

# Riktlinjer för benledda hörselsystem i Sverige

# Riktlinjer för benledda hörselsystem i Sverige

Författare:

Ann-Charlotte Persson, audionom/doktorand Hörselverksamheten Göteborg, Göteborgs Universitet

Mona Eng, audionom/doktorand, Hörselverksamheten Vänersborg, Göteborgs Universitet

Åsa Green, audionom, Hörselverksamheten Karlstad

Cecilia Engmér Berglin, överläkare, Öron-, näs och halskliniken, Sofiahemmet Stockholm

Måns Eeg-Olofsson, docent, överläkare, Öron-, näs och Halskliniken, Frölunda Specialistsjukhus, Göteborg

## **Förord**

Dessa riktlinjer är framtagna i ett försök att ge information samt beskriva ett tänkt arbetssätt för benledda hörselsystem. Dokumentet är ett resultat av ett långvarigt arbete som startade 2018. Arbetsgruppen som 2023, slutfört dokumentet består av audionomer och läkare med mångårig erfarenhet av att arbeta med benledda hörselsystem för både barn och vuxna.

## Innehåll

Ordlista .....	4
Introduktion .....	5
Syfte med riktlinjer .....	5
Etiska aspekter .....	5
Begrepp och förkortningar .....	5
Hörsel .....	6
Luftlett ljud och benlett ljud .....	6
Konsekvenser av att inte höra .....	6
Sociala och medicinska aspekter .....	6
Prevalens av HNS .....	6
Benledda hörsellösningar .....	7
Bakgrund .....	7
Perkutan benledd hörsellösning .....	7
Implanterbara benledda hörsellösningar .....	8
Icke invasiv benledd hörsellösning mot huden (hudBCD) .....	8
Passiv transkutan benledd hörsellösning (ptBCD) .....	8
Aktiv transkutan benledd hörsellösning (atBCD) .....	8
Indikationer för benledda hörsellösningar .....	9
Medicinska .....	9
Audiologiska .....	9
Relativa kontraindikationer för percBCD .....	9
Relativa kontraindikationer för atBCD, ptBCD .....	9
Aktiva mellanöreimplantat – Ett alternativ till den benledda hörsellösningen .....	9
Utredning .....	10
Före operation .....	10
Preoperativ information: .....	10
Kirurgiska metoder .....	11
Komplikationer .....	11
PercBCD .....	11
Komplikationer för implanterbara benledningshörapparater .....	13
Magnetkameraundersökning (MRI) vid transkutana BCD .....	13
Hörseldiagnostik och rehabilitering .....	14
Hörseldiagnostik .....	14
Hörselrehabilitering .....	14
Bilateral anpassning .....	14

Ensidig dövhet .....	14
Utvärderingsmetoder .....	15
Feedback och batteriförbrukning .....	15
Barnpopulation – Speciella överväganden .....	15
Hälsoekonomi .....	17
Kostnader .....	17
Hälsoekonomisk utvärdering .....	17
percBCD eller atBCD .....	17
Sammanfattning .....	18
Flödesschema – vuxna .....	19
Flödesschema – barn .....	20
Checklista att skriva ut .....	21
Referenser .....	22

## Ordlista

Adhear	En hudBCD som appliceras mot en plastplatta vilken är vidhäftad som ett plåster bakom örat
AMI	Aktivt mellanöre implantat
Atresi	Ett medicinskt tillstånd varvid ett håligt organ saknar öppning
BAHA	Bone anchored hearing aid Benförankrad hörapparat
Baha® Attract	ptBCD (Cochlear)
Baha® Connect	percBCD (Cochlear)
BCD	Bone Conduction Device Benledningshörapparat
atBCD	Aktiv transkutan BCD
hudBCD	Icke invasiv BCD – t.ex. applicerad på huden eller på en plastplatta mot öronbenet (mastoidbenet)
percBCD	Perkutan BCD
ptBCD	Passiv transkutan BCD
Bonebridge	Aktiv transkutan BCD (Med El)
DT	Datortomografi
Headband	Stålbygel som går över huvudet. Används för BAHA som en icke invasiv BCD
HNS	Hörselnedsättning
Komorbidity	Samsjuklighet
Mikroti	Medfödd avvikelse där ytterörat inte utvecklats normalt
Osia	Aktiv transkutan BCD (Cochlear)
Ponto	Perkutan BCD (Oticon Medical)
Sleeper	Ett vilande benförankrat titanimplantat Reservimplantat
Soft band	Elastiskt band som fästs runt huvudet. Används för BAHA som en icke invasiv BCD
Sound Arc	Bygel som går runt baksidan av huvudet. Används för BAHA som en icke invasiv BCD
SSD	Ensidig dövhet (Single Sided Deafness)
TMV3	Tonmedelvärde för 0,5, 1,0, och 2,0 kHz
TMV4	Tonmedelvärde för 0,5, 1,0, 2,0 och 4,0 kHz
Vibrant Soundbridge	Aktivt mellanöreimplantat (Med El)

## Introduktion

### Syfte med riktlinjer

Syftet med dessa riktlinjer är att tydligt definiera indikationer samt ge riktlinjer för behandling med benledda hörselsystem som en del av vården för vuxna och barn med hörselnedsättning.

I dag fastställer varje behandlande enhet sina egna riktlinjer för behandling. Detta leder till olika bedömningar för behandling över landet och därmed potentiell risk för ojämlig vård.

Enligt portalparagrafen (§ 2) i hälso- och sjukvårdslagen "Vård på lika villkor", skall alla medborgare ha lika rätt till vård och behandling. Gemensamma indikationer och riktlinjer för behandling bidrar till att säkerställa optimerad, ändamålsenlig och kunskapsbaserad behandling - oberoende av patientens geografiska hemvist.

### Etiska aspekter

#### *Vård på lika villkor*

Enligt svensk hälso- och sjukvårdslag (Hälso- och sjukvårdslagen 2017:30) ska den vård som medborgare får vara på lika villkor, och som vägledning finns den etiska plattformens tre principer: människovärdesprincipen, behovs- och solidaritetsprincipen samt kostnadseffektivitetsprincipen. Alla människor har lika värde och samma rätt, enligt människovärdesprincipen, oavsett bakgrund, åsikter eller personliga egenskaper. I behovs- och solidaritetsprincipen beskriver man att resurserna bör fördelas efter behov, d.v.s. de som har de svåraste sjukdomarna ska få vård först. Enligt principen ska också behoven hos svaga grupper, som själva inte kan tala för sig, uppmärksammas. I den sista principen, kostnadseffektivitetsprincipen, ska det finnas en rimlig relation mellan effekten av behandlingen och dess kostnad.

En hörselnedsättning påverkar förmågan att kommunicera med omvärlden och kan ha stor inverkan på livskvalitén. I FN:s konvention om rättigheter för personer med funktionsnedsättning (1) har personer med funktionsnedsättning rätt att utan diskriminering få bästa möjliga hälsa. I Hälso- och sjukvårdslagen innebär det att åtgärder för att medicinskt förebygga, utreda och behandla sjukdomar och skador ska utföras. Vid flera relevanta behandlingsalternativ ska patienten ha möjlighet att välja behandling. Enligt World Health Organization (2) är det viktigt att involvera patienterna i vården utifrån patientcentrerad vård som syftar till att tillvarata patientens perspektiv och ge vård anpassad utifrån patientens behov. I ett konsensusuttalande för benledda hörapparater och mellanöreimplantat (3) ges exempel på vad patientcentrerad vård kan innebära för denna grupp patienter. Några exempel som tas upp är att ge information om aktuella vårdalternativ, kirurgi, olika hörhjälpmedel samt att ge realistiska förväntningar på de olika hörhjälpmedlen och vad som kan ske över tid. Patientens egna behov, förutsättningar och förväntningar ska också alltid diskuteras.

### Begrepp och förkortningar

Benledda hörsellösningar har internationellt genom åren benämnts på olika sätt. Några exempel är Bone Anchored Hearing Aids (BAHA), Bone Anchored Hearing Solutions (BAHS) eller Bone Anchored Hearing Implants (BAHI). Bone Conduction Devices (BCD) är en benämning på alla typer av benledningshörapparater (Figur 1). Benämningen BCD användes också i en publicerad konsensusartikel skriven av ledande forskare inom området (3) och är det som fortsättningsvis kommer att användas som en övergripande benämning på benledningshörapparater i denna riktlinje.

## Hörsel

### Luftlett ljud och benlett ljud

Ljudvågor som når hörselgången leder till att trumhinnan och hörselbenen vibrerar.

Ljudvibrationerna fortleds till innerörevätskan i hörselnäcken varpå nervimpulser alstras i hörselnerven. Detta kallas för att höra genom luftlett ljud. Ljudvågor når också hörselnäcken via skallbenet, vilket kallas för att höra genom benlett ljud. Ljudvågor överförs då som vibrationer i skallbenet vilket också vibrerar hörselnäcken, och följaktligen även innerörevätskan. Starka ljud i vår omgivning, men även våra egna kroppsljud, t.ex. rösten, når hörselnäcken via både luftlett och benlett ljud. Det är detta fenomen som gör att vår röst som spelas in låter annorlunda än hur vi själva uppfattar vår röst då den inspelade rösten bara är luftlett ljud. Hur benlett ljud stimulerar hörselnäcken är inte helt klarlagt. Det finns många likheter mellan benlett och luftlett ljud men också en del olikheter. En avgörande vetenskaplig upptäckt gjorde von Békésy (4) när han visade att människan inte kan avgöra om ljudstimuleringen av hörselnäcken sker via luftlett eller benlett ljud. Detta avgörande fynd har också repeterats av andra forskare (5-8).

### Konsekvenser av att inte höra

#### Sociala och medicinska aspekter

Enligt WHO är hörselnedsättning en av de sjukdomar som påverkar den globala hälsan mest. Hörselnedsättning påverkar inte enbart förmågan att kommunicera utan kan även ha stor påverkan på fysisk funktion, känslomässigt välbefinnande, psykisk hälsa och socialt engagemang. Därmed kan hörselnedsättningen utgöra en stor belastning för individen såväl som för hela familjer, på den hörselnedsattas sociala nätverk och på samhället generellt, vilket gör det viktigt att överväga effekterna av hörselnedsättning på livskvaliteten ur ett funktionellt, känslomässigt samt ett socialt perspektiv. En god hörsel för barn är också extra viktig för att de ska kunna utveckla ett talat och rikt språk samt kognitiva funktioner, vilket i sin tur påverkar möjligheterna till utbildning och framtida yrke (9).

Studier tyder på att den fysiska och psykiska livskvaliteten är lägre hos personer med hörselskada än hos dem med normal hörsel (10). Det är väl etablerat att personer med hörselskador kan uppleva psykisk belastning och trötthet från kraven på att anpassa sig till hörselmiljön. Det finns tydliga kopplingar mellan nedsatt hörsel och isolering (11), depression (12), ångest och till och med en för tidig död för personer över 60 år (13). Hörselnedsättning anses även vara en riskfaktor för nedsatt kognition (14) samt demens (15-17).

Denna påverkan på livskvaliteten kan ha omfattande konsekvenser både för vuxna och barn. Exempelvis kan hörselnedsättning inverka på sociala interaktioner och på utbildningsnivå. Hörselnedsättningen kan därför även leda till minskad möjlighet till sysselsättning. Individer med hörselnedsättning har större risk för arbetslöshet än normalhörande individer och är betydligt mindre representerade när det gäller ledande eller professionella ställningar.

### Prevalens av HNS

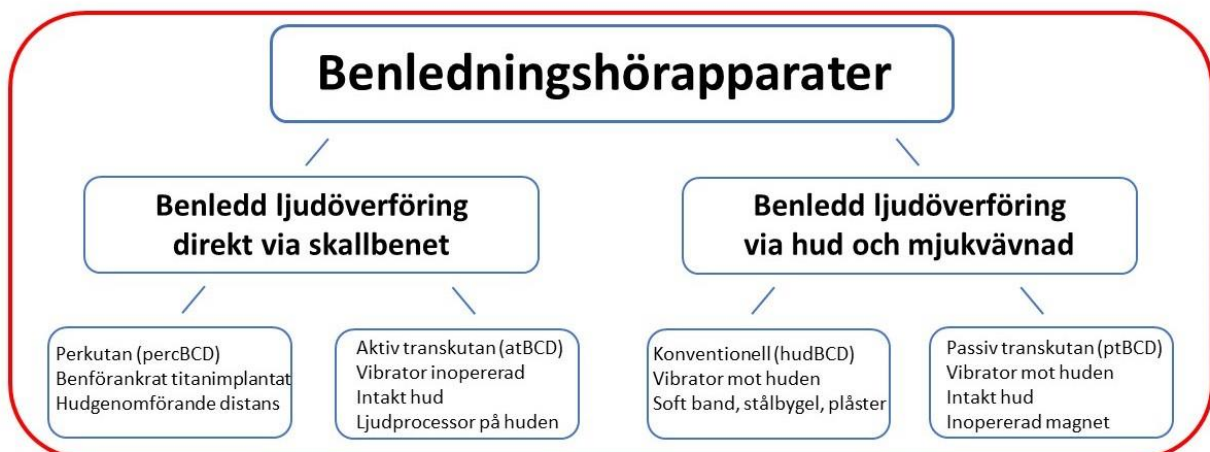
I Sverige har cirka 1,5 miljoner vuxna och ca 25 000 barn nedsatt hörsel (18). Av dessa har ungefär 9 000 en konduktiv hörselnedsättning, 5 300 en kombinerad hörselnedsättning och ca 10 000 har en ensidig dövhet (10, 19-21). På grund av mörkertal kan vi anta att prevalensen är ännu högre, men det är framför allt dessa grupper som är aktuella för benledda hörsellösningar. Exempel på orsaker till konduktiva hörselnedsättningar är kronisk otit där prevalensen i Sverige är ca 2 800, och atresi där prevalensen är ca 400 (22-25).

# Benledda hörsellösningar

## Bakgrund

Den konventionella benledningshörapparaten appliceras mot huden och består av en mikrofon, en ljudprocessor och en vibrator. Ljudvågor omvandlas i vibratorn till mekaniska vibrationer som fortleads över hud, muskulatur och annan mjukvävnad, till skallbenet och sedan vidare till hörselnäckorna. Denna lösning leder till att högfrekventa ljud dämpas på grund av att vibrationerna måste passera hud och annan mjukvävnad. Vidare orsakar trycket mot huden inte sällan obehag, smärtor och hudinflammationer/infektioner. För att komma till rätta med dessa sidoeffekter upptäckte docent Anders Tjellström och medarbetare på Öron-, Näs och Halskliniken på Sahlgrenska Universitetssjukhuset i samarbete med Professor Bo Håkansson på Chalmers Tekniska högskola, att man med hjälp av ett titanimplantat förankrad i skallbenet (titanimplantat), kunde stimulera hörselnäckan med ljudvibrationer via implantatet och på så sätt undvika ljuddämpningen på grund av huden och också trycket från hörapparaten. Upptäckten byggde på Professor Per Ingvar Brånemarks banbrytande studier att titan på ett unikt sätt förankrades i levande ben, så kallad osseointegration (26-30). Den benförankrade hörapparaten uppfanns och utvecklades (31) vilket har haft en stor betydelse för patienter världen över med indikation för benledningshörapparat.

Den benledda hörsellösningen har genom åren utvecklats både avseende den kirurgiska metoden och tekniska lösningar. Sedan i början 2000-talet har också implanterbara benledningshörapparater börjat utvecklas, med huvudsakligt syfte att undvika komplikationer på grund av titanimplantatens hudgenomföring. Benledningshörapparater indelas enligt Reinfeldt et al. (2015) (32).



Figur 1. Översikt över benledningshörapparater.

## Perkutan benledd hörsellösning

Den benförankrade hörapparaten är en perkutan BCD (percBCD). percBCD systemet består av flera delar:

- Ett titanimplantat som förankrats i skallbenet bakom ytterörat
- En hudgenomförande distans som är fastskruvad på det benförankrade titanimplantatet
- En ljudprocessor som är applicerad på distansen.

Ljudprocessorn består av en mikrofon, batterier och en digital ljudprocessor, allt i samma hölje. Ingående ljudvågor omvandlas i ljudprocessorn till mekaniska vibrationer som fortleads genom titanimplantatet direkt till skallbenet och sedan vidare till hörselnäckan.

## Implanterbara benledda hörsellösningar

För patienter som på grund av recidiverande infektioner runt percBCD, implantatförluster eller att patienten av kosmetiska skäl önskar en annan hörsellösning än percBCD, finns det BCD som anläggs mot huden och olika typer av semiimplanterbara akustiska implantat där ljudprocessorn fäster till ett inopererat implantat via en yttre och inre magnet. Valet av implantat är ett komplext beslut som baseras på olika faktorer. Utöver audiologiska, kirurgiska och anatomiska faktorer, ska också subjektiva faktorer så som patientens förväntningar och behov av olika funktioner kopplade till ljudprocessorn tas med i beräkningen.

### Icke invasiv benledd hörsellösning mot huden (hudBCD)

Idag används den konventionella BCD mot huden som i denna riktlinje är benämnd hudBCD. Den viktigaste funktionen är att fortleda ljud till innerörat på barn som är för unga för att få pecBCD. Andra användningsområden är utvärdering av BCD inför beslut om kirurgi med BCD, vissa fall där man vill undvika en kirurgisk lösning eller i väntan på planerad hörsel förbättrande mellanörekirurgi. Det finns idag flera alternativ för hudBCD, ett elastiskt band eller huvudbygel som håller fast BCD (soft band/headband/SoundArc), eller en självhäftande platta på vilken man fäster en BCD. Fortfarande används hudBCD som del i glasögonskalmar även om detta numer är ganska ovanligt.

### Passiv transkutan benledd hörsellösning (ptBCD)

Baha<sup>®</sup> Attract är ett ptBCD som består av ett benförankrat BI300 implantat (Cochlear BAS, Göteborg, Sverige) i skallbenet bakom ytterörat, och på implantatet fästs en magnet. Huden sys därefter ihop och är alltså intakt efter läkning. Ljudprocessorn kopplas sedan till en yttre magnet som appliceras via den intakta huden till den inre magneten. Processorns ljudvibrationer överförs genom huden till den inre magneten och vibrationerna fortplantar sig sedan till implantatet och skallbenet. Implantatet är alltså passivt eftersom det inte är implantatet själv utan den yttre ljudprocessorn som genererar vibrationerna. För att den yttre och något utstående ljudprocessorn ska fästa bra till den inre magneten och dessutom överföra vibrationer genom huden, krävs en relativt stark magnet. Även när magneten med den påkopplade ljudprocessorn har god hudkontakt dämpar huden överföringen av vibrationer med 5-25 dB jämfört med de perkutana lösningarna, och dämpningen är som störst i de höga frekvenserna (33). Om Attract inte ger tillräckligt god förstärkning kan man konvertera den till en perkutan lösning då man via en mindre operation tar bort den inre magneten och ersätter den med en hudgenomförande distans.

### Aktiv transkutan benledd hörsellösning (atBCD)

Hos de aktiva transkutana BCD (atBCD) är vibratoren i direkt kontakt med skallbenet och är också en del av det inopererade implantatet. På svenska marknaden finns det två atBCD, Bonebridge (Med-El, Innsbruck, Österrike) och Osia (Cochlear BAS, Göteborg, Sverige). Implantaten består av ett implantathus med en retentionsmagnet, en spole och en vibrator. Ljudprocessorn fäster till retentionsmagnetens transkutant (intakt hud). Bonebridge har en elektromagnetisk vibrator, och Osia en piezoelektrisk vibrator. Vibratoren på Bonebridge borrar ner 4,5 mm i mastoiden varför en preoperativ datortomografi (DT) vanligtvis inte behöver göras, men skall övervägas hos barn och patienter med missbildningar av skallbenet. Implantatet är godkänt från 5 årsålder. Osia's piezoelektriska vibrator fästs på Cochlears BI300 implantat och kan sättas så snart man bedömer att skallbenet är tillräckligt tjockt (3 mm).

## Indikationer för benledda hörsellösningar

### Medicinska

Hörselsystem som grundar sig på benlett ljud är effektiva och välbeprövade behandlingsmetoder för personer med konduktiv hörselnedsättning, kombinerad hörselnedsättning eller ensidig dövhet. I de två första grupperna kan orsakerna vara t.ex. kronisk otitis media, otoskleros, atresi eller ledningshinder orsakade av olika syndromala hörselnedsättningar. Ensidig dövhet kan orsakas av genetiska faktorer, Ménières sjukdom, vestibularisschwannom, trauma, virus, infektion, ototoxisk påverkan, exponering av mycket starka ljud eller autoimmun sjukdom i innerörat.

### Audiologiska

Vägledande gränser för hörselnedsättning som kan innebära att en benledd hörsellösning är indicerad:

- Sensorisk funktion, TMV4 för benledning  $\leq 55$  dB HL.
- Luft - bengap, TMV4  $\geq 30$  dB
- Ensidig dövhet, TMV4  $\leq 35$  dB HL på den fungerande hörselnäcka.

### Relativa kontraindikationer för percBCD

- Oförmåga att hantera den benledda hörapparaten
- Oförmåga till hygien och omvårdnad av huden runt implantatet
- Hudproblem
- Strålskada av hud och skallben

### Relativa kontraindikationer för atBCD, ptBCD

- Regelbunden MR undersökning
- Område i skallen, hjärnan som behöver undersökas med MR och som riskerar att döljas av artefakten från implantatet

### Aktiva mellanöreimplantat – Ett alternativ till den benledda hörsellösningen

Om den sensoriska funktionen ligger sämre än föreslagna trösklar ovan och att patienten inte upplever att hudBCD ger den förstärkning som är önskad, bör man överväga om ett mellanöreimplantat är ett bättre alternativ. Observera att AMI inte är indicerat vid ensidig dövhet.

Det aktiva mellanöreimplantatet (AMI) som används i Sverige är Vibrant Soundbridge från Med-El. Implantatet utvecklades initialt för att behandla moderat till svår sensorineural hörselnedsättning hos patienter som inte kan använda konventionell hörapparat, tex till följd av hörselgångseksem eller andra sjukdomar i hörselgång eller ytteröra. Systemet har dock även visat sig framgångsrikt vid behandling av konduktiv eller kombinerad hörselnedsättning. Vibrant Soundbridge är ett implantat där ljudprocessorn fästs till implantatets retentionsmagnet via en magnet över intakt hud, precis som i fallen för aktiva transkutana BCD. Implantatet sitter via en elektrod ihop med en vibrator som utgörs av liten magnet som i sin tur kan fästas på hörselbenen med olika typer av hållare eller läggas mot rundafönstermembranet liksom mot ovala fönstret.

Inför operation med AMI gör man i de allra flesta fall en DT för att undersöka de anatomiska förutsättningarna för att sätta implantatet liksom potentiella risker vid kirurgi.

Till skillnad mot perkutana implantat där implantatets koppling till benet och därmed ljudöverföring är relativt stabil så varierar effektiviteten i Vibrant Soundbridges koppling signifikant mellan patienter

beroende på var kopplingen placeras och hur det utförs (34, 35).

För att sätta Vibrant Soundbridges vibrator på plats krävs en uppborrning av mastoiden och ibland en bakre tympanotomi (öppning till mellanörat från mastoiden mellan facialisnerven och smaknerven) i de fall man inte kan fästa vibratorn på städets korta utskott. Typen av hörselnedsättning och mellanörats anatomi avgör var man fäster vibratorn. Vid konduktiv eller kombinerad hörselnedsättning placeras vibratorn på stigbygeln eller mot runda fönstret. Implantathuset läggs precis som för Osia och Bonebridge in under muskeln eller benhinnan och fästs i omkringliggande ben med två skruvar.

## Utredning

### Före operation

Preoperativ information:

Då antalet möjligheter med benledningshörapparat genom åren har ökat blir också den preoperativa informationen mer och mer utförlig. Nedan följer en punktlista över den viktigaste informationen man bör tänka på att delge patienten när denne är på besök efter att test på soft band har visat att det finns indikation för operation. Kunskapen om punkterna nedan är olika för olika yrkeskategorier och en samsyn och kunskapsspridning bör ske inom teamet så att alla vet hur de skall informera patienten. Vad gäller patientens hörsel och vilket implantat som är lämpligast, finns idag endast begränsad kunskap.

Patienten bör informeras om skillnader, fördelar och nackdelar med de olika hörapparaterna vad gäller:

- Intakt hud eller hudgenomföring?
- Narkos eller lokalbedövning?
- Läkningstid före anpassning av ljudprocessor
- Behov av uppföljande besök hos läkare eller audionom
- Möjlighet att avlägsna implantat
- Komplikationer på både kort och lång sikt
- Handhavande
- Kompabilitet med olika hjälpmedel/tillbehör/mobiltelefoner
- MRI kompatibilitet
- Batterikonsumtion
- Ersättningskyldighet vid förlust av ljudprocessorn

Patienter med förväntad normal anatomi behöver inte genomgå någon kompletterande röntgenundersökning i form av DT. Om patienten däremot har missbildning av ansiktsskelettet och/eller skallbenet bör man överväga att göra en DT för att utröna om det finns anatomiska varianter av kärl i området som kan försvåra operationen eller där implantatets placering bör anpassas. Vid en DT kan man också kontrollera skallens tjocklek.

Vuxna patienter genomgår operation med percBCD i lokalbedövning. De transkutana implantaten opereras i narkos, men kan i de flesta fall utföras i lokalanestesi om det anses lämpligt.

Barn opereras i narkos.

## Kirurgiska metoder

Kirurgin för percBCD har under årens lopp förändrats med syfte att förenkla kirurgin och att komplikationerna skall reduceras. Även titanimplantatet och distansen på titanimplantatet har genomgått stora förändringar.

Initialt utfördes operationen i två steg (36) inkluderande mjukdelsreduktion och implantation av implantat vid första operationen, och punsch för applicering av distansen i en andra seans fyra till sex veckor senare. Mjukdelsreduktionen innebar att man tunnade ut huden så att hårfolliklar lätt kunde skrapas bort samt att mjukdelar avlägsnades ned till benhinnan, vilken också tunnades ut. På vuxna gjordes sedermera ingreppet i en seans. År 2009 började olika forskare att ifrågasätta om mjukdelsreduktionen var nödvändig vilket framfördes på ett antal konferenser och 2011 publicerade Malou Hultcrantz (37) den första artikeln som jämförde BAHA kirurgi med och utan mjukdelsreduktion. Studien följdes upp för både vuxna och barn som erhöll BAHA utan hudreduktion (38-41). Idag är standardproceduren att man helt bevarar mjukvävnaden.

Titanimplantatet var 3,75 mm bred och 3mm eller 4 mm långt. Dagens implantat har samma längder men har en vidare diameter, gängorna är fler och ytan har en grövre struktur där lösningarna varierar mellan tillverkarna (37).

De transkutana implantaten kräver en något större kirurgi. Baha® Attract och Osia® fästs båda i Cochlears BI300 implantat. Vid kirurgi med Baha® Attract är det en cirkulär magnet som appliceras på BI300 implantatet och den placeras bakom och i nivå med övre delen av ytterörat. Osia® består av ett implantat som läggs in under muskeln eller benhinnan bakom ytterörat i höjd med övre delen av ytterörat. Den rektangulära vibratoren appliceras på BI300 implantatet som vanligen placeras i nivå med hörselgången strax bakom mastoiden. För att frilägga platsen för vibratoren reser man en lambå av hud och muskel och ibland även muskelhinna. Ofta behöver man slipa på benet med borr för att vibratoren ska få plats.

Vid implantation av Bonebridge borrar en cirkulär fördjupning i mastoidbenet för vibratoren. Implantatet läggs in under muskeln eller benhinnan på samma sätt som med Osia, och vibratoren placeras i den borrarade fördjupningen och fästs med två skruvar i omgivande ben.

## Komplikationer

### PercBCD

Det hudgenomförande implantatet med distans skapar en ingång för bakterier vilket innebär att inflammation och infektion i huden runt distansen är en vanligt förekommande biverkning. Huden kan växa över distansen vilket omöjliggör användandet av ljudprocessorn. Smärta förekommer, ibland utan att vara associerad till inflammation eller infektion runt distansen. Vanligt förekommande är också sensibiliseringsnedsättning i anslutning till distansen, speciellt vid mjukdelsreduktion. Implantatet kan också lossna från sin förankring i skallbenet, vilket innebär att systemet inte går att använda och att ett kirurgiskt ingrepp är nödvändigt för att sätta ett nytt implantat eller att ta fram ett sedan tidigare inopererat reservimplantat (sleeper). I samband med operationen på barn sätts ett implantat med distans, men ca 1 cm vid sidan av det första implantatet sätter man också ett reservimplantat (sleeper) utan distans. Anledningen är att barn i högre utsträckning förlorar sina implantat jämfört med vuxna. Att då kirurgiskt exponera en sleeper innebär att man snabbare kan börja använda ljudprocessorn då implantatet redan är osseointegrerat.

Ett flertal artiklar är publicerade rörande komplikationer med percBCD. Efter 2010 ändrades både den kirurgiska metoden då man i högre utsträckning bevarade mjukdelsvävnaden runt

titanimplantaten. Titanimplantaten förändrades också successivt under åren efter 2010 och gjordes bredare (4,5 mm) och fick en yta med grövre struktur. De olika tillverkarna utvecklade olika lösningar. En viktig gradering av hudkomplikationernas svårighetsgrad runt titanimplantaten utvecklades av Holgers et al. 1988 (42) med en skala från 0 till 4 (0 = Ingen hudirritation, 4 = Nödvärdigt att avlägsna titanimplantaten på grund av hudinfektion). Vid en genomgång av en av riktlinjernas författare gjordes ett överslag (opublicerade resultat) både vad gäller hudkomplikationer och förlust av implantat fram till 2012 (43-63), där den ungefärliga risken för hudkomplikationer Holgers grad 2-4 var 25 % av satta titanimplantat, och risken för förlust av titanimplantatet var 15 %. Andelen revisionskirurgi oavsett orsak var 15 %. Det var uppenbart att utvecklingen av percBCD genom åren försvårade jämförelser då material och kirurgisk metod förändrats. Detta faktum beskrevs av de Wolf et al. (2008) (45) och tydliggjordes i tabell 4 i refererad artikel. Hobson et al. kom fram till sammantagen komplikationsfrekvens på 23,9 % och andelen revisionskirurgi 12,1 % (48).

Vid en genomgång av litteraturen där man jämfört percBCD kirurgi med mjukdelsreduktion och utan mjukdelsreduktion föreligger inte någon säker statistisk skillnad i hudreaktion (37, 38, 41, 64-73). Det är däremot en tendens att allvarligare hudreaktioner motsvarande Holgers 3 och 4 domineras av den gamla mjukdelsreducerande tekniken. Utan mjukdelsreduktion går det snabbare och ingreppet är mindre invasivt, känselörlusten kring titanimplantatet är mindre och det framkommer också att smärtan är mindre. Detta medför att många författare rekommenderar kirurgi utan mjukdelsreduktion. Vad gäller förlorade implantat är detta ett mindre fokus för publicerade artiklar. Slutsatsen rörande förlorade titanimplantat är att det förekommer i mindre omfattning, vilket kan bero på ny diameter och förändrad yta jämfört med de tidiga titanimplantaten.

Holgers klassificering, se figur 2, fokuserar enbart på grad av inflammation/infektion i huden runt titanimplantatet. Då den kirurgiska metoden idag för BAHA i huvudsak bevarar all mjukvävnad, samt att transkutana benledningshörapparater med intakt hud sannolikt kommer att få en större del av rehabiliteringsinsatserna, har istället IPS skalan utvecklats (74). IPS står för Inflammation, Pain, Skin heigt/numbness scale, se figur 3.

## HOLGERS INDEX

Holgers index är ett klassificeringssystem för att gradera förekomsten av mjukdelsreaktioner kring perkutana implantat.

Holgers KM, Tjellström A, Bjursten LM, Erlandsson BE. Soft tissue reactions around percutaneous implants: a clinical study of soft tissue conditions around skin-penetrating titanium implants for bone-anchored hearing aids. Am J Otol. 1988 Jan;9(1):56-9. PMID: 3364537.



**Grad 2**  
Röd och lätt fuktig hud



**Grad 0**  
Normal hud utan irritation



**Grad 1**  
Något rödaktig hud



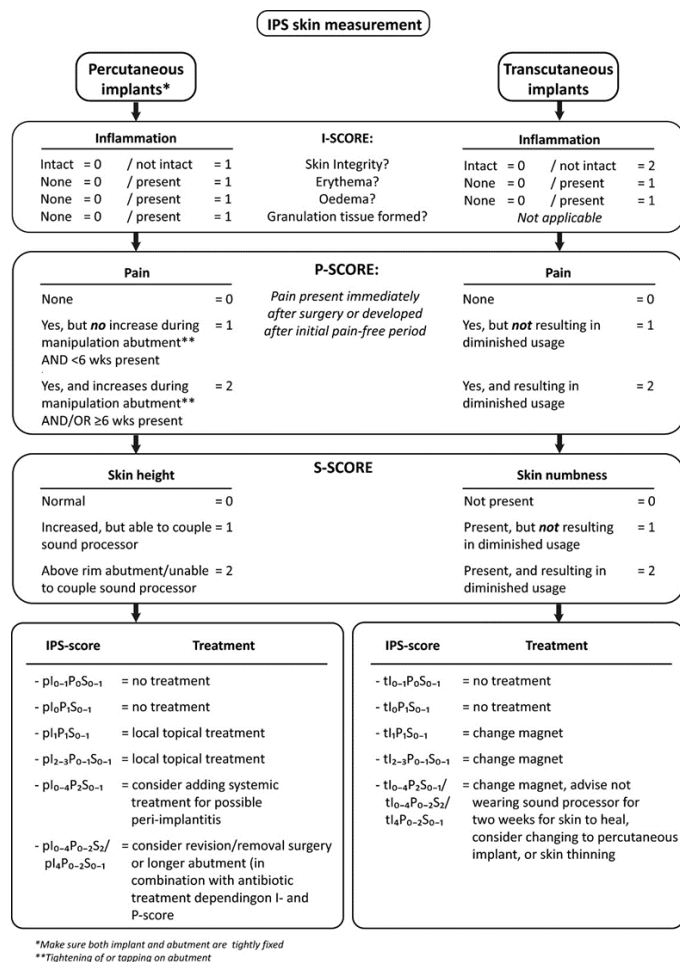
**Grad 3**  
Rödaktig och fuktig hud med granulation



**Grad 4**  
Omfattande hudreaktion. Distansen bör avlägsnas

Bilderna används med tillstånd från © Cochlear Bone Anchored Solutions AB, 2023

Figur 2. Holgers index.



Figur 3. IPS skalan som presenteras av: Kruyt IJ, Nelissen R, Johansson M, Mylanus E, Hol M. The IPS-scale: a new soft tissue assessment scale for percutaneous and transcutaneous implants for bone conduction devices. 2017. Finns tillgänglig på <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/coa.12922>. Används med licens Creative Commons CC-BY-NC-ND 4.0 DEED.

## Komplikationer för implanterbara benledningshörapparater

Antal rapporter avseende biverkningar för passiva och aktiva transkutana benledningshörapparater är fortfarande få, sannolikt beroende på att dessa benledningslösningar är nya på marknaden. I en reviewartikel på ptBCD (75) rapporteras om en komplikationsfrekvens av allvarlig grad (t.ex. hudnekros, sårutveckling, smärta) till 5,2%. I en annan reviewartikel med fokus på atBCD (Bonebridge) (76) förekommer allvarliga komplikationer, här definierat som att de kräver revisionskirurgi eller explantation, i en frekvens av 1,7%. Den ökade komplikationsfrekvensen vid passiva implantat jämfört med aktiva kan förklaras av att det krävs en starkare magnet för att hålla den tyngre ljudprocessorn på plats liksom för att överföra vibrationerna genom hud och mjukdelar. I de aktiva implantaten överför ljudprocessorn endast radiosignaler till implantatet där den vibrerande komponenten sitter. Utvecklingen av atBCD går snabbt och antalet rapporter ur både audiologisk och medicinska aspekter kommer ge oss mer kunskap om fördelar och nackdelar med dessa apparater.

## Magnetkameraundersökning (MRI) vid transkutana BCD

Eftersom både atBCD och ptBCD innehåller magneter utgör dessa en begränsning vid MRI. Detta gäller både utförandet av undersökningen och tolkning av bilder. Patienter med Baha® Attract, Bonebridge, Osia kan alla undersökas med en 1,5 Tesla MRI och patienter med Osia kan, om

magneten i implantathuset avlägsnas genom ett mindre kirurgiskt ingrepp, även undersökas med en 3,0 Tesla MRI (77). För MRI på patient med Osia rekommenderas att huvudet bandageras med ett från företaget speciellt kit för att inte obehag ska uppstå under undersökningen. Artefakter av olika storlek uppstår alltid intill implantaten vid en MRI. För Bonebridge blir artefakten upp till 15 cm. Artefakten vid MRI på patienter med Osia blir vid undersökning med 1,5 T kamera upp till 15 cm om magneten sitter kvar. När magneten avlägsnas minskar artefakten till 4-6 cm vid undersökning både i 1,5 och 3 T kamera. Artefakterna kan minskas ytterligare med justeringar i scanningprotokoll (78, 79).

## Hörseldiagnostik och rehabilitering

### Hörseldiagnostik

En utredande hörseldiagnostik med standardiserad ton- och talaudiometri ska utföras, och vid behov kompletteras med utökade mätningar som till exempel tympanometri och stapediuserflexmätning.

### Hörselrehabilitering

När en patient uppfyller någon eller några av de medicinska och/eller de audiologiska indikationerna för benledda hörsellösningar, kan en hörselrehabilitering påbörjas. Rehabilitering planeras individuellt utifrån patientens behov och förutsättningar. Vid vissa indikationer för benledda hörsellösningar kan det även fungera bra med konventionella hörapparater, till exempel vid större ledningshinder där hörselgångarna är friska, och då är det lämpligt om patienten får prova båda varianterna. Patienten bör informeras om hur det benledda ljudet och apparaterna fungerar, om realistiska förväntningar samt om rehabiliteringens flöde. För att utvärdera nyttan av en BCD inför en eventuell operation är det av stor vikt att patienten får ha en prövotid med hudBCD (softband, huvudbygel eller med en självhäftande adapter) under minst 4 veckor. Apparaten programmeras i den aktuella programvaran enligt företagets anvisningar och patientens upplevelser av ljudet. In-situ-mätning för bentrösklar, dvs mätning av hörtrösklar via programvaran med hörapparaten på plats, bör utföras då dessa kan skilja sig från de benledningströsklar som uppmätts vid tonaudiometri.

### Bilateral anpassning

Bilateral anpassning rekommenderas till de patienter som har en symmetrisk, konduktiv eller kombinerad dubbelsidig hörselnedsättning med indikationer för benledd hörsellösning. Med symmetrisk hörsel avses benledda hörtrösklar med en genomsnittlig skillnad på maximalt 10 dB mellan öronen uppmätt vid 500, 1000, 2000 och 4000 Hz, eller en skillnad på maximalt 15 dB på en enskild frekvens. Med en bilateral anpassning kan patienten tack vare summationseffekten uppnå en förbättrad hörförmåga i tysta miljöer samt en förbättring av det dynamiska omfånget. Med den binaurala informationen kan även rumsuppfattning och hörsel i bullrig miljö förbättras, tillsammans med en större möjlighet att lokalisera ljud (80).

### Ensidig dövhet

För både barn och vuxna med ensidig dövhet, SSD (Singel Sided Deafness) kan en BCD vara en hörselförbättrande lösning, förutsatt att hörselnäcken (cochlea) på den hörande sidan är välfungerande. Några exakta gränser för denna funktion finns ej, men en vägledning är att hörtrösklarna är  $\leq 35$  dBHL. Vid SSD leder den benledda apparaten över ljudet från den döva sidan till den fungerande cochlean på andra sidan. Effekten av huvudskuggan, d.v.s. dämpningen av ljudstyrkan som sker på grund av huvudet, minskas, men förmågan att lokalisera ljud förbättras ej. En annan variant av hörapparat som används vid ensidig dövhet är Cros. Även med denna lösning förs ljud över från en hörapparat på den döva sidan till en annan hörapparat som sitter på hörande sidan. Vid ensidig dövhet bör patienten informeras om både hörapparat av Cros-modell och BCD samt

erbjudas möjlighet att få prova båda varianterna för att därefter kunna utvärdera vad som ger bäst effekt (81, 82). Evidensen gällande barn med SSD och BCD är begränsade. Erfarenheten har visat att det på vuxna inte bara är standardmässiga hörselresultat som avgör om patienten är nöjd med hur BCD kan förbättra hörandet vid SSD, utan att det sannolikt är andra faktorer som har stor betydelse (83). Dessa faktorer har man inte kunnat fastställa.

### Utvärderingsmetoder

Utvärdering av nyttan med BCD bör ske baserat på den subjektiva upplevelsen, men även med hjälp av ljudfältmätning. Den subjektiva nyttan kan mätas med hjälp av frågeformulär som t.ex. APHAB, SSQ eller IOI-HA. Tonaudiometri i ljudfält bör utföras med warbletoner eller smalbandigt brus, och med talaudiometri på en normal talnivå, till exempel 65 dB SPL (84). Mätningarna utförs först utan apparat och därefter med apparat på plats. Denna utvärdering kan göras både vid prov på softband/bygel samt med implantat. Vid asymmetrisk hörselnedsättning där det öra som ej har benledd apparat har bättre hörtrösklar, används öronpropp och hörselkåpa på det bästa örat och inte maskering då vibrationerna från en BCD utnyttjar båda inneröronen. Öronpluggen bör sitta så djupt in i hörselgången som möjligt med tanke på ocklusionseffekten (85). Vid bimodal anpassning kontrolleras hur den benledda apparaten låter enskilt samt även i kombination med hörapparaten på andra örat. Någon klinisk objektiv verifieringsmetod liknande hörselgångsmätningar för konventionella hörapparater finns ej i dagsläget för de benledda hörapparaterna. Arbete pågår dock med utveckling av en sådan metod med hjälp av en mikrofon placerad på pannan (86).

Vid utprovning av atBCD och vid alla återkommande besök bör magnetstyrkan kontrolleras så att inte ett för hårt tryck uppstår och huden skadas. Studier visar att mellan 0,4 Newton och 0,7 Newton bör svagare magnet övervägas, andra faktorer som kan påverka val av magnetstyrka är processorernas vikt samt hårets struktur (87, 88). Magnetstyrkan i hörapparaten påverkar inte ljudöverföringen. En kraftmätare rekommenderas för objektivt kunna mäta trycket.

### Feedback och batteriförbrukning

Med den analoga elektromagnetiska signalöverföringen som används både i Bonebridge och Osia så minskar den inducerade spänningen i mottagarspolen med avståndet till induktionsspolen (dvs hudens tjocklek) med cirka 1,5 dB/2mm (89). De semiimplanterbara aktiva implantaten kräver därför ofta mer energi vilket gör att batterierna behöver bytas oftare i den yttre ljudprocessorn. Risken för återkoppling och därmed störande ljud vid rundgång är signifikant lägre jämfört med de perkutana lösningarna (90).

### Barnpopulation – Speciella överväganden.

Hörselnedsättning hos barn kan orsaka stora svårigheter vad gäller tal och språkutveckling samt kognitiva funktioner, vilket i sin tur påverkar möjligheterna till utbildning och framtida yrke (9). Indikationer för BCD på barn är ledningshinder eller blandad hörselnedsättning på grund av kongenital hörselgångsatresi, kroniskt rinnande öron, trauma samt postoperativ hörselrehabilitering i väntan på uppföljande hörselförbättrande operation (91, 92). Forskning har också visat att barn kan ha nytta av BCD vid ensidig dövhet (92-94). När barn föds med bilaterala ledningshinder som vid bilateral hörselgångsatresi är det viktigt att snabbt ställa diagnos och erbjuda hörhjälpmiddel. Både effektivt och enkelt är då hudBCD. Trots att benlett ljud över hud och mjukdelar innebär en viss försvagning av högfrekventa ljud samt att möjligheten till binaural hörsel är något begränsad, är

hudBCD ett nödvändigt hörhjälpmedel för att dessa barn skall utveckla talspråk (91). Vid ensidiga ledningshinder är indikationen för BCD på band inte lika nödvändigt för att utveckla talspråk, men flera studier har visat att barn som bara kan använda ett öra i större utsträckning än normalhörande barn får svårigheter i t.ex. skolan (9).

Då barnets skallben är mjukt och har en förhållandevis hög andel vatteninnehåll är risken för att förlora inopererade titanimplantat något större än för vuxna. Lämpligt är att vänta till 3-4-års åldern innan titanimplantatet förankras. Någon fastställd optimal ålder för implantation finns inte att hitta i litteraturen (95), men det är ett ställningstagande där risken att förlora implantaten ställs mot den bättre ljudöverföringen ett percBCD ger jämfört med hudBCD vilket kan vara viktigt för barnets språkliga utveckling. Operationen gjordes alltid tidigare i en tvåstegs seans med ca 3-4 månader från att implantaten opererades fast till att distansen applicerades genom en hudgenomföring (47). Detta för att få en bra osseointegration. Idag sätter man inte sällan implantat och distans vid samma operation (96), men det är viktigt att implantaten får osseointegrera under ca 8-12 veckor före percBCD börjar användas. Någon konsensus finns inte för när man kan börja använda percBCD efter operationen, men med tanke på barnets tunnare och mjukare skallben är det rimligt att inte belasta implantatet för tidigt. Man har inte kunna påvisa att de långsiktiga resultaten är sämre om både implantat och distans sätts vid samma operation (95). Det är vanligt att man sätter en "sleeper" invid de implantaten som är tänkta att användas (97). Sleepern implanteras i skallbenet utan att distansen sätts på. Skulle det första implantatet med distans lossna finns en redan osseointegrerad reserv att använda, vilket förkortar tiden från att implantatet lossnar till att barnet kan använda apparaten på reservimplantatet. Det är alltså inte nödvändigt att vänta 8-12 veckor till att percBCD börjar användas på ett reservimplantat, utan det räcker med några veckor till huden läkt efter ingreppet.

Det är inte ovanligt att barn opereras för kronisk otit, t.ex. cholesteatom (hudsäck i mellanörat), vilket kan innebära både kortvarigt och långvarigt ledningshinder. Det kan också efter en sådan operation vara olämpligt eller omöjligt att använda vanliga hörapparater i väntan på ett hörsselförbättrande ingrepp. En hudBCD kan i en sådan situation underlätta hörandet fram till nästa operation.

Vad gäller det kirurgiska percBCD ingreppet på barn är det viktigt att tänka på att benet ofta är tunnare än hos vuxna. Försiktighet skall iakttagas så att man inte med kraft går igenom benet och skadar den hårda hjärnhinnan. Metoder där man bara använder en rundkniv (punch) genom huden kan vara olämpligt på barn då man har sämre kontroll över borrarningen med risk att göra hål på den hårda hjärnhinnan, samt att man inte ser tydligt att benet är platt och utan ojämnheter. Ofta borrar man ner till den hårda hjärnhinnan så att denna blottas i borrhålet, och när man sätter implantatet kommer det att trycka lite på hinnan. När man skall välja ett 3 mm implantat eller ett 4 mm implantat finns inga tydliga rekommendationer om utan är upp till varje kirurg. Olika studier visar olika resultat men en generell rekommendation är att det är fördelaktigt med ett 4 mm implantat jämfört med en 3 mm implantat avseende risken att implantatet lossnar. Det faktum att dagens implantat är bredare (4,5 mm istället för 3,75 mm) samt att antalet gängor är fler och att ytstrukturen är grövre än på de tidiga implantaten, leder sannolikt till färre förlorade implantat (95).

Aktiva transkutana BCD kan även opereras på barn. Företaget Med-El som tillverkar Bonebridge rekommenderar dem från 5 års ålder. I en artikel ifrågasätter man detta (98) och beskriver att man implanterat Bonebridge på ett tvåårigt barn. Osia som fästes i skallbenet via Cochlears BI300 implantat kan sättas så snart som skallbenet bedöms tillräckligt tjockt.

## Hälsoekonomi

### Kostnader

Sjukvårdens kostnaderna för benledda hörselsystem, d.v.s. inköp av implantat, ljudprocessor samt operationskostnader, varierar beroende på vilket implantat som väljs. En perkutan hörsellösning har den lägre kostnaden och den transkutana hörsellösningen har den högre kostnaden. Utöver detta tillkommer kostnader för alla besök hos audionom och läkare både före och efter operationen.

### Hälsoekonomisk utvärdering

Inom området benledda hörapparater är hälsoekonomiska utvärderingar ett ganska outforskat område. Det finns i dagsläget endast en handfull publicerade studier med varierande innehåll där man undersökt hälsoekonomiska aspekter, i en artikel av Amin et al. 2021 (99) gör en jämförelse mellan percBCD och ett atBCD. I studien som undersöker sjukvårdskostnaderna, är kostnaderna för atBCD efter ett år högre än percBCD men vid en fem års uppföljning är kostnaderna likvärdiga. I artikel av Aukema et al. (100) är även här slutsatserna att efter 5 år är kostnaderna mellan percBCD och atBCD likvärdiga. 2011 presenterade Monksfield et al. (101) en studie där man jämförde sjukvårdskostnader mellan BCD och luftledda hörapparater. Författarna fann att behandling med BCD har en positiv påverkan på livskvaliteten samt är en kostnadseffektiv behandling för denna grupp patienter. Majoriteten av publicerade artiklarna berör effekter och kostnader kring olika operationsmetoder eller olika implantat. Ingen av studierna presenterar ekonomiska resultat som innefattar den totala samhällsekonomin utan enbart kostnaderna utifrån sjukvårdens perspektiv.

Det finns ingen publicerad studie som beskriver hälsoekonomi kring BCD i Sverige.

### percBCD eller atBCD

Utvecklingen går framåt både för percBCD och atBCD. Utan att luta sig mot någon etablerad vetenskap uppfattar författarna att trenden för BCD är en minskning av percBCD och ptBCD och en ökning av atBCD. Den stora fördelen ligger i att ha intakt hud och en förhållandevis diskret utanpåliggande processor jämfört med percBCD och ptBCD. ptBCD har intakt hud men i övrigt inga uppenbara fördelar jämfört med percBCD, och jämfört med atBCD ser inte författarna att ptBCD har några fördelar. Den stora fördelen för percBCD är att ljudöverföringen inte behöver gå över hud och mjukvävnad, varken som vibrationer eller som radiosignaler. Vidare innebär percBCD ett begränsat kirurgiskt ingrepp i lokalbedövning som tar cirka 15 minuter.

Det är rimligt att vinnlägga sig om ett helhetsgrepp om patienten medicinskt, audiologiskt och att patientens egna önskningar inkluderas i bedömningen. Det finns så långt endast begränsade data vad gäller hälsoekonomi men det verkar rimligt att komplikationerna blir färre med atBCD jämfört med ptBCD och att det därför också ur ekonomisk synvinkel inte blir någon stor skillnad på längre sikt. Som alltid måste risker och nytta vägas mot varandra vilket sannolikt innebär att percBCD inte kommer att försvinna från marknaden utan bör reserveras för sköra patienter och patienter där de benledda hörtrösklarna är gränsfall om BCD skall användas överhuvudtaget. Vår bedömning är att merparten av patienter med indikation för BCD kommer att välja atBCD och också medicinskt och audiologiskt vara lämpade för denna lösning, och bör därför erbjudas kirurgi för atBCD och efterföljande hörselrehabilitering.

Nästa fråga är vilket av de kommersiella atBCD vi skall erbjuda patienten. Så långt finns inga data som kopplar patientens hörsel eller t.ex. anatomiska krav vid kirurgi med implantatets egenskaper. Ju fler atBCD som kommer på marknaden, desto viktigare blir denna kunskap.

Vad gäller barnperspektivet kräver en rekommendation fler studier avseende atBCD. När kan man som tidigast implantera? Kommer tidpunkten innebära att barnen får senare tillgång till direkt benledning, eller kanske rentav tidigare? Vilka implantat är bäst lämpade för barn?

## Sammanfattning

Benledda hörsellösningar ökar i omfattning vilket ställer krav på information till patienterna och utvärdering av resultaten för att kunna erbjuda den bästa lösningen för varje enskild patient. Det finns inga fastlagda audiologiska gränser för när en BCD kan eller inte kan anpassas på en patient. Det som avgör om patienten kan vara aktuell för en bedömning om framtida kirurgiskt ingrepp med BCD är de audiologiska resultaten sammanvägt med utvärderingen av en provperiod med hudBCD.

Bedömningen sker lämpligen i team bestående av Audionomer, Audiologer och ÖNH-läkare. Det är viktigt att olika team i Sverige har en samsyn vad gäller indikationer för BCD, kirurgi och rehabiliterande insatser. Vården för gruppen patienter där det finns indikation för BCD skall vara jämlik i hela landet.

Objektiva metoder för hur mycket BCD stimulerar hörselsnäckan finns inte idag, men är under utveckling.

De vanligaste indikationerna för BCD är ledningshinder, blandad hörselnedsättning och ensidig dövhet.

Det kirurgiska ingreppet är litet, i synnerhet för percBCD, men i allmänhet även för ptBCD och atBCD. Den hälsoekonomiska kunskapen i valet mellan olika BCD är begränsad.

Utvecklingen går mot att operera fler atBCD och färre både ptBCD och percBCD. Den senare kommer att finnas kvar för sköra patienter och patienter som är på gränsen för att BCD skall vara indicerat.

Barnpopulationen innebär speciella överväganden avseende anatomiska avvikelser, kirurgiska risker, språklig utveckling och sämre osseointegration för percBCD.

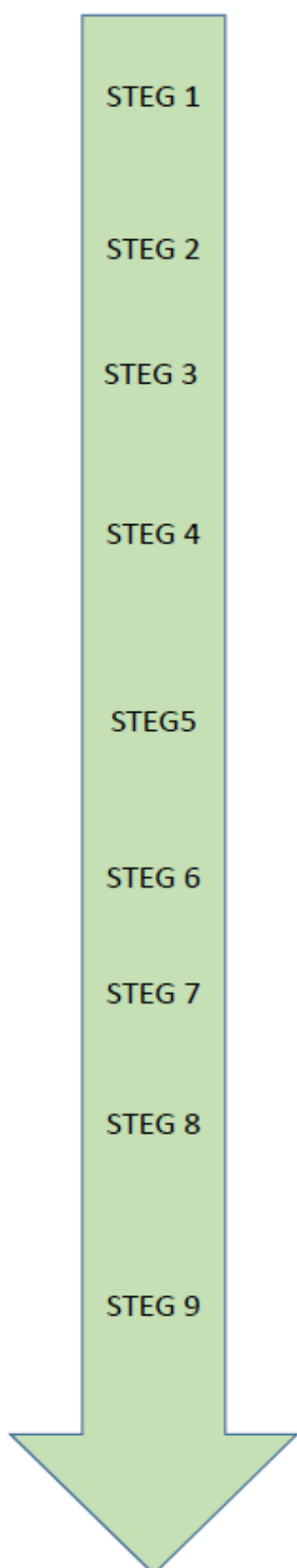
## Flödesschema – vuxna

- 1 Remiss till hörselvård/hörselverksamhet/audionommottagning angående behov av en benledd hörsellösning.
- 2 Nybesök till audionom innehållande nödvändiga diagnostiska mätningar samt noggrann information om olika benledda hörsellösningar.
- 3 Utprovning och anpassning av BCD på band, bygel eller adhesiv adapter. In-situ-mätning för benledningströsklar bör utföras då dessa kan skilja sig från de benledningströsklar som uppmätts vid tonaudiometri.
- 4 Återbesök efter minst 4 veckor med subjektiv utvärdering samt frifältsmätning med ton och tal, utan och med apparat. Vid behov kan provotiden med band, bygel eller adhesiv adapter förlängas, i annat fall tas beslut om vidare åtgärd med operation.
- 5 Vid beslut av operation skickas remiss till opererande ÖNH-läkare/mottagning.
- 6 Läkarbesök inför kirurgi samt medicinsk bedömning.
- 7 Operation med efterföljande besök hos läkare.
- 8 Besök till audionom ca 4-6 veckor efter operation för påkoppling samt utprovning och anpassning av ljudprocessor på implantat, även denna gång med ben-in-situ-mätning.
- 9 Uppföljande besök till audionom med subjektiv utvärdering samt frifältsmätning med ton- och talaudiometri, med och utan ljudprocessor. Beslut om vidare uppföljning alternativt avslut av rehabilitering.
- 10 Kontroll och uppföljning hos audionom enligt lokala rutiner.

## Flödesschema – barn

1. Remiss till barnteam, vidarebefordras till audiolog/öronläkare om barnet inte är medicinskt utrett eller hörselutredd. Sedvanlig individuell bedömning i barnteam.
2. Nybesök med noggrann genomgång och information om hörsel och benledda hörsellösningar, olika yrkeskategorier ingår beroende på behov, t.ex:
  - Dubbelsidig medelsvår hörselnedsättning sambokas med specialpedagog, audionom och kurator.
  - Lätta och ensidiga hörselnedsättningar enbart audionom, specialpedagog vid behov.
3. Utprovning och anpassning av BCD så tidigt som möjligt vid dubbelsidig konduktiv hörselnedsättning på softband, bygel eller adhesiv adapter. Vid ensidiga hörselnedsättningar provas BCD ut vid 3 - 6 månaders ålder.
4. Återbesök och uppföljning efter minst 4 veckor. Beslut om fortsatt prov med softband/bygel/adhesiv adapter alternativt operation.
5. Operation perkutant (av implantat och distans) från 3-4 års ålder, bedömning från fall till fall. Barn ska i möjligaste mån vara med om beslut med tanke på Barnkonventionen.
6. Besök till audionom ca 8-12 veckor efter operation för påkoppling samt utprovning och anpassning av BCD.
7. Återbesök/uppföljning med översyn av distans och hjälpmedel samt hörselundersökning enligt lokala rutiner, förslagsvis:
  - Barn 0 – 6 år där softband/bygel/adhesiv adapter används, audionom samt läkare 1 gång/år, eller vid behov.
  - Barn 3 - 6 år med percBCD minst 1 gång/år, oftare vid behov. Med barnteamet där läkare samt audionom ingår.
  - Barn och ungdomar 7 - 19 år vartannat år till barnteam, oftare till audionom vid behov.
8. För utvärdering av funktion och nytta kan ljudfältsmätning med toner och tal utföras (tal från ca 6 år), med och utan ljudprocessor. Frågeformulär som t.ex. Parents' Evaluation of Aural/Oral Performance of Children (PEACH) Rating Scale kan användas från 5 års ålder (102, 103).

## CHEKLISTA FÖR BENLEDDA HÖRAPPARATER



STEG 1	<b>Audiologiska test hos audionom</b> <input type="radio"/> Ton- och benaudiometri <input type="radio"/> Tal i Brus <input type="radio"/> Tympanometri <input type="radio"/> Stapediusreflex mätning
STEG 2	<b>Medicinsk bedömning av läkare</b> <input type="radio"/> Läkbesök <input type="radio"/> Kandidat för BCD      Ja/Nej
STEG 3	<b>Utprovning av BCD på band, bygel eller adhesiv adapter hos audionom</b> <input type="radio"/> Ben InSitu mätning vid anpassning
STEG 4	<b>Återbesök hos audionom</b> <input type="radio"/> Utvärdering av subjektiv nytta med frågeformulär <input type="radio"/> Ljudfältsmätning med warble toner med och utan hörapparat <input type="radio"/> Ljudfältsmätning, Tal i Brus med och utan hörapparat <input type="radio"/> Beslut om intresse för operation
STEG 5	<b>Beslut om operation av läkare</b> <input type="radio"/> Läkbesök <input type="radio"/> Operation      Ja/Nej <input type="radio"/> Perkutant/Transkutan
STEG 6	<b>Operation av läkare</b> <input type="radio"/> Operation <input type="radio"/> Höger/vänster/Bilateralt
STEG 7	<b>Återbesök hos läkare efter operation</b> <input type="radio"/> Kontroll efter operation
STEG 8	<b>Återbesök hos audionom efter operation</b> <input type="radio"/> Ben InSitu mätning vid anpassning <input type="radio"/> Information om hygien kring distans <input type="radio"/> Kontroll av magnetstyrka
STEG 9	<b>Återbesök hos audionom</b> <input type="radio"/> Utvärdering av subjektiv nytta med frågeformulär <input type="radio"/> Ljudfältsmätning med warble toner med och utan hörapparat <input type="radio"/> Ljudfältsmätning, Tal i Brus med och utan hörapparat <input type="radio"/> Beslut om fortsatta återbesök/avslut

## Referenser

1. Nations. U. Available at: <https://www.un.org/development/desa/disabilities/convention-on-the-rights-of-persons-with-disabilities.html>. Accessed February 24, 2023.
2. Organization WH. Available at: <http://www.who.int/deafness/en/>. Accessed May 1, 2021.
3. Consensus Statement on Bone Conduction Devices and Active Middle Ear Implants in Conductive and Mixed Hearing Loss. *Otol Neurotol*. 2022;43(5):513-29.
4. Von Békésy G. *Experiments in hearing*. New York: New York : McGraw-Hill; 1960.
5. Stenfelt S. Simultaneous cancellation of air and bone conduction tones at two frequencies: Extension of the famous experiment by von Békésy. *Hearing research*. 2007;225(1):105-16.
6. Khanna SM, Tonndorf J, Queller JE. Mechanical parameters of hearing by bone conduction. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1976;60(1):139-54.
7. Lowy K. Cancellation of the Electrical Cochlear Response with Air- and Bone-Conducted Sound. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1942;14(2):156-8.
8. Wever EG, Lawrence M, Von Békésy G. A note on recent developments in auditory theory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1954;40(6):508-12.
9. Lieu JE, Kenna M, Anne S, Davidson L. Hearing loss in children: a review. *Jama*. 2020;324(21):2195-205.
10. Dougherty W, Kesser BW. Management of Conductive Hearing Loss in Children. *Otolaryngol Clin North Am*. 2015;48(6):955-74.
11. Shukla A, Harper M, Pedersen E, Goman A, Suen JJ, Price C, et al. Hearing Loss, Loneliness, and Social Isolation: A Systematic Review. *Otolaryngology-head and neck surgery*. 2020;162(5):622-33.
12. Cosh S, Carriere I, Nael V, Tzourio C, Delcourt C, Helmer C. The association of vision loss and dimensions of depression over 12 years in older adults: Findings from the Three City study. *Journal of affective disorders*. 2019;243:477-84.
13. Feeny D, Huguet N, McFarland BH, Kaplan MS, Orpana H, Eckstrom E. Hearing, mobility, and pain predict mortality: a longitudinal population-based study. *Journal of clinical epidemiology*. 2012;65(7):764-77.
14. Lin FR, Thorpe R, Gordon-Salant S, Ferrucci L. Hearing loss prevalence and risk factors among older adults in the United States. *The journals of gerontology Series A, Biological sciences and medical sciences*. 2011;66(5):582-90.
15. Livingston G, Huntley J, Sommerlad A, Ames D, Ballard C, Banerjee S, et al. Dementia prevention, intervention, and care: 2020 report of the Lancet Commission. *The Lancet*. 2020;396(10248):413-46.
16. Lin FR, Metter EJ, O'Brien RJ, Resnick SM, Zonderman AB, Ferrucci L. Hearing loss and incident dementia. *Archives of neurology*. 2011;68(2):214-20.
17. Deal JA, Betz J, Yaffe K, Harris T, Purchase-Helzner E, Satterfield S, et al. Hearing impairment and incident dementia and cognitive decline in older adults: the health ABC study. *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences*. 2017;72(5):703-9.
18. HRF. Available at: <https://hrf.se/sa-paverkar-vi/vart-intressepolitiska-arbete/hrfs-rapporter/>. Accessed February 24, 2023.
19. Fortnum H, Davis A. Epidemiology of permanent childhood hearing impairment in Trent Region, 1985–1993. *British journal of audiology*. 1997;31(6):409-46.
20. Turton L, Souza P, Thibodeau L, Hickson L, Gifford R, Bird J, et al. Guidelines for Best Practice in the Audiological Management of Adults with Severe and Profound Hearing Loss. *Seminars in Hearing*. 2020;41:141-246.
21. Moscicki EK, Elkins EF, Baur HM, McNarnara PM. Hearing loss in the elderly: an epidemiologic study of the Framingham Heart Study Cohort. *Ear and hearing*. 1985;6(4):184-90.

22. Kelley PE, Scholes MA. Microtia and congenital aural atresia. *Otolaryngologic Clinics of North America*. 2007;40(1):61-80.
23. Bartel-Friedrich S, Wulke C. Classification and diagnosis of ear malformations. *GMS current topics in otorhinolaryngology, head and neck surgery*. 2007;6.
24. Organization WH, editor *Prevention of hearing impairment from chronic otitis media: report of a WHO/CIBA Foundation Workshop, London, UK, 19-21 November 1996*. Prevention of hearing impairment from chronic otitis media: report of a WHO/CIBA Foundation Workshop, London, UK, 19-21 November 1996; 1998.
25. Organization WH. *Chronic suppurative otitis media: burden of illness and management options*. 2004.
26. Albrektsson T. Microangiographic representation of the microvascular system in bone tissue A vital microscopic evaluation in the rabbit. *Clinical orthopaedics and related research*. 1981;159(159):286-93.
27. Brånemark PI, Hansson BO, Adell R, Breine U, Lindström J, Hallén O, et al. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl*. 1977;16:1-132.
28. Tjellström A, Lindström J, Hallén O, Albrektsson T, Brånemark PI. Osseointegrated titanium implants in the temporal bone. A clinical study on bone-anchored hearing aids. *Am J Otol*. 1981;2(4):304-10.
29. Albrektsson T, Albrektsson B. Osseointegration of bone implants: A review of an alternative mode of fixation. *Acta Orthopaedica Scandinavica*. 1987;58(5):567-77.
30. Albrektsson T, Brånemark PI, Hansson H-A, Ivarsson B, Jönsson U. *Clinical applications of biomaterials*. Chapter 21. Ultrastructural analysis of the interface zone of titanium and gold implants. : John Wiley & Sons; 1982.
31. Håkansson B, Tjellström A, Rosenhall U, Carlsson P. The Bone-Anchored Hearing Aid: Principal Design and a Psychoacoustical Evaluation. *Acta oto-laryngologica*. 1985;100(3-4):229-39.
32. Reinfeldt S, Håkansson B, Taghavi H, Eeg-Olofsson M. New developments in bone-conduction hearing implants: A review. *Medical Devices : Evidence and Research*. 2015;8(default):79-93.
33. Kurz A, Flynn M, Caversaccio M, Kompis M. *Speech Understanding with a New Implant Technology: A Comparative Study with a New Nonskin Penetrating Baha System*. BioMed Research International. 2014;2014:416205.
34. Müller A, Mir-Salim P, Zellhuber N, Helbig R, Bloching M, Schmidt T, et al. Influence of Floating-Mass Transducer Coupling Efficiency for Active Middle-Ear Implants on Speech Recognition. *Otology & neurotology : official publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*. 2017;38(6):809-14.
35. Busch S, Lenarz T, Maier H. Comparison of Alternative Coupling Methods of the Vibrant Soundbridge Floating Mass Transducer. *Audiol Neurootol*. 2016;21(6):347-55.
36. Tjellström A, Rosenhall U, Lindström J, Hallén O, Albrektsson T, Brånemark PI. Five-year experience with skin-penetrating bone-anchored implants in the temporal bone. *Acta Otolaryngol*. 1983;95(5-6):568-75.
37. Hultcrantz M. Outcome of the bone-anchored hearing aid procedure without skin thinning: A prospective clinical trial. *Otology & neurotology*. 2011;32(7):1134-9.
38. Hultcrantz M, Lanis A. A Five-Year Follow-up on the Osseointegration of Bone-Anchored Hearing Device Implantation Without Tissue Reduction. *Otology & neurotology*. 2014;35(8):1480-5.
39. Hultcrantz M, Lanis A. Prospective analysis of stability testing for bone-anchored hearing implants in children after osseointegrating surgery without skin thinning. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*. 2014;79(4):465-8.
40. Hultcrantz M. Stability Testing of a Wide Bone-Anchored Device after Surgery without Skin Thinning. *BioMed research international*. 2015;2015:853072-6.

41. Lanis A, Hultcrantz M. Percutaneous Osseointegrated Implant Surgery Without Skin Thinning in Children: A Retrospective Case Review. *Otology & neurotology*. 2013;34(4):715-22.
42. Holgers KM, Tjellström A, Bjursten LM, Erlandsson BE. Soft tissue reactions around percutaneous implants: a clinical study of soft tissue conditions around skin-penetrating titanium implants for bone-anchored hearing aids. *Am J Otol*. 1988;9(1):56-9.
43. Badran MM, Kuntsche J, Fahr A. Skin penetration enhancement by a microneedle device (Dermaroller®) in vitro: Dependency on needle size and applied formulation. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2009;36(4):511-23.
44. Bonding P, Ahlgren P, Dige-Petersen H. Permanent, Skin Penetrating, Bone-anchored Titanium Implants: a Clinical Study of Host-reaction in Bone and Soft Tissue. *Acta Oto-Laryngologica*. 1992;112(3):455-61.
45. de Wolf MJF, Hol MKS, Huygen PLM, Mylanus EAM, Cremers CWRJ. Clinical Outcome of the Simplified Surgical Technique for BAHA Implantation. *Otology & Neurotology*. 2008;29(8).
46. Gluth MB, Eager KM, Eikelboom RH, Atlas MD. Long-Term Benefit Perception, Complications, and Device Malfunction Rate of Bone-Anchored Hearing Aid Implantation for Profound Unilateral Sensorineural Hearing Loss. *Otology & Neurotology*. 2010;31(9).
47. Granström G, Bergström K, Odersjö M, Tjellström A. Osseointegrated Implants in Children: Experience from Our First 100 Patients. *Otolaryngology–Head and Neck Surgery*. 2001;125(1):85-92.
48. Hobson JC, Roper AJ, Andrew R, Rothera MP, Hill P, Green KM. Complications of bone-anchored hearing aid implantation. *The Journal of Laryngology & Otology*. 2010;124(2):132-6.
49. Holgers KM, Tjellström A, Bjursten LM, Erlandsson BE. SOFT TISSUE REACTIONS AROUND PERCUTANEOUS IMPLANTS: A CLINICAL STUDY OF SOFT TISSUE CONDITIONS AROUND SKIN-PENETRATING TITANIUM IMPLANTS FOR BONE-ANCHORED HEARING AIDS. *Otology & Neurotology*. 1988;9(1).
50. House JW, Kutz JW, Jr. Bone-Anchored Hearing Aids: Incidence and Management of Postoperative Complications. *Otology & Neurotology*. 2007;28(2).
51. Håkansson BO, Tjellström A, Carlsson P. Percutaneous Vs. Transcutaneous Transducers for Hearing by Direct Bone Conduction. *Otolaryngology–Head and Neck Surgery*. 1990;102(4):339-44.
52. Proops DW. The Birmingham bone anchored hearing aid programme: surgical methods and complications. *The Journal of Laryngology & Otology*. 1996;110(21):7-12.
53. Scholz M, Eufinger H, Anders A, Illerhaus B, König M, Schmieder K, et al. Intracerebral Abscess after Abutment Change of a Bone Anchored Hearing Aid (BAHA). *Otology & Neurotology*. 2003;24(6).
54. Shirazi MA, Marzo SJ, Leonetti JP. Perioperative Complications With the Bone-Anchored Hearing Aid. *Otolaryngology - Head and Neck Surgery*. 2006;134(2):236-9.
55. Stalfors J, Tjellström A. Skin Reactions After BAHA Surgery: A Comparison Between the U-Graft Technique and the BAHA Dermatome. *Otology & Neurotology*. 2008;29(8).
56. Tjellstrom A, Hakansson B. The Bone-Anchored Hearing Aid: Design Principles, Indications, and Long-Term Clinical Results. *Otolaryngologic Clinics of North America*. 1995;28(1):53-72.
57. Tjellström A, Lindström J, Hallén O, Albrektsson T, Brånemark PI. Direct bone anchorage of external hearing aids. *Journal of Biomedical Engineering*. 1983;5(1):59-63.
58. Wallberg E, Granström G, Tjellström A, Stalfors J. Implant survival rate in bone-anchored hearing aid users: long-term results. *The Journal of Laryngology & Otology*. 2011;125(11):1131-5.
59. Van Rompaey V, Claes G, Verstraeten N, van Dinther J, Zarowski A, Offeciers E, et al. Skin reactions following BAHA surgery using the skin flap dermatome technique. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 2011;268(3):373-6.
60. Wazen JJ, Caruso M, Tjellstrom A. Long-Term Results With the Titanium Bone-Anchored Hearing Aid: The U.S. Experience. *Otology & Neurotology*. 1998;19(6).

61. Wazen JJ, Young DL, Farrugia MC, Chandrasekhar SS, Ghossaini SN, Borik J, et al. Successes and Complications of the Baha System. *Otology & Neurotology*. 2008;29(8).
62. Woolford TJ, Morris DP, Saeed SR, Rothera MP. The implant-site split-skin graft technique for the bone-anchored hearing aid 1. *Clinical Otolaryngology & Allied Sciences*. 1999;24(3):177-80.
63. van der Pouw CTM, Mylanus EAM, Cremers WRJ. Percutaneous Implants in the Temporal Bone for Securing a Bone Conductor: Surgical Methods and Results. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*. 1999;108(6):532-6.
64. Calon TGA, Johansson ML, de Bruijn AJG, van den Berge H, Wagenaar M, Eichhorn E, et al. Minimally Invasive Ponto Surgery Versus the Linear Incision Technique With Soft Tissue Preservation for Bone Conduction Hearing Implants: A Multicenter Randomized Controlled Trial. *Otol Neurotol*. 2018;39(7):882-93.
65. den Besten CA, Stalfors J, Wigren S, Blechert JI, Flynn M, Eeg-Olofsson M, et al. Stability, Survival, and Tolerability of an Auditory Osseointegrated Implant for Bone Conduction Hearing: Long-Term Follow-Up of a Randomized Controlled Trial. *Otol Neurotol*. 2016;37(8):1077-83.
66. Dumon T, Medina M, Sperling NM. Punch and Drill: Implantation of Bone Anchored Hearing Device Through a Minimal Skin Punch Incision Versus Implantation With Dermatome and Soft Tissue Reduction. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*. 2015;125(3):199-206.
67. Gordon SA, Coelho DH. Minimally Invasive Surgery for Osseointegrated Auditory Implants: A Comparison of Linear versus Punch Techniques. *Otolaryngology—Head and Neck Surgery*. 2015;152(6):1089-93.
68. Høgsbro M, Agger A, Johansen LV. Bone-anchored Hearing Implant Surgery: Randomized Trial of Dermatome Versus Linear Incision Without Soft Tissue Reduction—Clinical Measures. *Otology & Neurotology*. 2015;36(5).
69. Johansson M, Stokroos R, Banga R, Hol M, Mylanus E, Jones HS, et al. Short-term results from seventy-six patients receiving a bone-anchored hearing implant installed with a novel minimally invasive surgery technique. *Clinical otolaryngology*. 2017;42(5):1043-8.
70. Martínez P, López F, Gómez JR. Cutaneous Complications in Osseointegrated Implants: Comparison Between Classic and Tissue Preservation Techniques. *Acta Otorrinolaringologica (English Edition)*. 2015;66(3):148-53.
71. Peñaranda D, García JM, Aparicio ML, Montes F, Barón C, Jiménez RC, et al. Retrospective analysis of skin complications related to bone-anchored hearing aid implant: association with surgical technique, quality of life, and audiological benefit. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*. 2018;84.
72. Van der Gucht K, Vanderveken O, Hamans E, Claes J, Van Rompaey V, Van de Heyning P. Adverse skin reactions following percutaneous bone conduction implant surgery using the linear incision technique with and without subcutaneous tissue reduction. *Acta Otolaryngologica*. 2017;137(2):149-53.
73. Verheij E, Bezdjian A, Grolman W, Thomeer HGXM. A Systematic Review on Complications of Tissue Preservation Surgical Techniques in Percutaneous Bone Conduction Hearing Devices. *Otology & Neurotology*. 2016;37(7).
74. Kruyt IJ, Nelissen R, Johansson M, Mylanus E, Hol M. The IPS-scale: a new soft tissue assessment scale for percutaneous and transcutaneous implants for bone conduction devices. 2017.
75. Cooper T, McDonald B, Ho A. Passive transcutaneous bone conduction hearing implants: a systematic review. *Otology & Neurotology*. 2017;38(9):1225-32.
76. Magele A, Schoerg P, Stanek B, Gradl B, Sprinzl GM. Active transcutaneous bone conduction hearing implants: systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2019;14(9):e0221484.
77. Nyenhuis J. Measurement and Analysis of OSI 200 Bone Conduction Implant (MRI Testing External Report). Bemcalc, Inc; 2019; D1626921.

78. Fierens G. OSI200 Artefact Reduction in 1.5T and 3T MRI. Cochlear Bone Anchored Solutions AB, Sweden. 2020; D1670327.
79. Talon E, Wimmer W, Hakim A, Kiefer C, Pastore-Wapp M, Anschuetz L, et al. Influence of head orientation and implantation site of a novel transcutaneous bone conduction implant on MRI metal artifact reduction sequence. *European archives of oto-rhino-laryngology*. 2022;279(10):4793-9.
80. Janssen RM, Hong P, Chadha NK. Bilateral Bone-Anchored Hearing Aids: A Systematic Review. *Otolaryngology–Head and Neck Surgery*. 2012;147(S2):P81-P.
81. Snapp HA, Hoffer M, Liu X, Rajguru SM. Effectiveness in rehabilitation of current wireless CROS technology in experienced bone anchored implant users. *Otology & neurotology: official publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*. 2017;38(10):1397.
82. Kim G, Ju HM, Lee SH, Kim H-S, Kwon JA, Seo YJ. Efficacy of bone-anchored hearing aids in single-sided deafness: a systematic review. *Otology & Neurotology*. 2017;38(4):473-83.
83. Schrøder SA, Ravn T, Bonding P. BAHA in single-sided deafness: patient compliance and subjective benefit. *Otology & neurotology*. 2010;31(3):404-8.
84. Maier H, Lenarz T, Agha-Mir-Salim P, Agterberg MJ, Anagiotos A, Arndt S, et al. Consensus Statement on Bone Conduction Devices and Active Middle Ear Implants in Conductive and Mixed Hearing Loss. *Otology & neurotology*. 2022.
85. Stenfelt S, Reinfeldt S. A model of the occlusion effect with bone-conducted stimulation. *International journal of audiology*. 2007;46(10):595-608.
86. Persson AC, Håkansson B, Caveramma Mechanda M, Bill Hodgetts W, Freden Jansson KJ, Eeg-Olofsson M, et al. A novel method for objective in-situ measurement of audibility in bone conduction hearing devices - a pilot study using a skin drive BCD. *Int J Audiol*. 2022:1-5.
87. Wagner L, Hoenig E, Frohlich L, Plontke S, Rahne T. Optimal Retention Force of Audio Processor Magnets. *Otology & neurotology*. 2019;40(5):E482-E7.
88. Persson A-C, Reinfeldt S, Håkansson B, Rigato C, Jansson KJF, Eeg-Olofsson M. Three-Year Follow-Up with the Bone Conduction Implant. *Audiology And Neurotology*, 2020, Vol 25, Iss 5, pp 263-275. 2020;25(5):263-75.
89. Taghavi H, Håkansson B, Reinfeldt S, editors. A novel bone conduction implant-analog radio frequency data and power link design. 9th IASTED International Conference on Biomedical Engineering, BioMed 2012; Innsbruck; Austria; 15 February 2012 through 17 February 2012; 2012.
90. Taghavi H, Håkansson B, Reinfeldt S, Eeg-Olofsson M, Akhshijan S. Feedback analysis in percutaneous bone-conduction device and bone-conduction implant on a dry cranium. *Otology & neurotology*. 2012;33(3):413-20.
91. Verhagen C, Hol M, Coppens-Schellekens W, Snik A, Cremers C. The Baha Softband: a new treatment for young children with bilateral congenital aural atresia. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*. 2008;72(10):1455-9.
92. Doshi J, Sheehan P, McDermott AL. Bone anchored hearing aids in children: an update. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. 2012;76(5):618-22.
93. Christensen L, Smith-Olinde L, Kimberlain J, Richter GT, Dornhoffer JL. Comparison of traditional bone-conduction hearing aids with the Baha® system. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2010;21(04):267-73.
94. Christensen L, Dornhoffer JL. Bone-anchored hearing aids for unilateral hearing loss in teenagers. *Otology & Neurotology*. 2008;29(8):1120-2.
95. Kruyt I, Bakkum K, Caspers C, Hol M. The efficacy of bone-anchored hearing implant surgery in children: A systematic review. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. 2020;132:109906.
96. Roman S, Nicollas R, Triglia J-M. Practice guidelines for bone-anchored hearing aids in children. *European annals of otorhinolaryngology, head and neck diseases*. 2011;128(5):253-8.

97. Snik F, Mylanus EA, Proops DW, Wolfaardt JF, Hodgetts WE, Somers T, et al. Consensus statements on the BAHA system: where do we stand at present? *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*. 2005;114(12\_suppl):2-12.
98. Sprinzi G, Toner J, Koitschev A, Berger N, Keintzel T, Rasse T, et al. Multicentric study on surgical information and early safety and performance results with the Bonebridge BCI 602: an active transcutaneous bone conduction hearing implant. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 2023:1-15.
99. Amin N, Soulby AJ, Borsetto D, Pai I. Longitudinal economic analysis of Bonebridge 601 versus percutaneous bone-anchored hearing devices over a 5-year follow-up period. *Clinical otolaryngology*. 2021;46(1):263-72.
100. Aukema TW, Teunissen EM, Janssen AM, Hol MKS, Mylanus EAM. Post-implantation clinical cost analysis between transcutaneous and percutaneous bone conduction devices. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 2023.
101. Monksfield P, Jowett S, Reid A, Proops D. Cost-effectiveness analysis of the bone-anchored hearing device. *Otology & neurotology*. 2011;32(8):1192-7.
102. Ching TY, Hill M. The Parents' Evaluation of Aural/Oral Performance of Children (PEACH) scale: normative data. *J Am Acad Audiol*. 2007;18(3):220-35.
103. Brännström KJ, Ludvigsson J, Morris D, Ibertsson T. Clinical note: Validation of the Swedish version of the Parents' Evaluation of Aural/Oral Performance of Children (PEACH) Rating Scale for normal hearing infants and children. *Hearing, Balance and Communication*. 2014;12(2):88-93.