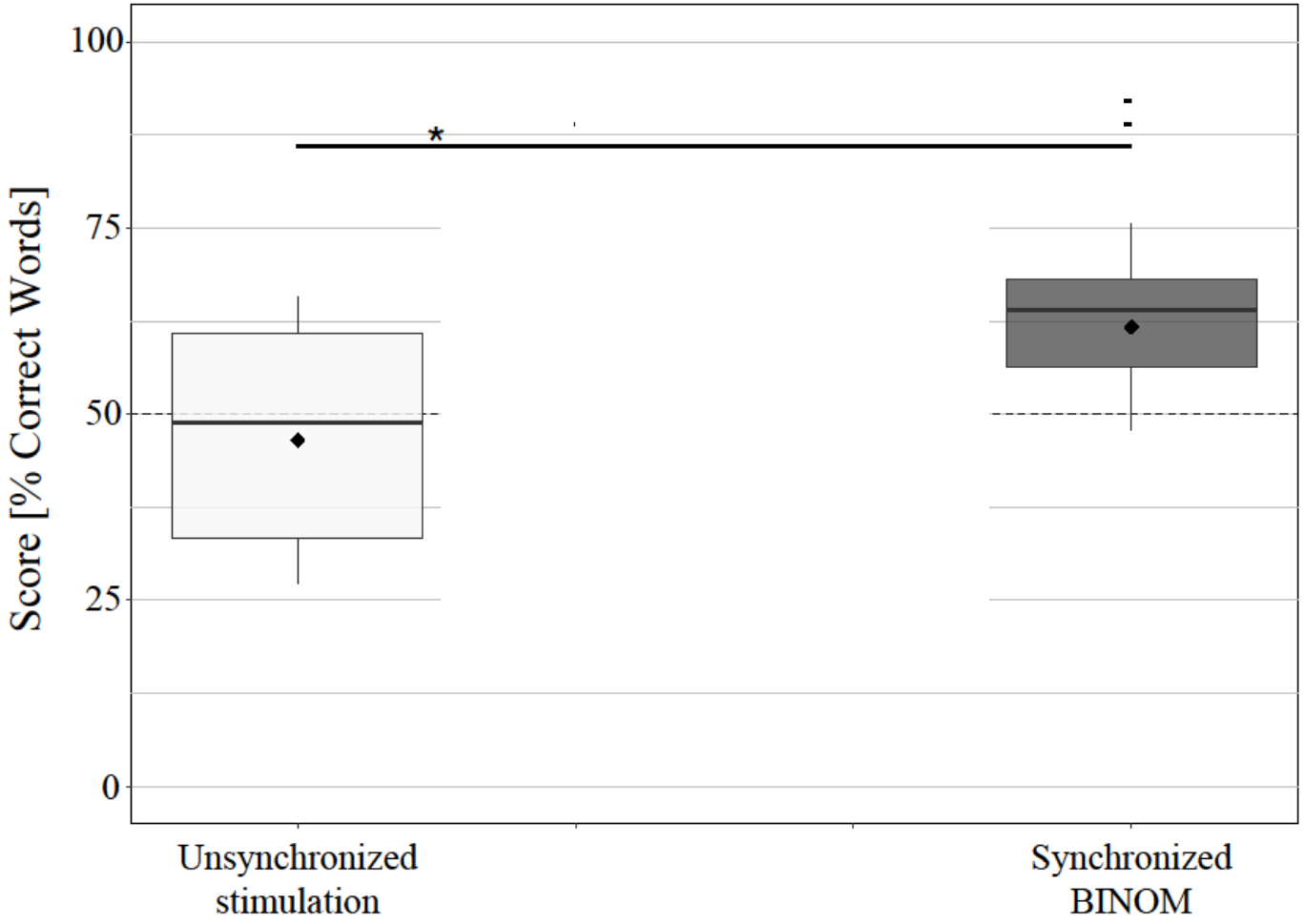
Test monaural para configurar el nivel de ruido



Resultados

Medizinische Hochschule Hannover

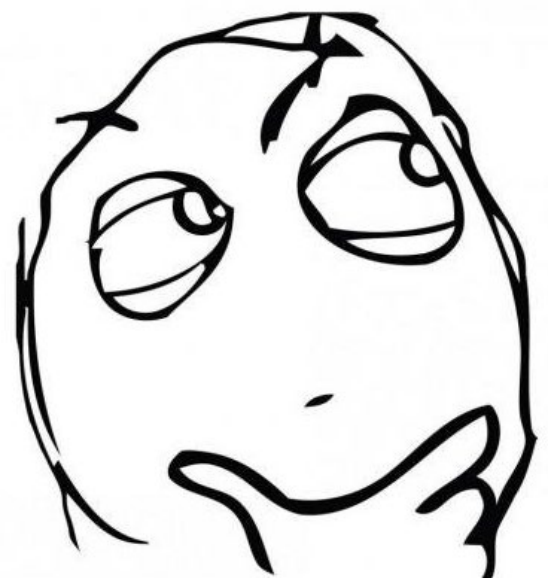
10 BiCIs



Resúmen y Conclusiones

- La inteligibilidad del habla se puede mejorar sincronizando la estimulación eléctrica

- Pero… cuál es el mecanismo?



Resúmen

- El sistema auditivo debe ser medido en laboratorios que ofrezcan la posibilidad de evaluar el sistema binaural
  - Binaural Summation
  - Squelch
  - Spatial Release from Masking
- Sistemas desarollados desde la física acústica pueden ser usados para éste propósito (Ejemplo: Sistema TASCAR)
- Sistemas que intenten simular situaciones reales también son útiles, aunque más dificiles de interpretar.
- Estimulación sincronizada mejora la inteligibilidad del habla

Hearing 4all

Auditory Prosthetic Group

Medizinische Hochschule Hannover

Tom Gajecki
Binaural Signal Processinmg

Benjamin Krüger
EAS masking

Marina Imsiecke
EAS masking – Forward Masking

Tom Gajecki
Binaural Sound Processing

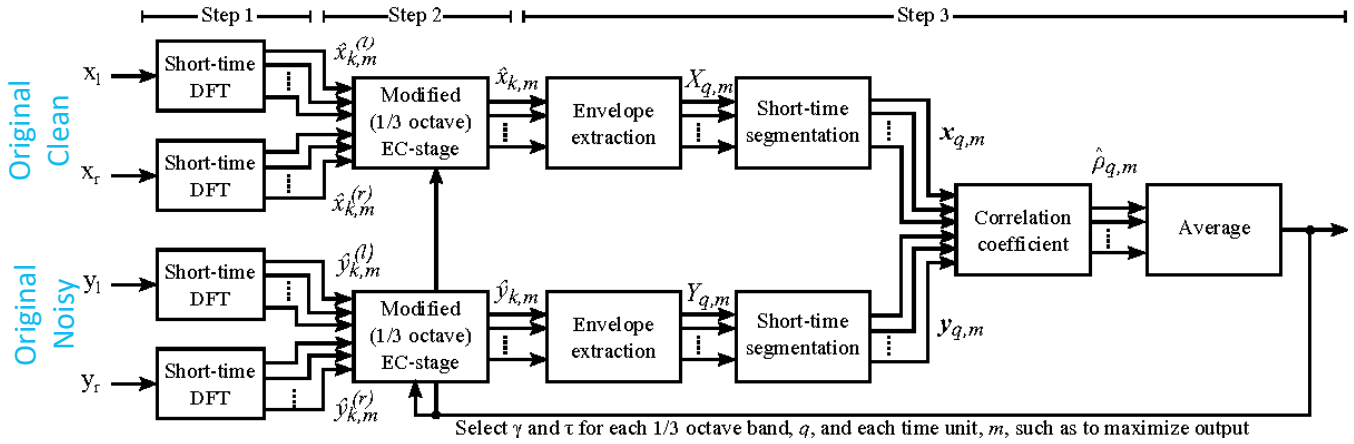
Andreas Büchner
Tom Gajecki
Volker Hohmann
Giso Grimm

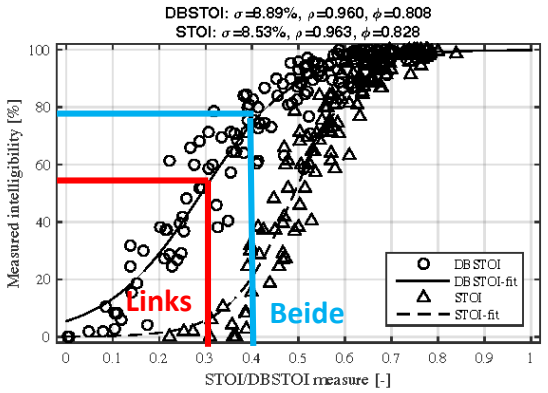
Thank you

DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft

Methoden

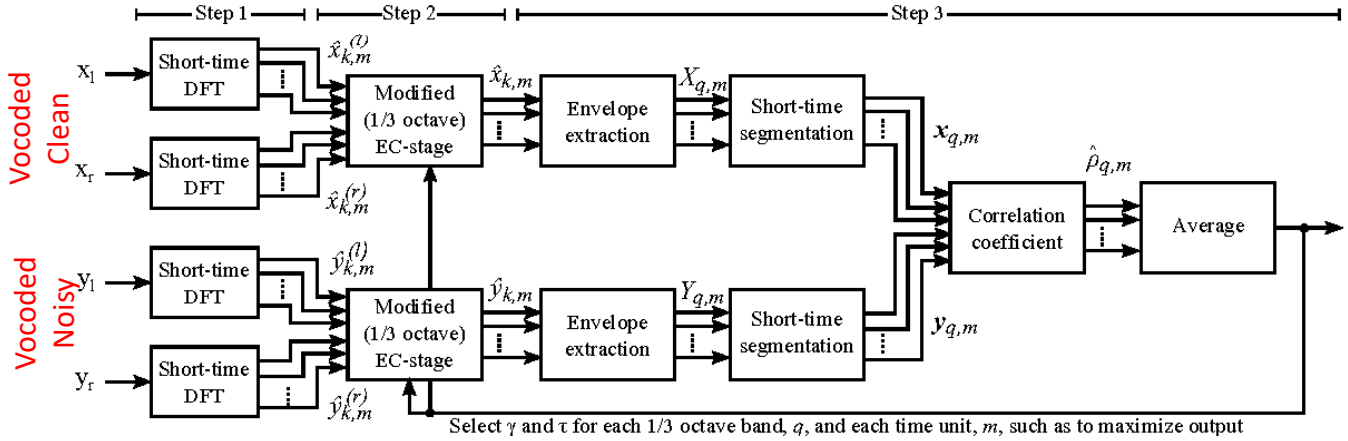
- Jede akustische Umgebung wurde mit objektiven instrumentellen Messung analysiert
  - DBSTOI bei zwei SNRs (NH SRT, BiCI SRT)/Original und Vocoder
    - DBSTOI > 0.075 → Speech Intelligibilty change > ~10% → SRT Change > ~1 dB
    - DBSTOI@NH SRT und DBSTOI@BiCI SRT (Hey et al 2014)
      - xl, xr: Signale in Ruhe (Links und Rechts)
      - yl, yr: Signale in Störgeräusch (Links und Rechts)

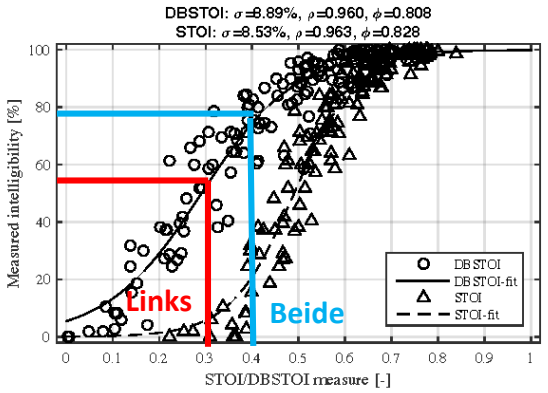




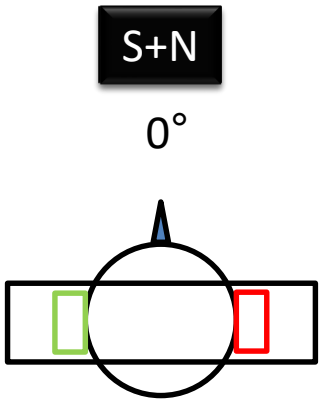
Methods

- Jede akustische Umgebung wurde mit objektiven instrumentellen Messung analysiert
  - DBSTOI bei zwei SNRs (NH SRT, BiCI SRT)/Original und Vocoder
    - DBSTOI > 0.075 → Speech Intelligibilty change > ~10% → SRT Change > ~1 dB
    - DBSTOI@NH SRT und DBSTOI@BiCI SRT (Hey et al 2014)
      - xl, xr: Signale in Ruhe (Links und Rechts)
      - yl, yr: Signale in Störgeräusch (Links und Rechts)





Methoden
Binaurale Summation



- Messungen:
  - SRT_{both}
  - SRT_{left}
  - SRT_{right}

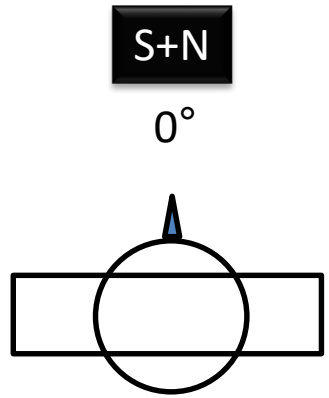
$$BS = SRT_0(Ic) - SRT_0(Both)$$

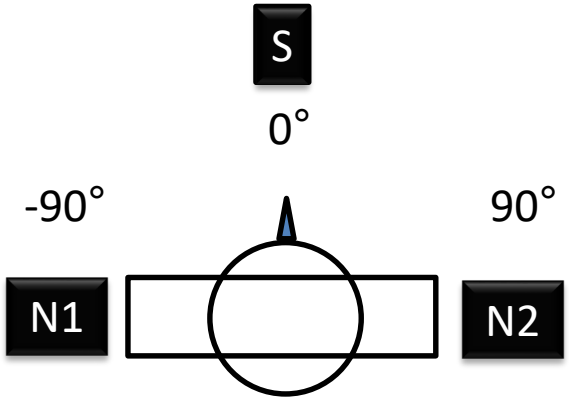
objektive instrumentelle Messung

BiCI SRT

Methods
Spatial Release from Masking Symmetric

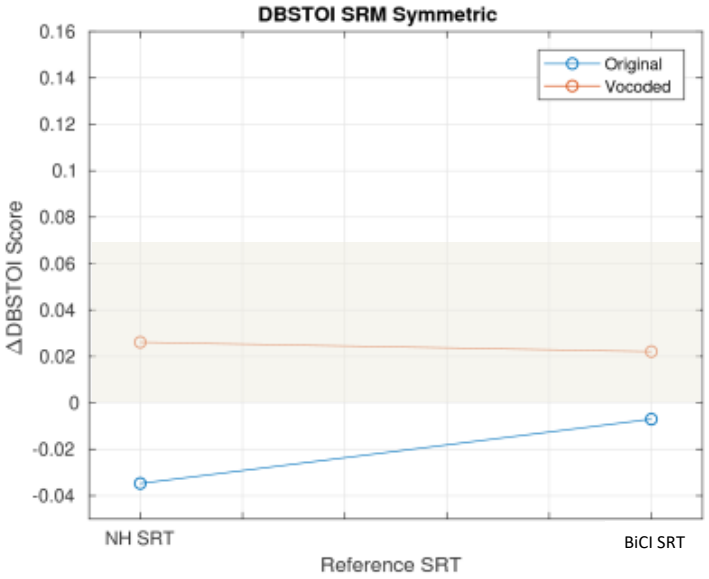
Medizinische Hochschule Hannover



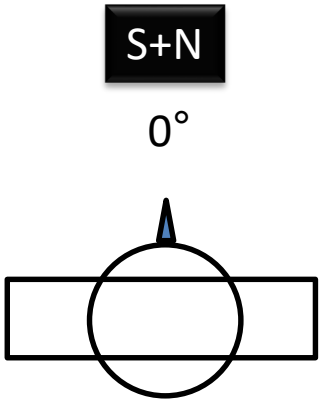


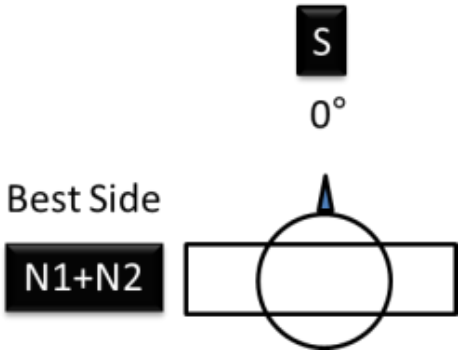
$SRM_{SYM}(both) = SRT_0(Both) - SRT_{90,-90}(Both)$

objektive instrumentelle Messung



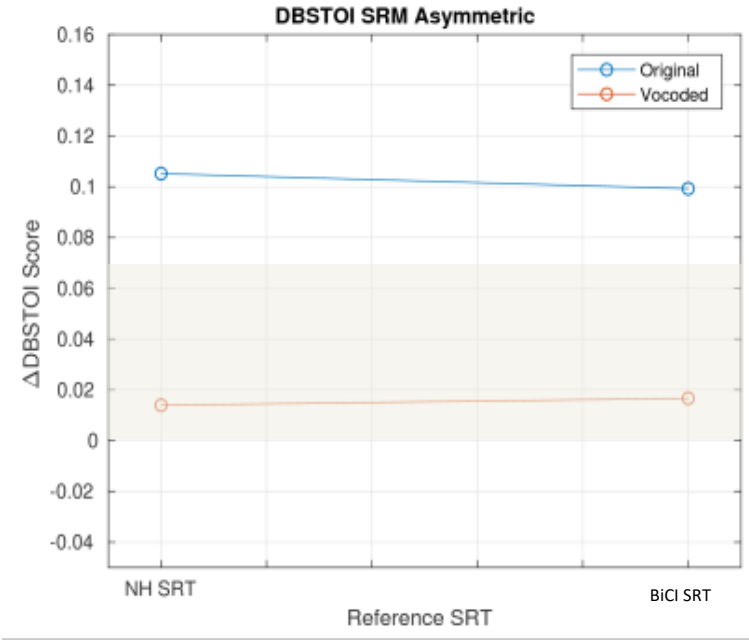
Methods
Spatial Release Masking Asymmetric



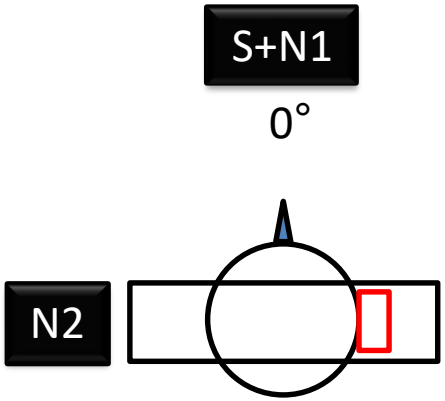


$SRM_{ASYM}(both) = SRT_0(Both) - SRT_{90,-90}(Both)$

objektive instrumentelle Messung



Methods
SQUELCH Effect

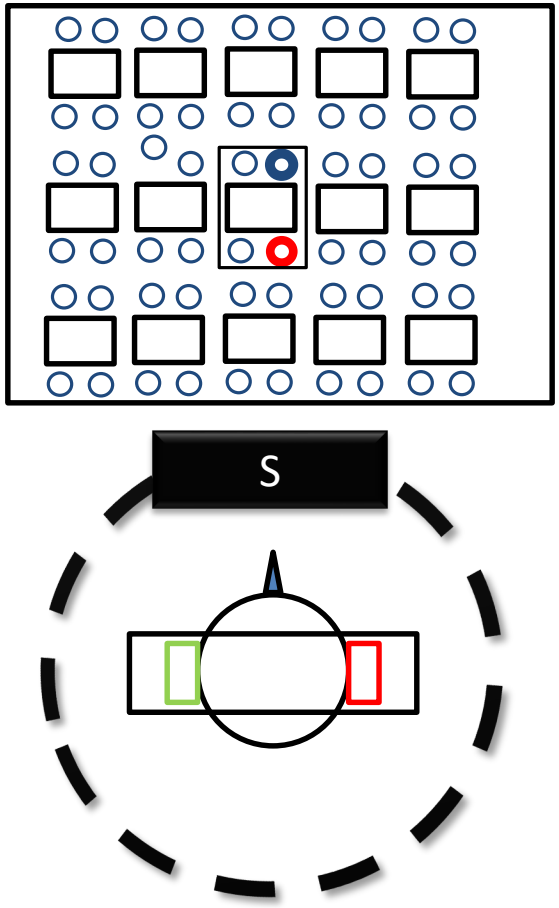


$$SQ_{right} = SRT_{-90,0}(right) - SRT_{90,0}\ (Both)$$

objektive instrumentelle Messung

BiCI SRT

Methods: TASCAR Symmetric Binaural Summation



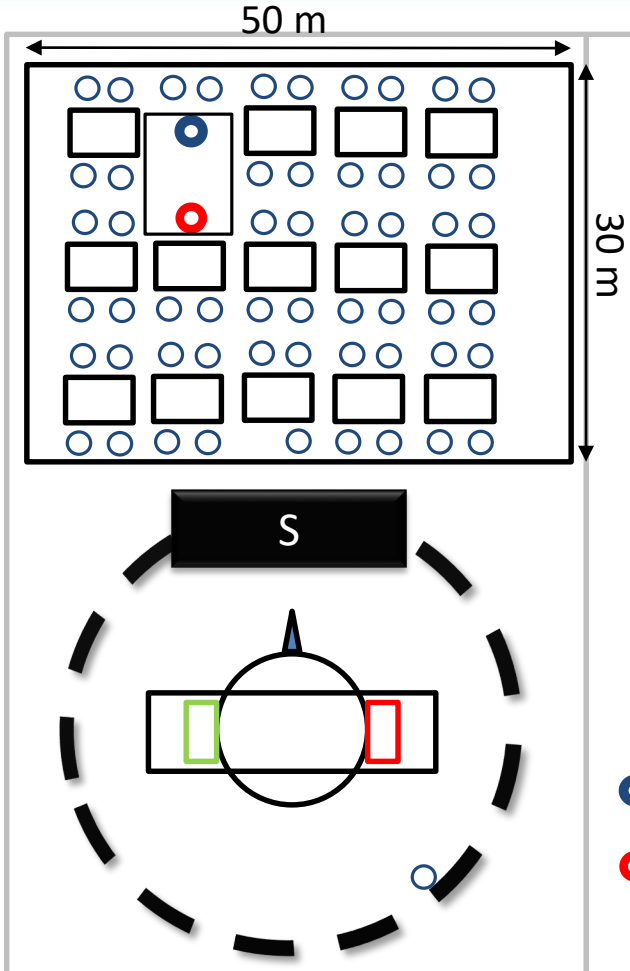
- Image Model
  - Refelectivity, Damping
- 16 Lautsprecher (r = 4.40 m)
- Ambisonics Ordnung 7
- Mensa Rauschen

- Measures:
  - SRT_{both}
  - SRT_{left}
  - SRT_{right}

BiCI SRT

$$BS_{TASCARsym,\ asym} = SRT_{\Omega}(lc) - SRT_{\Omega}\ (Both)$$

Methods
TASCAR Asymmetrisch
Binaural Summation



- Image Model
  - Refelectivity, Damping
- 16 Lautsprecher (r = 4.40 m)
- Ambisonics Ordnung 7
- Mensa Rauschen

- Measures:
  - SRT_{both}
  - SRT_{left}
  - SRT_{right}

BiCI SRT

$$BS_{TASCARsym,\ asym} = SRT_{\Omega}(Ic) - SRT_{\Omega}\ (Both)$$