

Wideband Tympanometry

WBT・基礎と臨床・早わかり

Mom,
I can't hear you!



WBT (広帯域周波数ティンパノメトリー) は

「次世代型ティンパノメトリーです。」

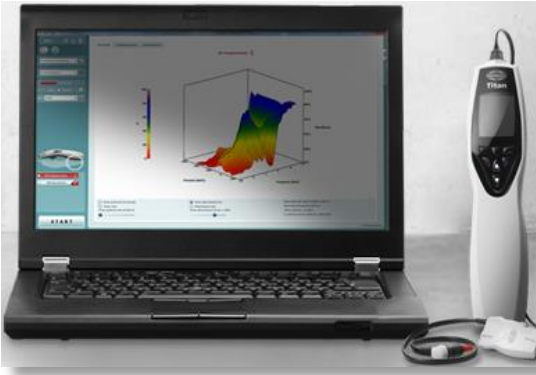


Section_01	What is the Titan? What is the WBT? -----	P 2
	Titan とWideband Tympanometry (WBT)	
Section_02	What is the Wideband Tympanometry -----	P 3
	WBTは連続周波数を用いて測定します	
Section_03	Mini story of the Wideband Tympanometry -----	P 4
	WBTミニストーリー	
Section_04	Wideband Tympanometry and Conventional Tympanometry (1) -----	P 5
	WBTはMultifrequency Tympanometryです	
Section_05	Wideband Tympanometry and Conventional Tympanometry (2) -----	P 6
	WBTと従来型ティンパノグラムの違い (著者によるイメージ図)	
	WBTの計測メカニズム	
Section_06	Default data of Wideband Tympanometry -----	P 8
	標準アブゾーバンスは年齢によって変化します	
Section_07	3 D Tympanometry -----	P 9
	3DTティンパノグラムによる全体像の俯瞰	
	得られたグラフの周波数や外耳道圧をスライダーで自由に設定	
Section_08	Various factors affecting absorbance -----	P 11
	アブゾーバンスに影響する様々な要因	
	中耳疾患に代表される病態とアブゾーバンスの変化	
	中耳貯留液とアブゾーバンスの変化	
	中耳腔陰圧状態とアブゾーバンスの変化	
	アブゾーバンスに影響する様々な要因の深堀-1.2	
Section_09	Clinical Practice: Good or bad -----	P 15
	結果の成否は啼泣で決まる	
Section_10	Clinical practice : Comparison of WBT and Conventional TM -----	P 16
	WBTと従来型TGで症例比較をしました	
Section_11	Clinical practice : WBT diagnosis of the OME in children in Japan -----	P 18
	ワイドバンドティンパノメトリーによる乳幼児滲出性中耳炎の分類	
Section_12	Clinical practice : Improvement of the OME -----	P 20
	OMEの経時的变化のWBT追跡	
Section_13	Clinical practice : Traumatic disarticulation of the ossicles chain -----	P 21
	外傷性鼓膜穿孔に伴う耳小骨連鎖離断疑い	

Titan とWideband Tympanometry (WBT)

■Titan（インターアコースティック社製多機能型中耳機能検査機、デンマーク）は複数の聴覚機能検査が組み込まれている検査機です。WBT（ワイドバンドティンパノメトリー）はTitanに組み込まれた広帯域周波数ティンパノメトリーです。TitanではWBTの他にインピーダンスモジュール、OAE/自動ABRモジュール、アプミ骨筋反射モジュールを組み合わせて利用できます。

▶Titanはノート型PC & ハンディ型計測器で構成されています。



■ハンディ型計測器は内部に加圧機やクリック音発生など種々の機能が組み込まれており、プローブ内のマイクロフォンから得られたデータ(アプゾーバンスデータ、DPOAEデータ、SRデータなど)をノート型PCにUSBを介して送られます。解析した結果をPC上のグラフで示します。複数のソフトプログラムを組み込む事で多機能に活躍します。

■ WBTの臨床的意義は、従来型のティンパノメトリーに比べて得られる情報が極めて多いため診断的価値が高いことです。

耳鼻咽喉科診療所

滲出性中耳炎の経時的変化や重症度を鼓膜所見以外でも確認できます。

小児科診療所

鼓膜確認の難しい乳幼児でも従来型のティンパノグラムより対象年齢の幅を広げて、高い信頼度で中耳炎の検査ができます。

大学病院 基幹病院

滲出性中耳炎の他に菲薄鼓膜、耳小骨離断、耳小骨固着、耳小骨奇形など伝音難聴の補助的診断や中耳疾患のスクリーニングが可能です。内耳性難聴の診断の際の中耳疾患の確認にも有用です。NHSにおけるRefer児の中耳病態の把握に役立ちます。

What is the Wideband Tympanometry

WBTは連続周波数を用いて測定します

▶ WBTと従来型のティンパノメトリーとの違いは、①連続周波数を用いることと②インピーダンスの測定ではなくアブゾーバンス（音エネルギーが中耳にどれだけ効率的に伝達されるかを表すパラメータ（評価数値））を用います。

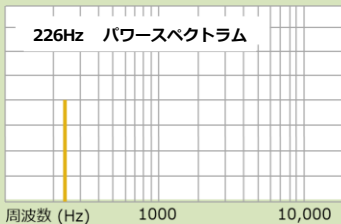
▶ 下図の左側は従来型で使用する周波数で、右側がWBTで使用する周波数です。WBTでは226Hz～8000Hzまでを107の周波数帯に分けてそれぞれの帯域でアブゾーバンス（伝達率）を測定します。

▶ 入射される音エネルギー（刺激音）は（100dB peSPLクリック音、約65dB nHL）に規定されています



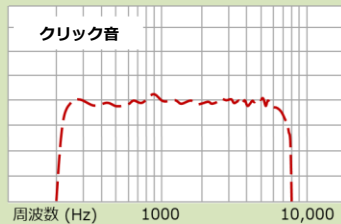
従来型ティンパノメトリーとワイドバンドティンパノメトリーの相違

従来型ティンパノメトリー



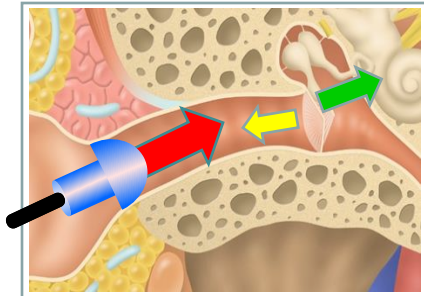
- ◆ Single pure tone
- ◆ To provide the middle ear stiffness

ワイドバンドティンパノメトリー



- ◆ Click sound
- ◆ Absorbance is affected by middle ear conditions

■ アブゾーバンス（Abs）は入射パワーを分母、伝達パワーを分子として表現されます。



- = Incident Power（入射パワー）
- = Reflected Power（反射パワー）
- = Absorbed Power（伝達パワー）

$$\text{Green Circle} = \text{Red Circle} - \text{Yellow Circle}$$

$$\text{アブゾーバンス（伝達率）} = \frac{\text{Absorbed Power}}{\text{Incident Power}}$$

$$\text{その他に リフレクタンス（反射率）} = \frac{\text{Reflected Power}}{\text{Incident Power}}$$

* Titanには診断用、研究用など様々なタイプがありますが、データをエクセルで出力できるWBTリサーチモジュールを搭載したタイプをご使用ください。

Mini story of the Wideband Tympanometry (1)

WBTミニヒストリー

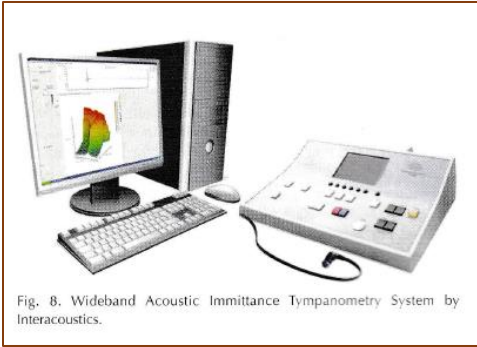
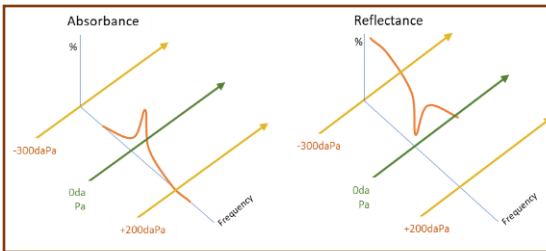
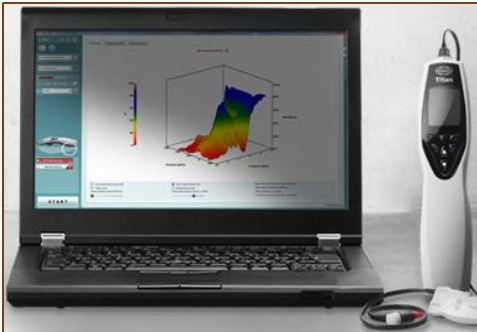


Fig. 8. Wideband Acoustic Immittance Tympanometry System by Interacoustics.



■ アブゾーバンスはリフレクタンスの逆数となります。本来の検査システムではリフレクタンスで表されていますが、臨床現場ではアブゾーバンスの形状が親しみやすいためアブゾーバンスが採用されています。（前頁参照）

■ 広帯域音響イミッタンス・ティンパノメトリー（Wideband Acoustic Immittance Tympanometry）は、Interacoustics社がBoystown国立研究病院のDouglas Keefe博士と共同で開発しました。WAIを測定するための研究用計測器です。常圧（静的）およびティンパノメトリーと同様の複数の圧力ポイント（動的）でのアブゾーバンスおよびレフレクタンスの測定が可能です。

Shahnaz N, Feeney MP, Schairer KS: An Overview of Wideband Immittance Measurements Techniques and Terminology: You Say Absorbance, I Say Reflectance.

Ear Hear. 2013 Jul;34 Suppl 1:27S-35S

■ 広帯域測定

PC高速化によって、広い周波数範囲にわたって外耳道や中耳の音響応答を迅速に測定することができます。これらの技術により、広範囲の周波数刺激に対する詳細な応答性が得られます。すなわち0.2~8kHzの刺激によって、イミッタンス (immittance) やリフレクタンス (reflectance) を細かい周波数分解能 (例、100Hz毎に1点) で、迅速に計算することができます。微細な分解能と広い帯域幅の組み合わせにより、データを詳細に見ることができます。他の論文で示されていますが、(1) 細かい周波数分解能は、耳小骨の離断や上半規管裂隙候群による反射率の変動を検出するのに役立つこと、(2) 高周波領域 (1~4kHz) の反射率の変化は、乳児における流体関連伝導難聴の存在を示す有用な指標となることが示されます。

Rosowski J J, Stenfelt S, Lilly D: An Overview of Wideband Immittance Measurements Techniques and Terminology: You Say Absorbance, I Say Reflectance. July 2013 Ear and Hearing 34 Suppl 1(0 1):9S-16S

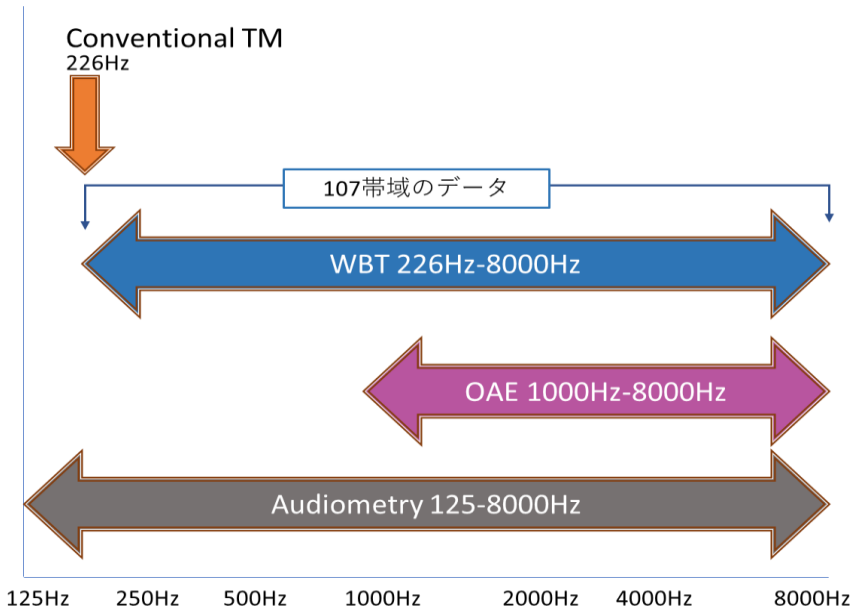
▶ immittance

Immittanceはインピーダンスとアドミタンスの合成語でインピーダンスとは抵抗、アドミタンスは通りやすさを意味します。例えばインピーダンスオージオメトリーとは音のエネルギーが外耳、鼓膜、中耳へと伝達される際に、何らかの抵抗で伝わりにくくなる。その抵抗（音響インピーダンス）を測定する検査法です。

Wideband Tympanometry and Conventional Tympanometry (2)

WBTはMultifrequency Tympanometryです

- 従来型ティンパノメトリーがたった一本の木からの情報であるならばワイドバンドティンパノメトリーは森全体の情報であり、たくさんの情報を得ることができます。耳鼻科医は豊富な資源のある森の利用をお勧めします。下図は各種検査機器がカバーする周波数を示しています。



WBTはどのような病態に検査が可能でしょうか。

- 対象となる疾患は従来型ティンパノメトリーと同等かそれ以上です。健常者、滲出性中耳炎、中耳陰圧、急性中耳炎に加え、NHSのスクリーニング補完、耳小骨離断疑い、耳小骨固着疑い、上半規管裂隙症候群疑いについても情報が得られます。

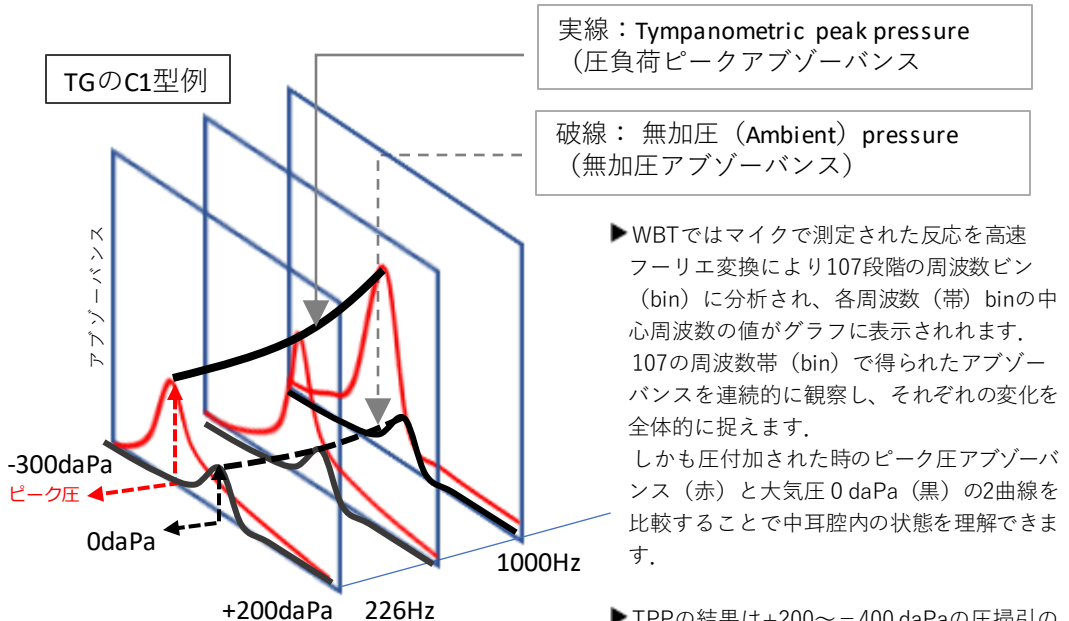
WBTはどのようなポテンシャルを持っていますか。

- ピーク圧アブゾーバンスと外気圧アブゾーバンスを測定しますので中耳病態が把握しやすく、検者が希望する周波数間でアブゾーバンスを求める事もできます。近年では内耳疾患へのアプローチも試みられています。

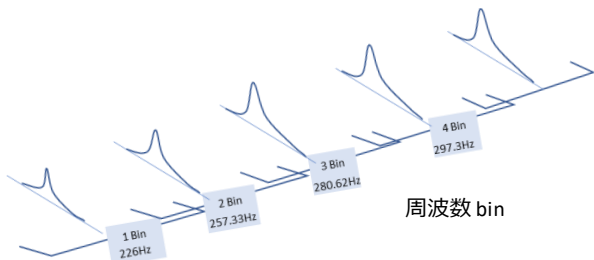
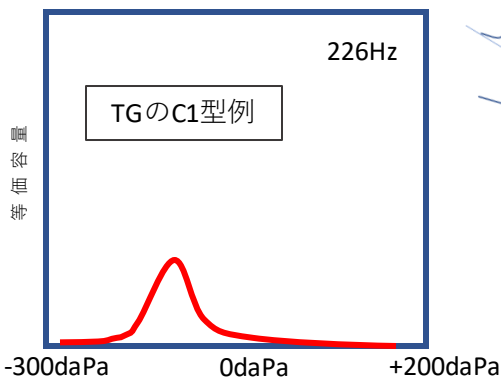
Wideband Tympanometry and Conventional Tympanometry

WBTと従来型ティンパノグラムの違い（著者によるイメージ図）

■ WBTアブゾーバンス



■ 従来型ティンパノグラム(Con TG)

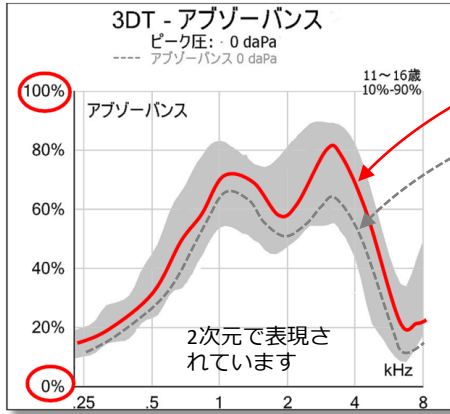


▶ binとは例えば航空機内の窓の上にある荷物置き場のように前から後ろまで壁で仕切られた一つの空間のようなイメージです。

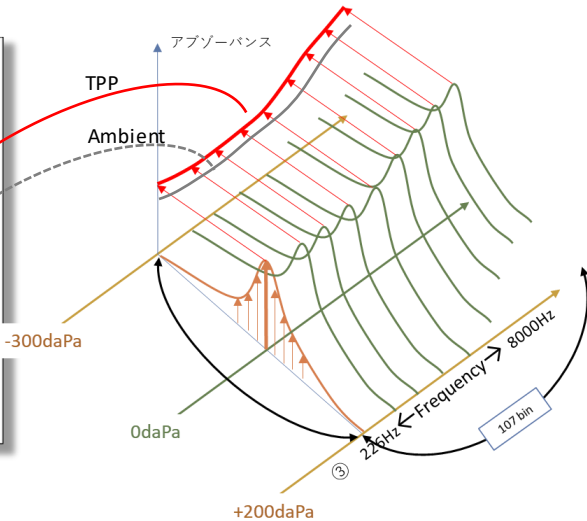
▶ WBTと従来型をイメージ図で説明すると、従来型では226HzのTG (平面) のみ得られるのに対して、WBTは立体的に得られる。

▶ WBTの計測メカニズム

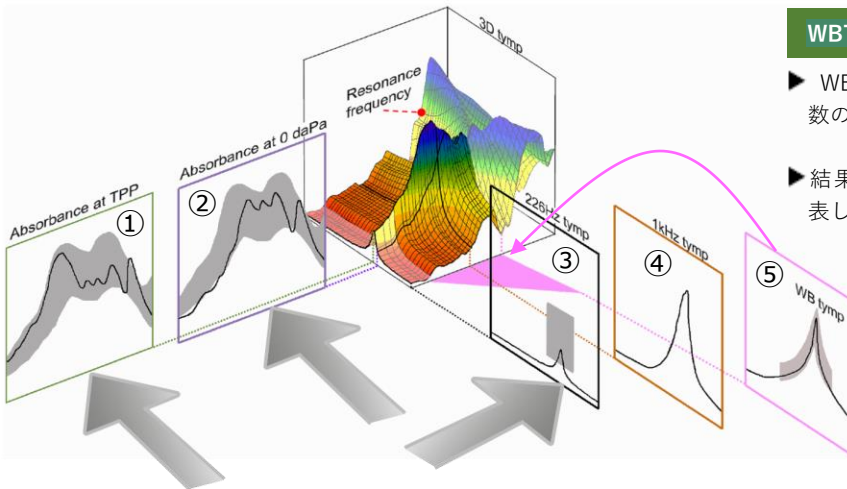
■ 二次元グラフへの反映



▶ TPPとAmbientのピーク値を二次元グラフとして標準データに落とし込む。



■ 三次元グラフと二次元グラフの関係性



WBTの測定と項目

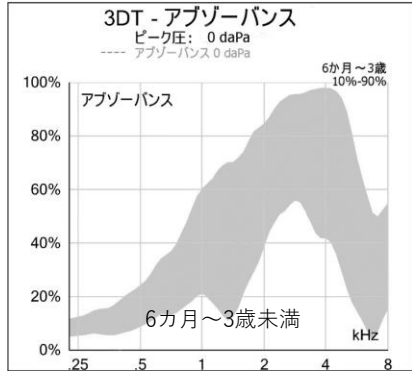
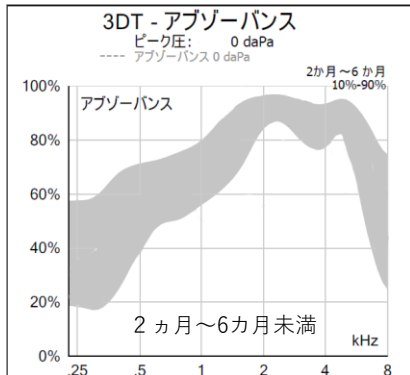
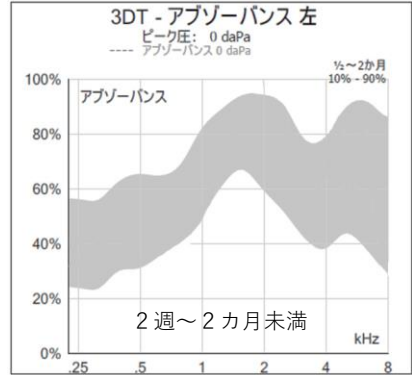
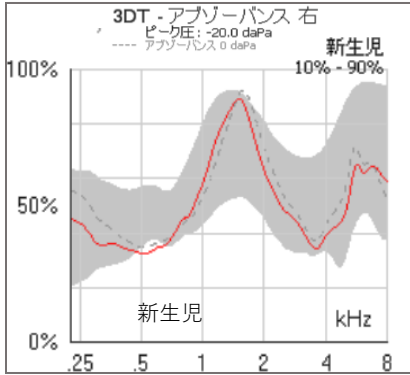
- ▶ WBTは一回の測定で複数の検査を行います。
- ▶ 結果を様々なグラフで表します。

- ① Absorbance at TPP は外耳道圧の変化に対応してピーク値のアブゾーバンスを二次元グラフとしています。(実線表記)
- ② Ambient at 0 daPaは環境圧(一般的に0.0daPaなので)その時のアブゾーバンスを二次元グラフとしています。(破線表記)
- ③ 226Hz tympanogram (従来型TMの基準です。)
- ④ 1000Hz tympanogram (従来型TMで乳幼児の測定の際に用いられます。)
- ⑤ 375Hz~2000Hzまでの平均WBTのTGであり(ピンクエリア)、安定な結果が得られます。
- ⑥ グラフは年齢別にデフォルトで区分され、標準範囲もそれぞれ異なります。

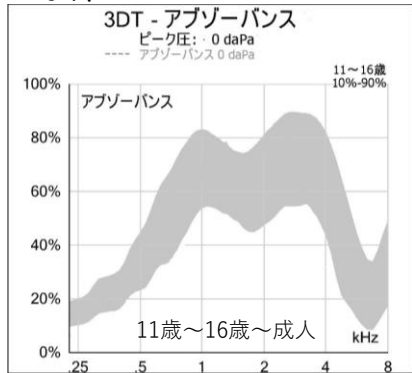
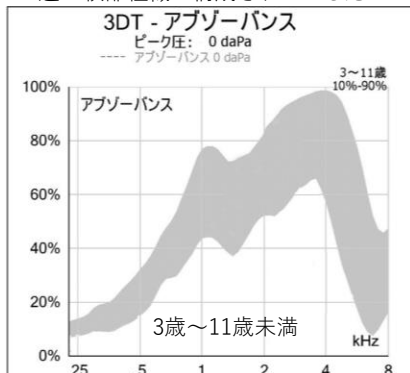
Default data of Wideband Tympanometry

標準アブゾーバンスは年齢によって変化します

■WBTは月齢、年齢別の標準アブゾーバンス（10-90パーセンタイル）がデフォルトで供えられているのでそれに従って判断することを推奨します。



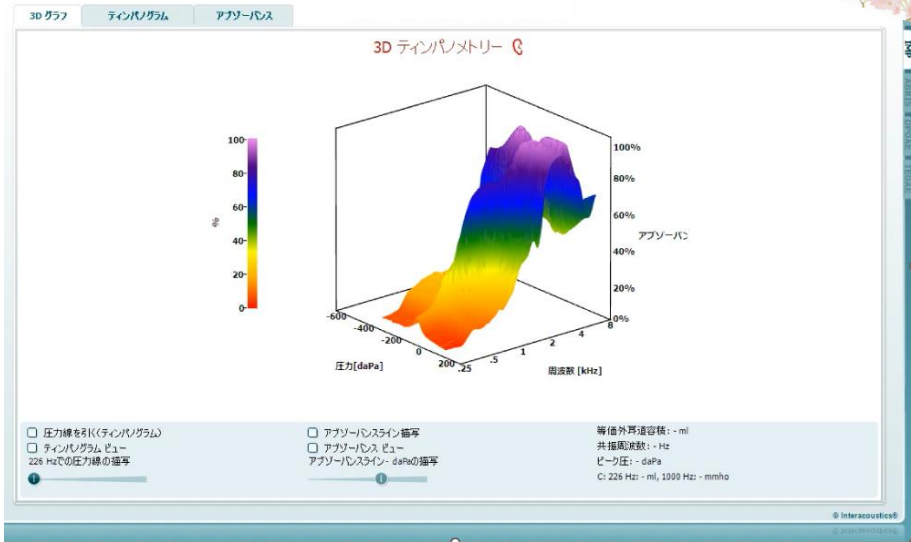
▶生後6ヵ月までは低い周波数のアブゾーバンスにばらつきが認められます。これは外耳道が軟部組織で構成されているためと考えられています。



3 D Tympanometry

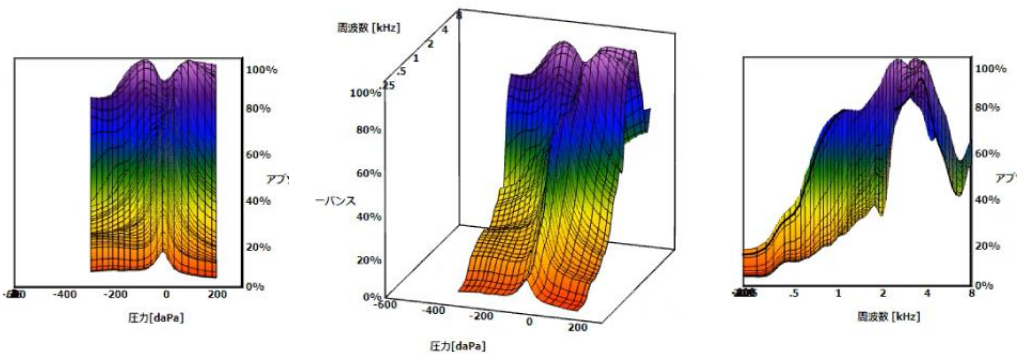
3DTティンパノグラムによる全体像の俯瞰

■WBT検査直後は3DTティンパノグラムが得られます。俯瞰図はマウスを動かすことで正面像や側面像など好みの角度からグラフを確認して全体像を把握することが可能です。



カラースケール.

■カラースケールが示されていて、アプゾーバンスが低い時はオレンジ色に、アプゾーバンスが高くなるにつれて黄色から緑色、青色、紫色に変化して表現されています。



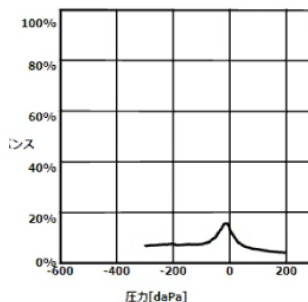
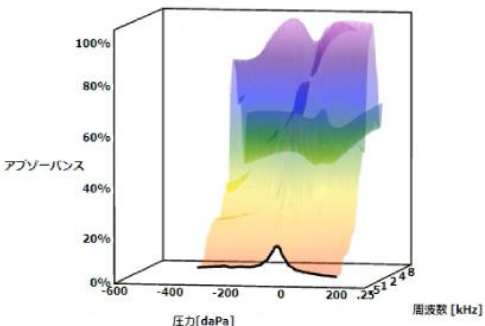
真正面図

斜め上図

真横図

得られたグラフの周波数や外耳道圧をスライダーで自由に設定

■3DTティンパノグラムが得られたところで、画面下にありますスライダーを動かすことで、希望の周波数や外耳道圧に合わせてアブゾーバンスを見ることができます。



▶ スライダーを使って従来型TGのイメージを作成しました。

リサーチモデルでデータを取り込む

■エクセルデータとすることで極めて多彩な統計処理が可能となります。

▶ 別途Windows Excel要あり

リサーチモデル 数値化されたデータが保存されExcel上で処理する

ここをクリックしてオリジナルデータを取り込む!

周波数の変更やAUCの測定

Year	Side	Time	Peak	Area	Points	Equival	Sum
2013	Right	_3_To_11_year	637	-164	34	0.78	
2013	Right	_3_To_11_year	NaN	37	36	1.541	
2013	Left	_3_To_11_year	937	-298	31	0.967	
2013	Right	_3_To_11_year	359	-53	33	0.886	
2013	Left	_6_months_To_3	636	-58	30	0.958	
2013	Left	_6_months_To_3	334	199	33	0.935	
2013	Right	_6_months_To_3	590	188	38	1.524	
2013	Right	_6_months_To_3	250	191	32	1.529	
2013	Right	_6_months_To_3	2316	-70	38	1.059	
2013	Left	_3_To_11_year	1071	-107	20	0.247	

Various factors affecting absorbance

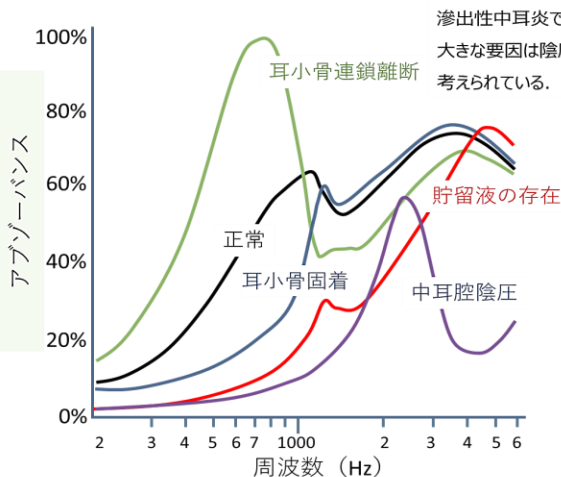
アブゾーバンスに影響する様々な要因

発育と成熟	新生児、乳児、幼児、学童、成人
外耳道	外耳道骨壁と軟部組織
鼓膜	器質的変化（角度、直径、厚み・菲薄、穿孔の有無と大きさ、石灰化）
中耳腔	発育、成熟、病態（新生児の羊水、間葉系組織の遺残、貯留液量と性状ならびに存在部位、中耳腔圧）
耳小骨	病的変化（奇形、固着、離断、鼓室硬化症、耳硬化症）
耳管機能	機能不全（耳管開放症）
内耳	様々な内耳病態

☆注意点 得られた結果は以上のような様々な因子によって影響されたものなので、診断には慎重さが求められます。

プローブ用耳栓も空気漏れに注意が必要です。常に新品のご使用をお勧めします。

中耳疾患に代表される病態とアブゾーバンスの変化

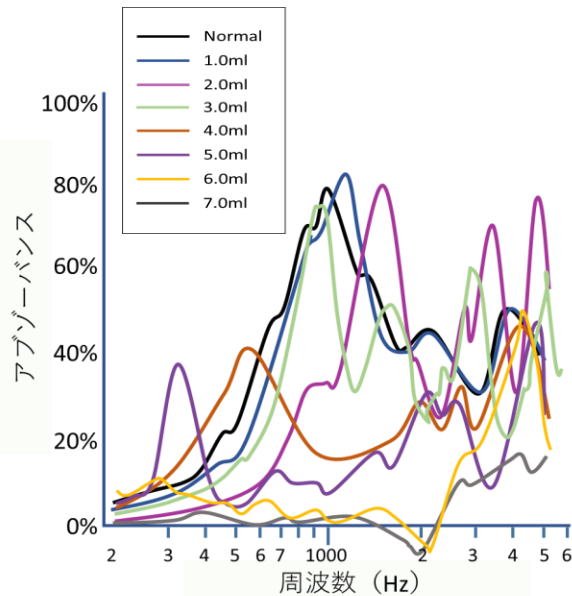


Cadaverを用いたアブゾーバンス測定

- ▶ 正常、耳小骨連鎖離断、耳小骨固着、貯留液の存在、中耳腔陰圧などの状態を献体の耳を使って作成して得られたものです。
- ▶ 耳小骨連鎖離断モデルでは1000 Hz以下のところでアブゾーバンスが増加し、貯留液の存在や陰圧下ではアブゾーバンスは低下します。
(Voss et al. 2012)

参考文献 Voss SE, Merchant GR, Horton NJ: Effects of middle ear disorders on power reflectance measured in cadaveric ear canals. Ear Hear;2012 ; 33 : 195-208. (改編)

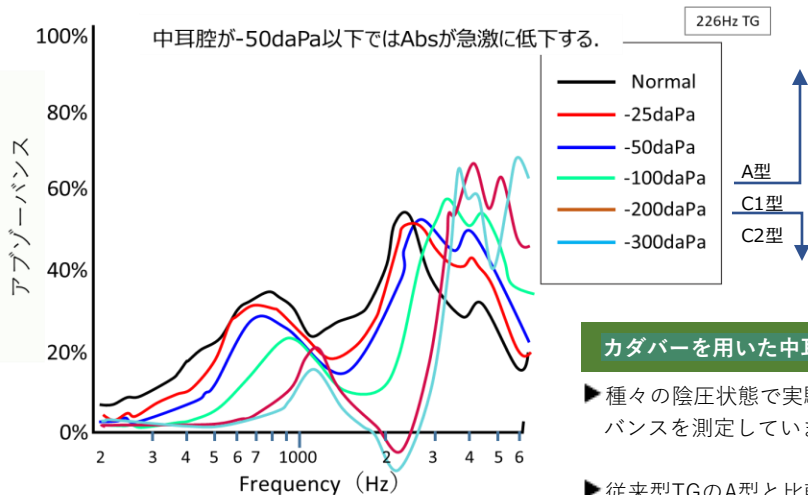
中耳貯留液とアブゾーバンスの変化



カダバーを用いた中耳貯留液モデル

- ▶ 中耳貯留液量を変化させてアブゾーバンスを測定しています。
- ▶ 中耳腔と乳突蜂巣を併せた平均容積が 7 mlで、通常圧縮できる空気で満たされているが、液を1 mlずつ追加してアブゾーバンスを測定した結果、容積の半分量を超えるところからアブゾーバンスの低下が見られました。
- ▶ 特に臍部の振動速度が1000Hz以下で減少するのは中耳容積が減少することによるものであるとしています。
(Voss et al, 2012)
- ▶ 中耳炎によって中耳腔内で粘膜組織が増生したり、漿液もしくは粘液が貯留する結果、中耳腔の含気が失われます。そのため中耳腔は圧縮できる空気を失い、空洞のインピーダンスを上昇させ、その結果アブゾーバンスが低下します。

中耳腔陰圧状態とアブゾーバンスの変化



The effects of incremental negative pressure in the middle ear cavity on PR

カダバーを用いた中耳腔陰圧モデル

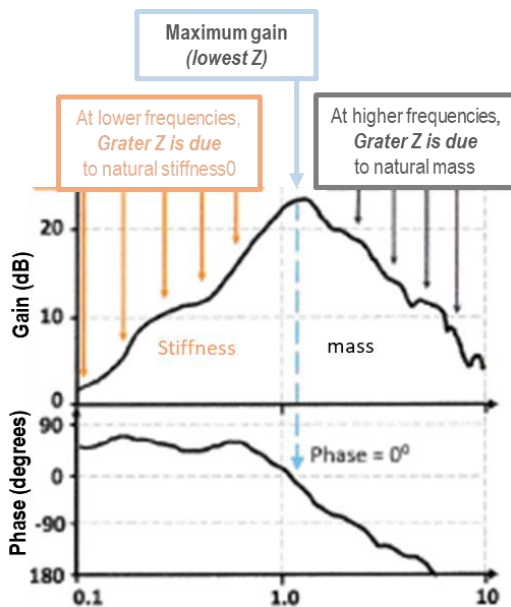
- ▶ 種々の陰圧状態で実験的にアブゾーバンスを測定しています。
- ▶ 従来型TGのA型と比較してみますと -50 daPaまでは大きな変化はありませんが-100 daPa付近から1000 Hz前後のアブゾーバンスが低下しています。
(Voss et al, 2012)

アブゾーバンスに影響する様々な要因の深堀-1

P11に示した様々な要因をAibaraら¹⁾が解析している。彼らによれば図に示すように中耳伝達関数で最もgainが高いのは1,100Hz付近で21-24dBでありインピーダンスが最も低い。それより低い周波数において利得を規定する自然剛性 (natural stiffness) 因子は鼓膜緊張部、耳小骨関節、靭帯、腱、中耳腔容量などである。それより高い周波数で利得を規定する自然質量 (natural mass) 因子は鼓膜弛緩部、耳小骨自体、外リンパ液濃度とアブミ骨底板、間葉組織などである。抵抗としては緊張部周囲の鼓膜輪組織、外リンパ液粘度、乳突蜂巢粘膜などである。

例えば中耳陰圧が増加すれば鼓膜は内陥し鼓膜の剛性stiffnessが強くなる。その結果Absは低くなる。

中耳貯留液は質量に影響する。さらに中耳粘膜の浮腫を伴う結果、中耳腔ボリュームが減少する結果滲出性中耳炎重症では2000Hz 付近までのAbsが低下する。



1) Aibara R, Welsh JT, Puria S, et al: Human middle-ear sound transfer function and cochlear input impedance. Hear Res 152(1-2):100-109, 2001.

自然剛性 (natural stiffness)	鼓膜緊張部、耳小骨関節、靭帯、 腱、中耳腔容量
自然質量 (natural mass)	鼓膜弛緩部、耳小骨自体、外リンパ液濃度、 アブミ骨底板、間葉組織
抵抗 (resistance)	緊張部周囲の鼓膜輪組織、外リンパ液粘度、 乳突蜂巢粘膜

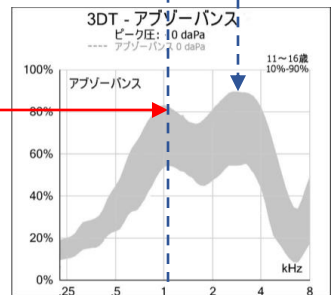
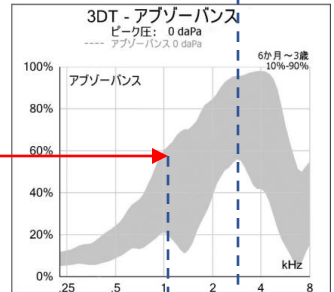
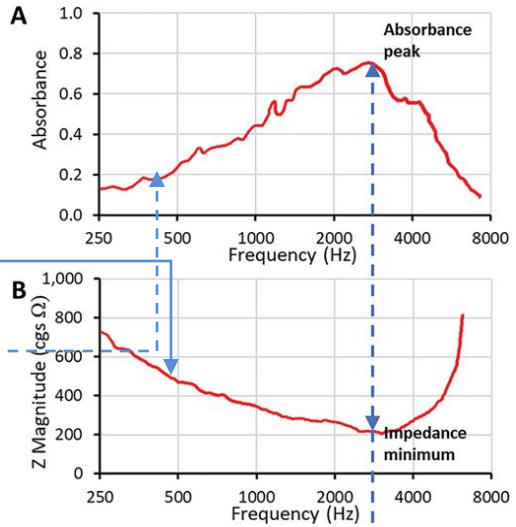
アブゾーバンスに影響する様々な要因の深堀-2

成人例では、1100Hz付近と3000Hz付近の2つのAbsピークがみられる。乳児では1100Hzピークが見られない。この点については、外耳道でAbsを測定する場合、外耳道壁のインピーダンスと中耳システムの複合インピーダンスに依存する。インピーダンスが大きい周波数ではAbsは低く、インピーダンスが小さいとAbsは大きくなる。

インピーダンスは、外耳および中耳システムの剛性に起因する低・中周波数帯域で高く、それによってこの領域のAbsが抑制される。インピーダンスは、中耳の質量要素により、3,000Hz付近で最小値をとるが、それより高い周波数領域（3,000 Hz以上）で高い値を示し、Absが抑制される。インピーダンスが最も低い周波数で最大Absが発生し、その結果20 dB前後の聴力利得 (gain) が得られる。

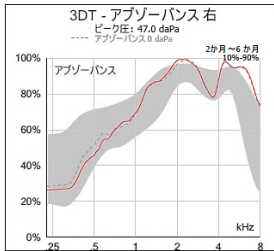
1、3、6、12、24ヶ月の乳児グループにおいて、周波数範囲125-10700Hzにおける外耳道インピーダンスと反射係数を測定した結果、外耳道と中耳の発達は、入力インピーダンスと反射係数の反応に強く影響し、この発達は生後24ヶ月ではまだ完了していない。その要因としては、外耳道の面積と長さの成長、低年齢児の外耳道壁の共振、中耳腔の成長の影響が考えられる。乳幼児の中耳コンプライアンスは成人より低く、中耳抵抗は高い。乳幼児の中耳へのパワー伝達は、成人のそれよりもはるかに小さい

2) .

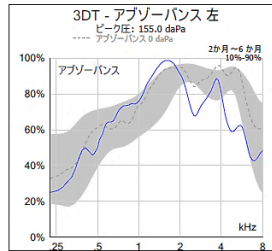


2) Ear-canal impedance and reflection coefficient in human infants and adults. J Acoust Soc Am . 1993 Nov;94(5):2617-38. doi: 10.1121/1.407347. D H Keefe 1, J C Bulen, K H Arehart, E M Burns

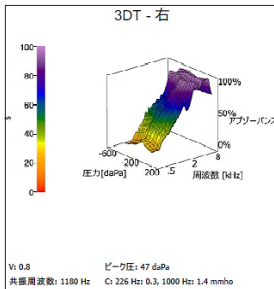
■ 実例1 Good and bad data 男児 生後4か月



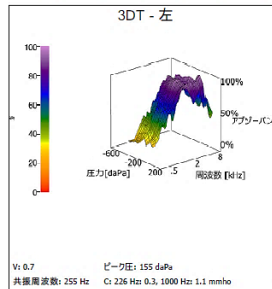
▶ 3D-T-アブゾーバンスは極めて良質に測定されています。見極めポイントは基線が揺れていないことです。



▶ 3D-T-アブゾーバンスは基線が揺れていて、あまり良質な測定結果ではありません。これは測定時に啼泣があるため、吸気呼気で基線が揺れているためです。

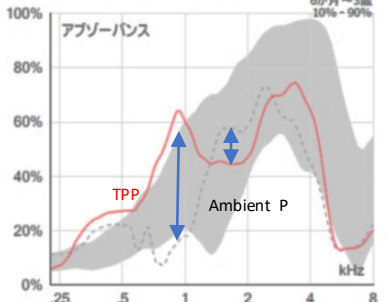


▶ 左図 3-DTで三次元グラフがすべてのエリアでゆれていないことで良質な測定結果であることがわかります。

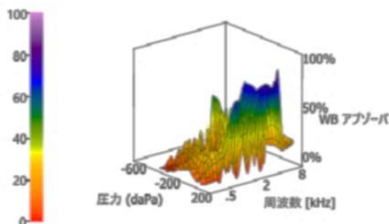


▶ 左図DTの三次元グラフでもすべてのエリアでスパイク状にアブゾーバンスが出現しており泣いていることがわかります。あまり良質ではありません。

■ 実例2 Bad data

3D-T-アブゾーバンス右
ピーク圧: 154 daPa

3D-T-右



▶ 3D-T-Absは基線はあまり揺れていないように見えますが、この例もあまり良質な結果ではありません。測定直後に、左下図3D-T (3次元グラフ) のように、すべてのエリアでこのようなスパイク状のアブゾーバンスが出現した場合は再測定の方がよいでしょう。啼泣による激しい圧変化が影響しています。

測定結果の判定のポイント

- ①まず 3DT (3次元グラフ) で啼泣の確認をおこなう。スパイク状のデータはできれば避ける。
- ②3DT-Absの結果でTPP (実線) と Ambient P (破線) に大きな乖離があるときは避ける。またグレーの標準範囲に入っている、Ambient P が TPP の上に行くことはありません。

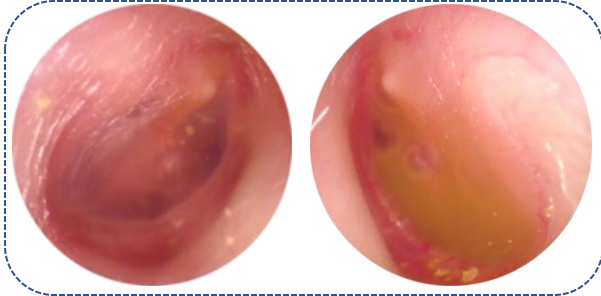
ピーク圧を決める条件は、375Hzから2000Hzの範囲でアブゾーバンスの高い値を示す外耳道圧を選ぶようになっています。従って激しく泣くと中耳圧が加圧されるためTPPは当然高くなります (この例では+154 daPa)。一方Ambient Pは外気圧なので0 daPaとなります。たまたま吸気になった時に外耳道圧も低下してピーク圧アブゾーバンスが外気圧アブゾーバンスを下回る場合があります。

WBTと従来型TGで症例比較をしました

■右耳は正常、左耳は急性中耳炎が遷延した時期の貯留液が認められます。

■右鼓膜所見

■左鼓膜所見

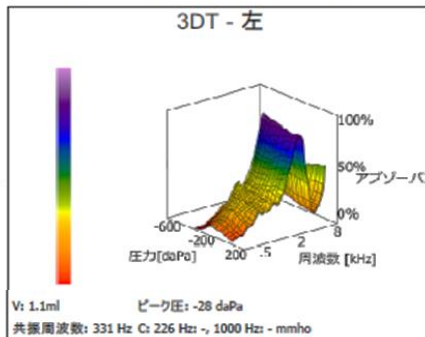
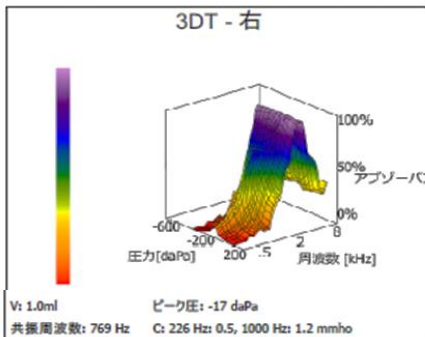
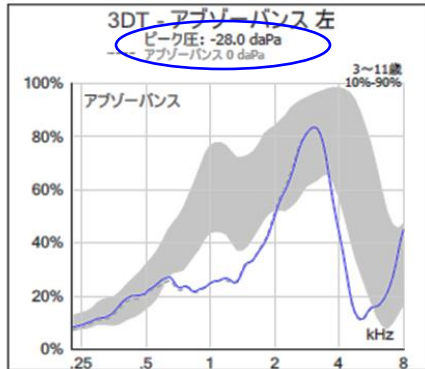
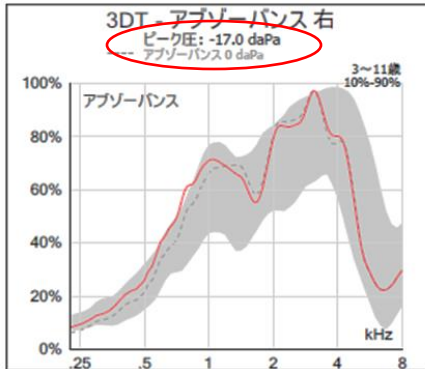


▶右はTPP-17.0daPaであり、鼓膜所見と併せて正常と考えます。3DT-Absの結果も標準範囲内であり、正常と考えます。3次元グラフもフラットな変化でスパイクは見られません。

▶左は-28 daPaであり、貯留液はあるものの比較的落ち着いた状態です。3DT-Absは500-2000HzでAbsが低下しています。3次元グラフはフラットな変化でスパイクはありません。

■右アブゾーバンス

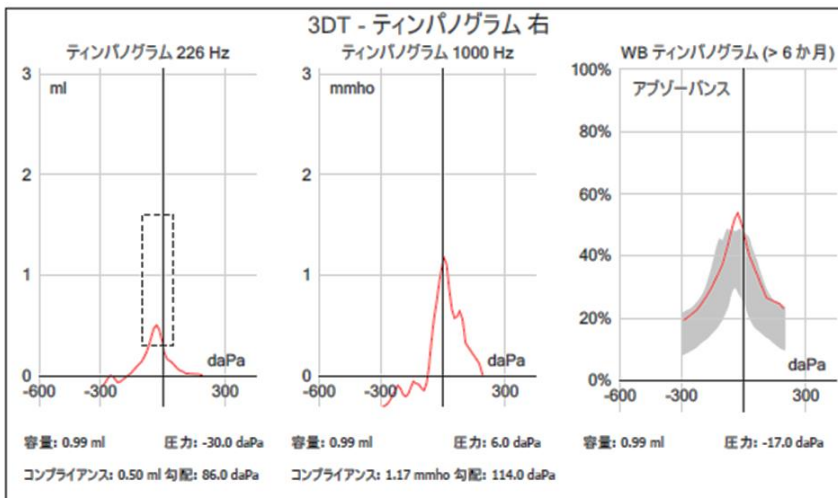
■左アブゾーバンス



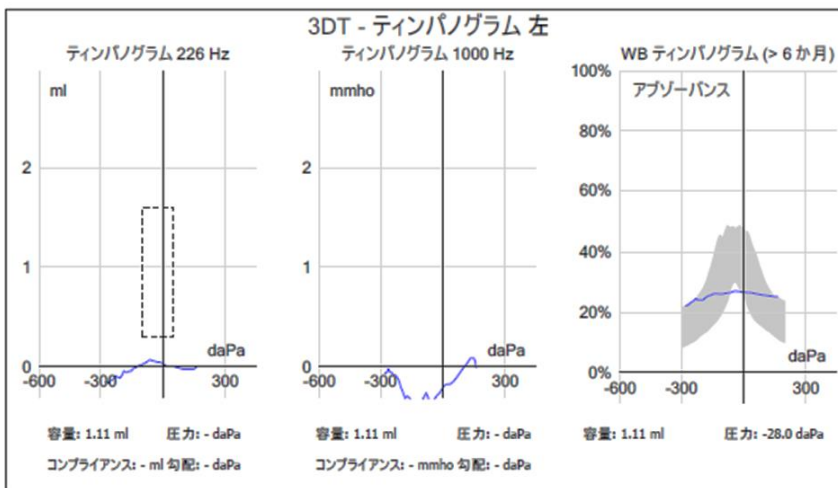
■同時に従来型TMで計測されたティンパノグラム

■226Hz Tympanogram ■1000Hz Tympanogram ■WB平均ティンパノグラム

(右耳)



(左耳)



- ▶ 右 TG226Hz、1000Hz、平均WBTはすべて標準範囲にあります。
左 TG226Hz (B型) 判定不能、1000Hzは判定不能、平均WBTは標準範囲にあります。

- ▶ 総合的に判断した場合、従来型ティンパノメトリー (226Hz,1000Hz) だけに依存した判定では左はBタイプもしくは診断不可、もしくは判定不能となる可能性が高い。
一方、前頁のWBTの結果では左1000Hz付近のアブゾーバンスが低下していて、中等度貯留液による影響でアブゾーバンスが低下したType 3 と判定されます。

ワイドバンドティンパノメトリーによる乳幼児滲出性中耳炎の分類 (生後6か月～3歳) (試案)

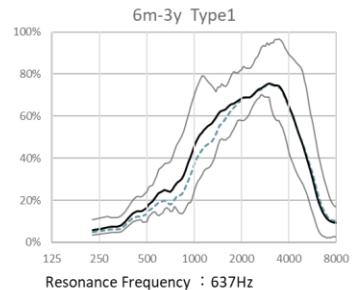
表1 A. 対象例数・耳数 B. 年齢構成

(A)	例数(人数)	耳数	(B)年齢構成	耳数	平均日齢
対象人数	54	108	6カ月～	30	261
重複測定	4	8	1歳～	52	601
			2歳～	34	896

■ 滲出性中耳炎をWBTによって大きく4つのパターンに分類する試みを行った

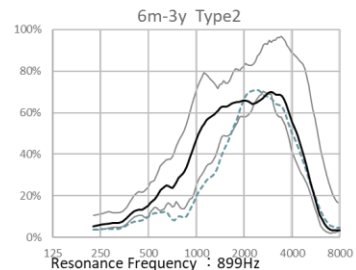
▶ Type1: 鼓膜所見正常

ピーク値アブゾーバンス (TPP 実線) と外気圧アブゾーバンス (Ambient 破線) が共に標準域内にあります。 さらに実線と破線はほぼ一致しており中耳腔内圧が外耳道圧と平衡で貯留液が認められない状態であることを示しています。標準域は灰色線内で示されており下限、上限が10%、90%タイルです。自然剛性と自然質量がバランスしている。



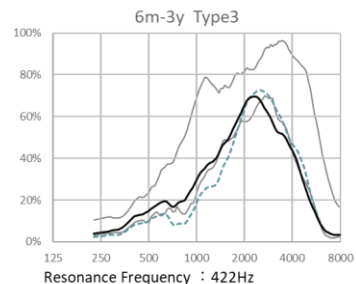
▶ Type2: 鼓膜の陥凹 (中耳陰圧)

Abs at TPP(実線) は正常範囲にあり、Abs at Ambient (破線) が低下して、2曲線は解離していることが特徴です。 これは貯留液が無いかわずかな量でしかも中耳腔圧が外耳道圧に比べて低下していることを示します。この陰圧によりAmbient (0 daPa)では鼓膜剛性が高くAbsは低くなる。しかし外耳道圧が調整されたTPPでは中耳と等圧になった状態では標準範囲内に表記される。



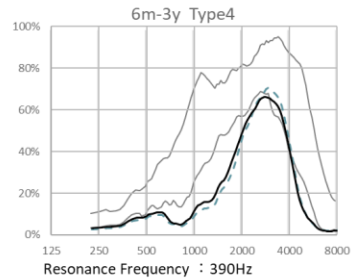
▶ Type3: 軽度滲出性中耳炎

鼓膜所見で貯留液が見られるが含気もあり、TPP (実線) は標準域下限付近、Ambient (破線) はそれよさらに低下しています。 陰圧と重症の中間的狀態。



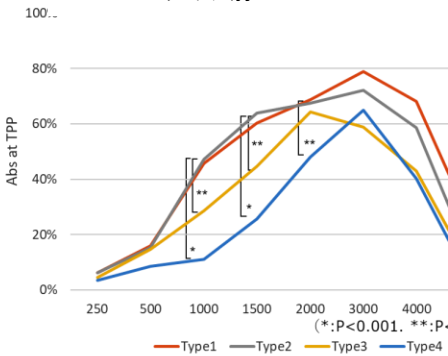
▶ Type4：中～重症滲出性中耳炎

Abs at TPP (実線), Abs at Ambient(破線) が共に低い周波数から2000Hz帯域で標準域を逸脱する。さらに実線と破線はほぼ一致しており中耳腔内が陰圧で貯留液が中耳腔を占めていることを示している。従来型のB型に類似する。剛性、質量ともに増加するため2000Hz付近まではAbsが低い。

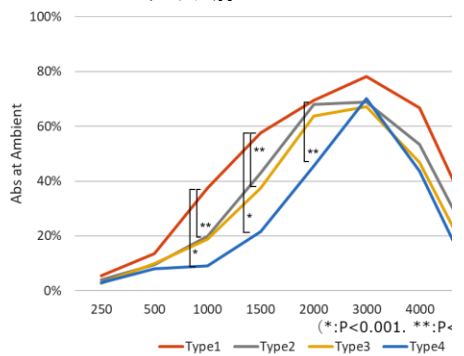


下図でグレー線で示したType2のみがAbs at TPP とAbsとAbs at Ambientの間で大きく解離しています。これは中耳が陰圧でしかも貯留液が無いかわずかな量であることから発生します。

タイプ別Abs at TPP



タイプ別Abs at Ambient



従来型ティンパノグラムとWBTタイプ分類比較

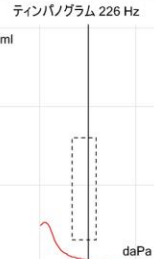
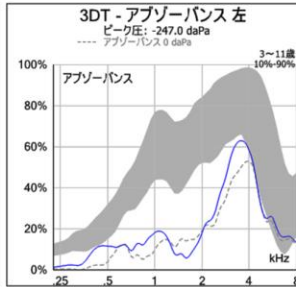
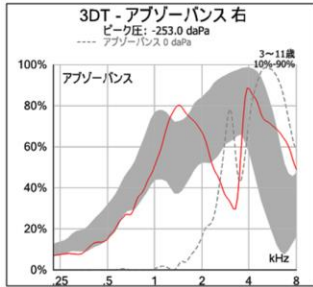
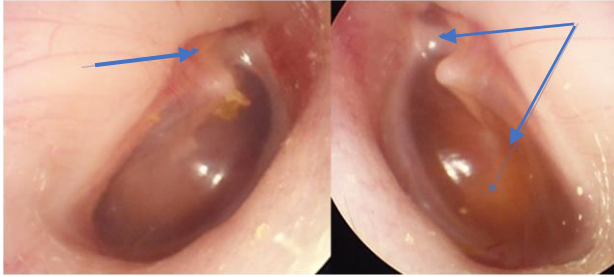
TYPE	WBT・内視鏡総合判定(耳数)	従来型ティンパノグラム				
		A型 n (%)	C1型 n (%)	C2型 n (%)	B型 n (%)	測定不能
Type1	57	45 (78.9)	7 (12.3)	0	3 (5.3)	2 (3.5)
Type2	23	9 (39.1)	7 (30.4)	5 (21.7)	1 (4.3)	1 (4.3)
Type3	10	0	3 (30.0)	3 (30.0)	4 (40.0)	0
Type4	22	0	0	0	22 (100)	0
Abs判定保留	2					
啼泣測定不能	2					
合計	116					

WBTの方が従来型TMに比べて中耳病態を的確に表わしていると考えられます。

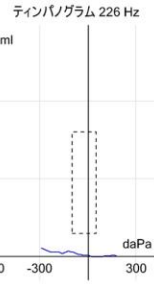
Clinical practice : Improvement of the OME

OMEの経時的変化のWBT追跡

■ 経時的な変化を追跡 10月25日 鼓膜所見とWBT

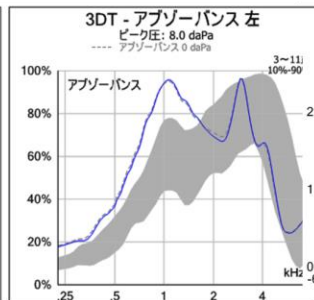
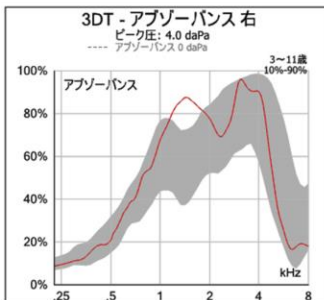
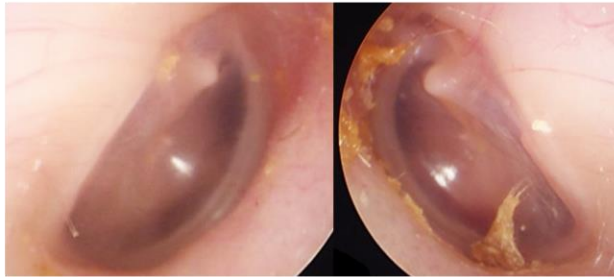


▶ 右鼓膜所見では貯留液は確認できないが弛緩部（青矢印）の陥凹が見られます。WBTでTPPは標準範囲内ですがAmbientが大きく逸脱しており、-253.0daPaを示していることからType2と考えます。226Hz TGはC2型です。



▶ 左鼓膜所見では弛緩部陥凹、貯留液（青矢印）が全面的に見られ、WBTはType4を示し、TPP、Ambientともに大きく逸脱しています。226Hz TGはB型です。

■ 翌年1月13日 鼓膜所見とWBT



▶ 約3か月後の鼓膜所見と検査結果です。
右鼓膜所見では貯留液は確認できず、弛緩部の陥凹は改善してWBTではTPPとAmbientともに標準範囲内で重なっています。ピーク圧は4.0daPaです。226Hz TGもA型です。
左鼓膜所見でも貯留液は見られず、WBTではTPPとAmbientが重なっています。ピーク圧は8.0daPaです。226Hz TGはA型です。WBTの方が従来型TMに比べて中耳病態的確に表していると考えられます。

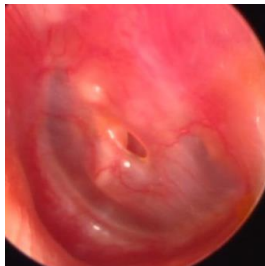
外傷性鼓膜穿孔に伴う耳小骨連鎖離断疑い

■ 21歳男性、外傷性耳小骨離断疑い（発達障害あり）

■ 右鼓膜穿孔

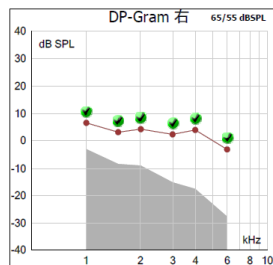
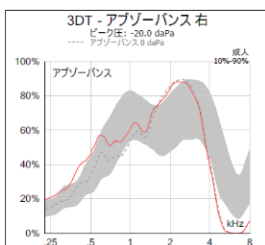


■ 左鼓膜穿孔



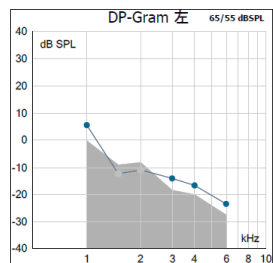
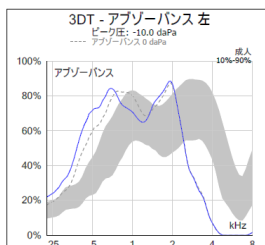
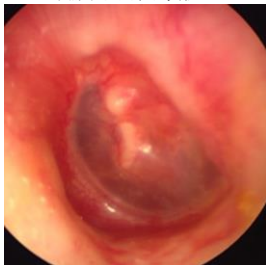
▶施設収容中、耳かき操作事故による両側の鼓膜穿孔が発症しました。写真は発症2週間後に当院受診した時の鼓膜所見です。左右鼓膜穿孔を認めるもわずかに耳漏があるのみです。右鼓膜穿孔部位は鼓膜前下象限、左鼓膜穿孔部位はツチ骨柄後方にあり、ツチ骨柄は前方偏位しているように見えます。経過観察では、穿孔は徐々に閉鎖しました。

■ 右鼓膜穿孔閉鎖後



▶鼓膜が閉鎖した時点でWBTを行いました。右アブゾーバンスは正常範囲内にあり、聴力検査に替えてDPOAEを行ったところ正常反応が見られました。WBTとDPOAEは一連の流れで検査が計測できます。

■ 左鼓膜穿孔閉鎖後



▶鼓膜が閉鎖した時点で左WBTを行いました。低い周波数域でアブゾーバンスが正常範囲を逸脱して上昇しています。これは過可動性鼓膜と考えられます。すなわち耳小骨離断もしくは偏位があって、外耳道圧に対して鼓膜、耳小骨の剛性が失われているための過剰な反応と考えられます。さらにDPOAEも反応が低下していました。CTでは明らかな離断が指摘できないこと、ご本人から事故後の聴力低下の確認ができなかったため、やむなく経過観察となりました。（参照 P11）