

Otoacoustic emissions versus audiometry in monitoring hearing loss after long-term exposure - a systematic review

Hiske Helleman

Hilde Eising

Jacqueline Limpens

Wouter Dreschler

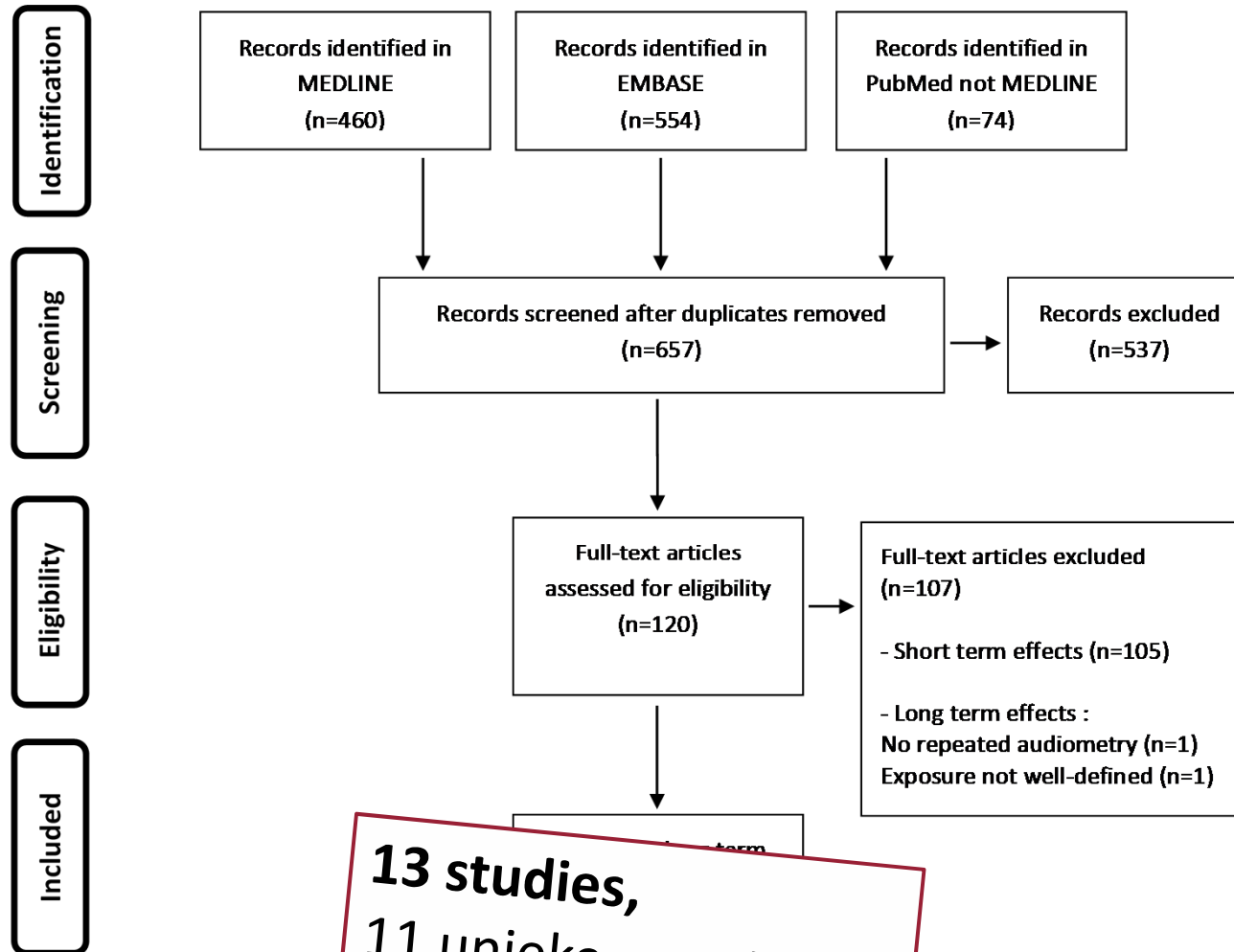


Doel

- Vergelijking van otoakoestische emissies (OAE) met audiometrie in hun waarde van het monitoren van lange termijn effecten van lawaai op het gehoor.
- Obv huidige literatuur idee dat bestaande data wisselend beeld geeft tav toepassingsmogelijkheden en gevoeligheid → in kaart brengen
- OAE: TEOAE en DPOAE
- Lawaai: noise-induced hearing loss
- Monitoren lange termijn effecten: meerdere metingen



Flow chart



**13 studies,
11 unieke populaties**



Soorten studies

- Observationeel zonder controle over expositie, 6 met controle groep
- Occupational noise, impuls noise (3) en continue (10)
- Leger (7), industrie (5), orkest (1)
- Leeftijd: relatief homogene verdeling van jonge mannen (18-20jr) tot brede range (19-61jr)
- Aantal: 30-350 (56-518 oren)
- Merendeel uitsluitend mannen, of minderheid vrouwen
- Duur van follow-up: 3 mnd- 10 jaar
- Merendeels 2 metingen (10), meer meetmomenten (3)
- Aantal expliciet op zoek naar voorspeller/ vulnerability/ predictive value (6)



Verschillen in studie mbt meetparameters

- Audiometrie: frequentie bereik en resolutie
- TEOAE:
 - Stimulus intensiteit: 74/80/84
 - Inclusie criterium
 - Frequentieband/ broadband response
- DPOAE:
 - Stimulus intensiteit van L1 en L2, meest 65/55
 - Inclusie criterium
 - Frequentie bereik en resolutie



Verschillen in studie mbt meetparameters

Authors	PTA		TEOAE				DPOAE			
	Frequency	Inclusion	Frequency range, Δ (kHz)	Stim int (dB pSPL)	Mode	No of average	Inclusion	Frequency range f2 (kHz)	Frequency res Δ (total)	L1/ L2 (dB SPL)
Duvdevany & Furst (43)	0.25, 0.5, 1, 2, 3, 4, 6, 8	NM	overall	84	NL	260	-	-	-	-
Konopka et al (44)	0.25-12	SNR \geq 0	-5 (1 kHz)	80	NL	260	-	-	-	-
Murray et al (47)	0.5, 1, 1.5, 2, 3, 4, 6, 8	stab \geq 80%	overall/ wave repro	80	NL	260	-	-	-	-
Helleman et al (39,40)	0.5, 1, 2, 3, 4, 6, 8	SNR \geq 0 NFS	1-4 (1/2 oct)	80	NL	280	SNR \geq 0 * NFS	0.8-8.0	1/8 oct (27)	75/70
Lapsley Miller et al (49)	0.5, 1, 2, 3, 4, 6	SNR \geq 0 NFS	0.7-4 (1/2 oct)	74	NL	260	SNR \geq 0 * NFS	1.8-4.5	1/6 oct (9)	57/45, 59/50, 61/55, and 65/45
Lapsley Miller et al (46)	0.5, 1, 2, 3, 4, 6, 8	SNR \geq 0 NFS	0.7-4 (1/2 oct)	L: 80, 74, 68, 62 NL: 80, 74	L NL ^b	540	SNR \geq 0 *	1.0-8.0	31 frequency spaced evenly in log2 steps	70/60, 65/55, 65/45, 60/50, 60/40, 55/45, and 55/35
Marshall et al (45)	0.5, 1, 2, 3, 4, 6	SNR \geq 0 NFS	0.7-4 (1/2 oct)	74	NL	260	SNR \geq 0 * NFS	1.8-4.5	1/6 oct (9)	57/45, 59/50, 61/55, and 65/45
Shupak et al (51)	0.5, 1, 2, 3, 4, 6, 8	SNR \geq 6 ^d	1-4 (1/2 oct)	80	NM	256	SNR \geq 6 ^d	0.9-12.0	1/3 oct (12)	65/55
Job et al (48)	0.25, 0.5, 1, 2, 3, 4, 8	-	-	-	-	-	SNR \geq 2	0.6-8.9	1/8 oct (32)	65/55
Moukos et al (50)	0.25, 0.5, 1, 2, 3, 4, 6, 8	-	-	-	-	-	SNR \geq 0 * NFS	1.0-6.0	1/2 oct (7)	65/55
Seixas et al (41)	0.5, 1, 2, 3, 4, 6, 8	-	-	-	-	-	No criterion ^e	2.0-8.0	1/2 oct (5)	65/55
Seixas et al (42)	0.5, 1, 2, 3, 4, 6, 8	-	-	-	-	-	No criterion	1.0-10.0	21 log-spaced f2 frequency	65/55

Uitkomsten

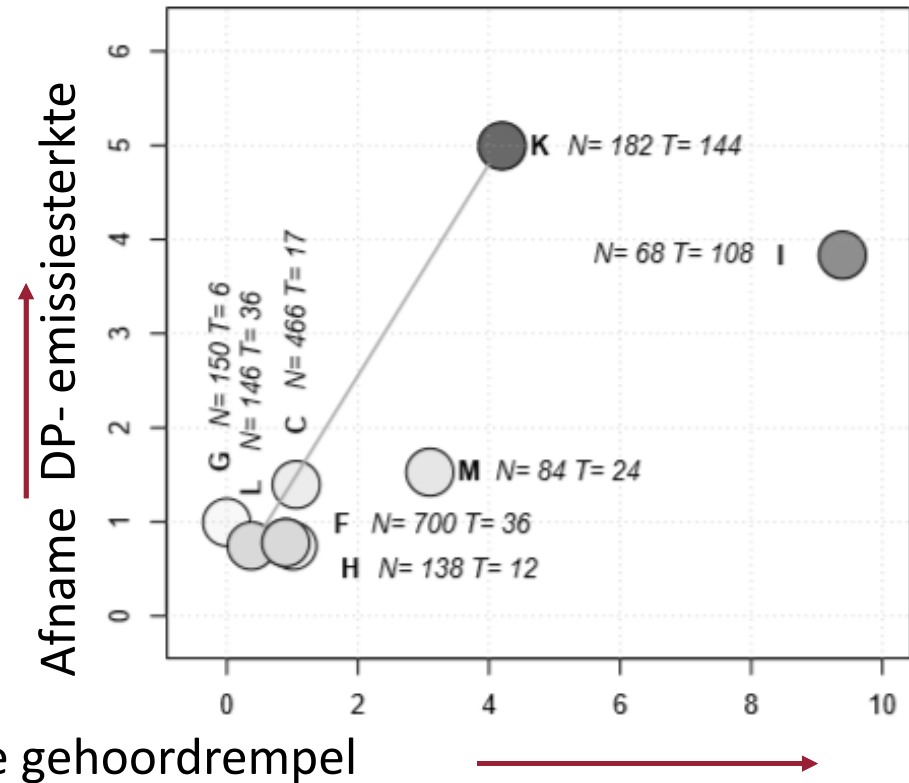
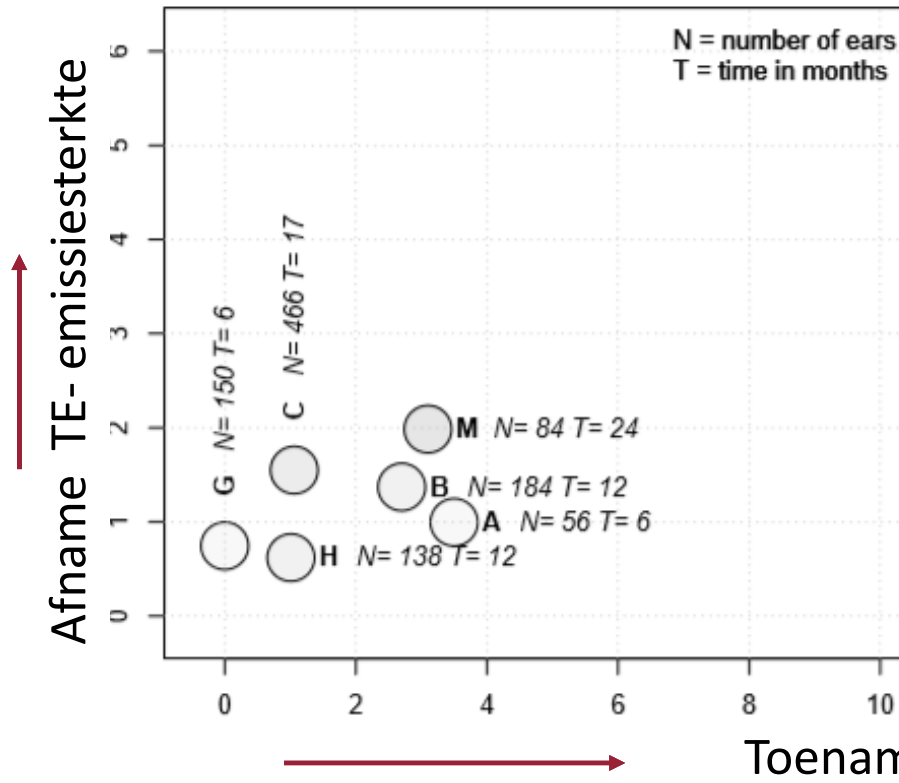
1. Uitkomsten op groepsniveau
2. Individuele veranderingen
3. Voorspellende waarde/ gevoeligheid



Uitkomsten op groepsniveau

- Verschillende frequenties waar effect optreedt
 - 7 studies sign effecten audiometrie en OAE
 - 1 geen effecten in beide
 - 3 studies niet audiometrie wel in OAE
- Enige overeenkomst OAE en audiometrie → verslechtering gehoor
- Effecten klein:
 - Audiometrie 1-2 dB tot 3 jaar, 4-9 dB HL langere duur
 - TEOAE ~ 2 dB tot 3 jaar
 - DPOAE ~2 dB tot 3 jaar, ~5 dB langere duur
- Simplificatie met eerste orde benadering





- Effecten klein:

- Audiometrie 1-2 dB tot 3 jaar, 4-9 dB HL langere duur
- TEOAE ~ 2 dB tot 3 jaar
- DPOAE ~2 dB tot 3 jaar, ~5 dB langere duur



Individuele shifts

- Verschillende grootte wanneer verandering een significante is
- Verschillende manieren hoe dit is bepaald

Table 3. Significant threshold shifts (STS) and significant emissions shift (SES), their size and origin. [PTA=pure-tone audiometry; DPOAE=distortion product otoacoustic emissions; TEOAE=transiently evoked otoacoustic emissions; NM=not mentioned; CI=confidence interval; SEmeas=standard error of measurement, Δ SEmeas=standard error of measurement of the difference

Authors	Size (dB SPL)	PTA: STS		TEOAE: SES		DPOAE: SES	
		Rationale	Size (dB SPL)	Rationale	Size (dB SPL)	Rationale	
Helleman & Dreschler (39)	>14.5	Δ SEmeas 95% CI, 60 subjects (111 ears, test-retest)	4.0	Δ SEmeas 95% CI, 60 subjects (111 ears, test-retest)	7.0–12.4 ^a	Δ SEmeas 95% CI, 60 subjects (94–109 ears, test-retest)	
Lapsley Miller et al (49)	>8.3–25 ^a	Δ SEmeas 98% CI, 28 subjects (56 ears, control)	3.2–7.5 ^a	Δ SEmeas, 98% CI, 28 subjects (35–46 ears, control)	4.6–8.5 ^a	Δ SEmeas, 98% CI, 28 subjects (33–43 ears, control)	
Lapsley Miller et al (46)	>8.3–25 ^a	Avg+3 \times SEmeas 53 subjects (106 ears, control)	3.5–7.6 ^a	Avg+3 \times SEmeas 53 subjects (83–103 ears, control)	5.0–7.2 ^a	Avg+3 \times SEmeas 53 subjects (93–106 ears, control)	
Marshall et al (45)	>8.3–15 ^a	Δ SEmeas 98% CI, 32 subjects (64 ears, control)	4.0–6.1 ^a	Δ SEmeas 98% CI, 32 subjects (36–54 ears, control)	6.0–8.7 ^a	Δ SEmeas 98% CI, 32 subjects (36–54 ears, control)	
Moukos et al (50)	\geq 15	NIOSH (52)	-	-	5.8–12.4 ^a	Avg+3 \times SEmeas 33 subjects (58–65 ears, control)	
Murray et al (47)	\geq 15	Australia/NZ 1269 subjects (53)	Wave repro >28%	From unpublished study	-	-	
Duvdevany & Furst (43)	\geq 10	NM	-	-	-	-	
Job et al (48)	>5	All frequency \leq 0dB HL change to \geq 1 frequency \geq 15	-	-	-	-	
Shupak et al (51)	\geq 10	NM	-	-	-	-	

^a Frequency dependent.

Individuele shifts (6 studies)

- Verschillende methodiek bij bepaling "shift"
- Verschil in grootte
 - Audiometrie: 5-25 dB(HL)
 - TEOAE: 3.2-7.6 dB(SPL)
 - DPOAE: 4.6-12.4 dB (SPL)
- Totaal aantal shifts relatief laag
 - Audiometrie: 4.4-13.7%, 43% ($N_{\text{ears}}=18-64$)
 - TEOAE: 6.8-14% ($N_{\text{ears}}=10-62$)
increases 2 studies: 10 en 24% ($N_{\text{ears}}=35,47$)
 - DPOAE: 4-12%, max 52% ($N_{\text{ears}}=20-44$)
increases 1 studie: 9% ($N_{\text{ears}}=41$)
- Geen overeenstemming in voorkomen shift in audiometrie en OAE (1-19%, $N_{\text{ears, max}}=13$)



Voorspellende waarde (6 studies)

- Methode meestal gebaseerd op aanwezigheid shift audiometrie (definitie)
- *Geen consensus over waarde lage uitgangsemissie voorspellend voor optreden shift op later moment*
- 6 expliciete hypothese doel, 1 gecheckt → 7 studies
- Uitgangsemissie voorspellen voor optreden shift?
- 4 studies lage emissie → shift
 - Echter, groot aantal vals positieven
- 1 studie "medium" emissie → shift
- 2 studie geen relatie



Conclusie

- Data heterogeen
 - Populatie
 - Aantal personen, leeftijd, uitgangsgheoor, expositie
 - Metingen
 - Levels, frequenties
 - Kwaliteit
 - Reporting, analyse, SNR inclusie
- 1. Kleine verandering: verslechtering gehoor
- 2. Geen overeenkomst in optreden individuele verandering
 - Audiometrie blijft standaard
- 3. Geen consensus over gevoeligheid, teveel verschil in onderliggen methodiek en groot aantal vals positieven



Aanbevelingen

- Verminderen heterogeniteit in dergelijke studies
- Setup
- Methodologie
- Effect van exclusie obv SNR
- Toegang tot ruwe data
 - Spreiding
 - Effecten verschillende criteria



Take home- message

- Heterogene studies, op veel domeinen
 - Populatie
 - Stimulusparameters
 - Soort van analyse (groep/ individu)
 - Inclusie van data bron van bias
- Beperkte duur van follow-up
- Beperkt aantal herhaalde metingen tbv voorspellende waarde
- Effecten in audiometrie en OAE zijn klein
- Individuele veranderingen in audiometrie kunnen niet geassocieerd worden met OAE



Vragen?



Individuele shifts (6 studies)

- Geen overeenstemming in voorkomen shift in audiometrie en OAE
- Maximale overeenstemming in audiometrie met OAE shifts is 1-19%, NB klein aantal oren

Authors	PTA: STS		TEOAE: SES		DPOAE: SES		Agreement STS/SES _{TE}		Agreement STS/SES _{DP}	
	N (ears)	%	N (ears)	%	N (ears)	%	N (ears)	%	N (ears)	%
Helleman & Dreschler (39)	64	13.7	SES 62 SES+ 47	14 10	SES 20 SES+ 41	SES 4.4 SES+ 9	SES- 3 SES+ 8		SES- 2 SES+ 10 ^a	0.4 2.1 ^a
Lapsley Miller et al (49)	18	4.4	41	12	41	12	-- ^b	-- ^b	-- ^b	-- ^b
Lapsley Miller et al (46)	12	8.7	-- ^c	-- ^c	-- ^c	-- ^c	4	2.9 ^d	2	1.5 ^d
Marshall et al (45)	42	7.4	49	8.6	42 ^e	7.4 ^e	12	2.1	7 ^e	1.2 ^e
Moukos et al (50)	29	43	--	-	34	52	--	--	13	19.6
Murray et al (47)	14	9.5	SES 10 SES+ 35	6.8 2.4	--	--	1 -- ^f	0.6 -- ^f	--	--

^a For the combination of STS and SES+ at 3kHz, SES- at 1.5 kHz.

^b Unknown number/ percentage: only mentioned that 31% of STS ears had SESTE either increase or decline, and 50% had SESDP for any of the measured frequencies, either increase or decline.

^c Total number of SES not reported, only reported for ears with a permanent STS.

^d Percentage was not given in original text with different number of ears per analyses, computed for this table based on percentage STSs column.

^e For another DP setting the number of SES was 44, with an accompanying 6 STS/SES cases.

^f Number of ears with SES+ and STS not mentioned in original text.



Kwaliteit mbv Black Downs checklist

- Geen uitsluiting van studies
- Max score 16 punten
- Range scores 9-14
- Veelal ruwe data niet te vinden
- Statistiek niet toereikend ikv herhaalde metingen
- Onduidelijk hoeveel personen/ oren zijn afgevallen
 - Van baseline naar follow-up
 - In de ene meetmethode wel, andere niet
 - In de ene analyse wel, de andere niet



Opmerkingen

- Eerste orde benadering
- Beperkte duur van follow-up
- Heterogeniteit
- Kwaliteit wisselend
- Publication bias?
- Eigen studies beoordeeld
- Geen controle op tussentijdse expositie



Take home - message

- Claims on the advantages of otoacoustic emissions (OAE) over pure-tone audiometry are mostly based on cross-sectional studies.
- This review is the first comparing both methods in longitudinal studies of noise-induced hearing loss.
- A notable outcome was the heterogeneity in the data, preventing a meta-analysis.
- Overall, changes in both methods were small.
- The studies agreed that OAE cannot classify individual shifts in audiometry.

