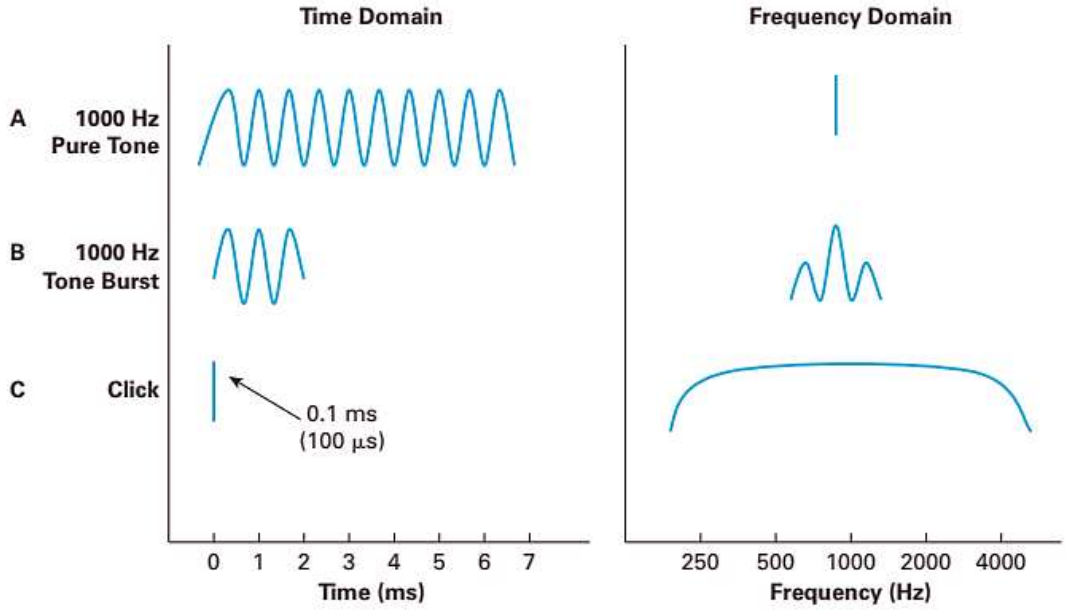
الدرس الرابع: نماذج الأصوات الهامة السمعيات Audiologic Sound Samples

الأصوات العابرة Transient Sounds:

الأصوات العابرة هي أصوات مختصرة للغاية مع فترات من المللي ثانية أو حتى جزء قصير من الألف من الثانية. يعتبر صوت الكليك (النقر) Click مثال شائع على هذه الأصوات العابرة. وهناك نوع آخر يسمى رشقة النغمات Toneburst وهي حزمة ضيقة من النغمات تتمركز حول تواتر مركزي وتستمر عدة أجزاء من واحدة الميللي ثانية (10-15 ميللي ثانية) وتتكون غالبا من أقل من 4 أو 5 دورات من الصوت

في الشكل 3.6 توضيح للعلاقة بين مدة المنبه السمعي وطيفه التواتري، حيث أنه كلما كان المنبه عابرا وذو مدة قصيرة جدا كلما كان طيفه التواتري أوسع بكثير وهذا حال منبه الكليك ذو مدة ال 100 ميكروثانية. في حين يمتد زمن التونبرست قليلا ليسمح بصفاء تواتري متمركز حول تواتر معين كتواتر 1000 هرتز في الشكل، أما للحصول على نغمة صافية فنحن بحاجة لزمن اطزل يمتد إلى عدة ثوان. نية هو 250/1 جزء من الثانية فقط. يشار إلى الأصوات النغمية القصيرة جدًا باسم رشقات النغمات. تستخدم المنبهات (الأصوات) العابرة وخصوصا القصيرة جدا كالكليك في اختبارات التقييم السمعي للأطفال الصغار والرضع نظرا لكونها تعطي استجابة سمعية مهمة يمكن تسجيلها وذلك بسبب طيفها التواتري الواسع والذي ينبه مناطق واسعة من الحلزون ويعوض بذلك عن عدم أو تأخر نضج الجهاز العصبي أو صعوبة الاختبار في هذا العمر.



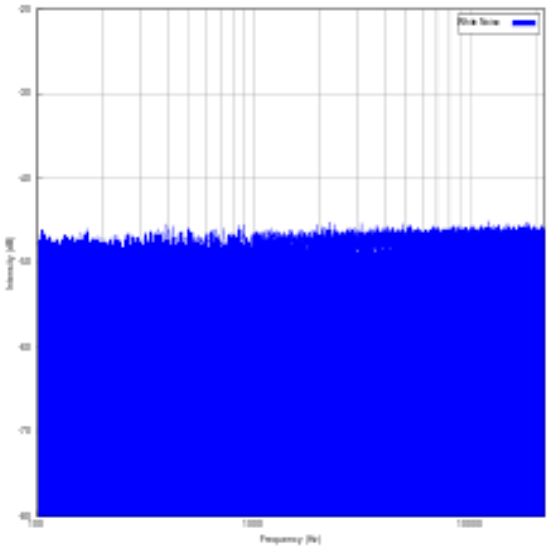
الشكل 3.6. نماذج من المنبهات السمعية وعلاقة طول المنبه مع طيفه التواتري

الضجيج Noise: عادة ما يشار إلى مصطلح الضجيج بطريقة سلبية نسبة لأي ضوضاء مزعجة أو أي طاقة صوتية غير مرغوب فيها وتسبب عدم الرضا أو عدم الراحة كصوت دراجة نارية مع عوادم مفتوحة أو صوت نباح الكلب في الليل أو الصباح الباكر. وحتى في غياب هذه الأصوات الخارجية هناك ضجيج دائم الوجود لايمكن تفاديه إلا في الغرف السمعية او غرف العزل الصوتي وهو ضجيج الخلفية أو مايسمى بضجيج المكان Background Noise وهو الضجيج الناجم عن الحركة المستمرة والحتمية

لجزيئات الهواء والتي تسبب ضجيجا واسع الطيف من 250 إلى 8000 هرتز ولكن بطاقة منخفضة تقدر في درجات الحرارة والضغط الجوي العاديين بحدود 10^{-16} واط / م^2 ولحسن الحظ هذا المقدار منخفض ويمكن تجاهله ولايثثر على دقة قياس السمع حتى عند الأشخاص الذين لديهم حساسية سمعية أفضل من المتوسط.

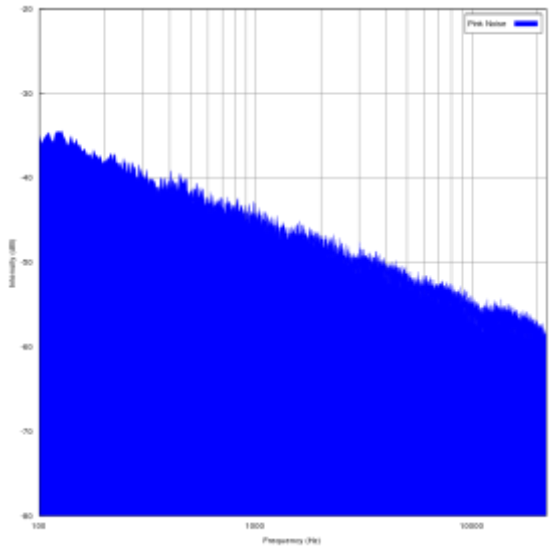
أنواع الضوضاء في اختبارات السمع: للضجيج (noise) أهمية كبيرة في الاختبارات السمعية وفي الأبحاث العلمية السمعية وأيضا في بعض برامج التأهيل والعلاج السمعي كالعلاج بالضجيج لمرضى الطنين المزمن. يستخدم الضجيج إلى جانب النغمة الصافية في تخطيط السمع بالنغمة الصافية لزيادة دقة الاستجابة في حالات نقص السمع غير المتناظر وهو مايسمى بالتشويش Masking. كما يستخدم مرافقا للمنبه الكلامي في تخطيط السمع الكلامي لتشخيص بعض الاضطرابات وهو مايسمى بإدراك الكلام في الضجيج Speech In Noise Perception (SINP). للضجيج أنواع مختلفة حسب طيفها التواتري ولكل منها استخداماته الخاصة في علم السمعيات:

- **الضجيج الأبيض** White Noise : هو أحد أهم أنواع الضجيج والذي يستخدم على نطاق واسع من المجالات ويتألف من صوت مركب من مجموعة كبيرة أو طيف واسع من التواترات على مساحة عدة أوكتافات وبسعة متساوية تقريبا وهو يشبه بالتعريف الفيزيائي اللون الأبيض والذي يتركب من كامل ألوان الطيف. أهم مايميز الضجيج الأبيض هو توزع طاقة الصوت Sound Power بشكل متساوي على كامل أجزاء الطيف فلو اقتطعنا الجزء من 20 – 40 هرتز وأيضا الجزء 400 – 420 هرتز سنجد أن لهما نفس الطاقة (السعة) لأنهما متساويان في عرض الحزمة، طبعا هذا الأمر يحدث في حال كانت عملية التوزع خطية وقد لايتوافر ذلك دائما ويكون هناك توزع غير خطي للطاقة عبر التواترات ويحدث ما يسمى بالعشوائية اللحظية أي تبدل الطاقة بشكل لحظي وعفوي غير منسق بين اجزاء الطيف وهذه الظاهرة موجودة في العديد من النظم الغير خطية وأهم أمثلتها هو الانتروبي Entropy.

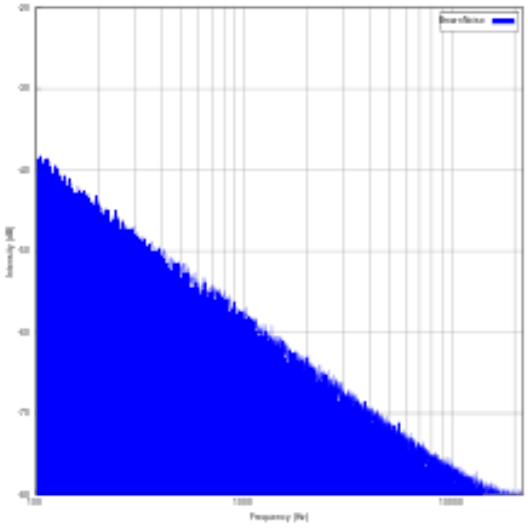


مخطط يوضح التركيب الطيفي للضجيج الأبيض

- **الضجيج الوردي** Pink Noise: يتميز طيف الضجيج الوردي بأن الطاقة تكون متوزعة بشكل متماثل في كل اوكتاف فمثلا يتم ادراك الطاقة في الاوكتاف 20-40 بنفس الفاصلة والمسافة لتوزع الطاقة في الاكتاف 2000-4000. أما الميزة الثانية لهذا الطيف هي تناقص الطاقة بمقدار 3.01 ديسبل كلما ارتفعنا اوكتاف من التواترات المنخفضة إلى الحادة. انظر الشكل المرافق.

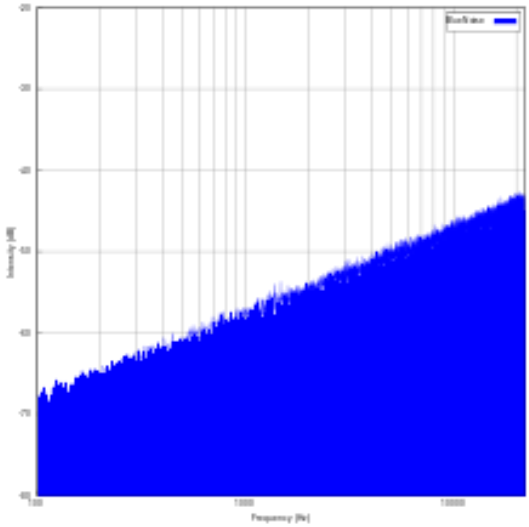


مخطط يوضح التركيب الطيفي للضجيج الوردي



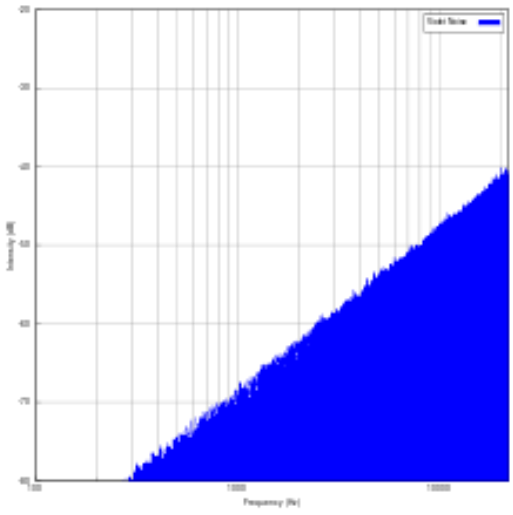
- **الضجيج البراوني (البني)** Brownian noise: لايسمى هذا الضجيج بالبني نسبة للون الطيف البني وانما بالبراوني نسبة للحركة البراونية أو العشوائية وفيه يتم تناقص الطاقة بمعدل 6.02 ديسبل / الاوكتاف ولو أردنا تصنيفه لونيا سيعطى اللون الأحمر Red Noise حيث يقع الضجيج الوردي في الوسط بينه وبين الضجيج الأبيض. انظر الشكل المرافق.

مخطط يوضح التركيب الطيفي للضجيج البني (البراوني)



- **الضجيج الأزرق** Blue Noise: يتميز طيف الضجيج الأزرق بازدياد الطاقة بمعدل 3.01 ديسبل/ الاوكتاف، أو بشكل عام يطلق على كل طيف له طاقة قليلة على التواترات المنخفضة وتزداد باتجاه التواترات المرتفعة أي كلما انتقلنا من القرار إلى الجواب ولكن هذا التعريف فضفاض قليلا لأنه لايوضح العلاقة الدقيقة لتبدل الطاقة مع التواتر. انظر الشكل.

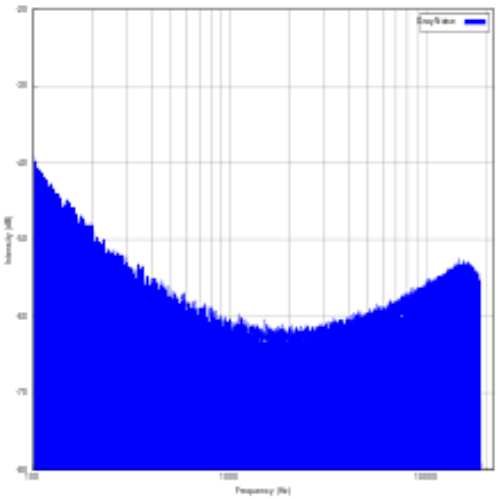
مخطط يوضح التركيب الطيفي للضجيج الأزرق



- **الضجيج البنفسجي أو الأرجواني** Purple (violet) Noise: وفيه تزداد الطاقة بمعدل 6.02 ديسبل/ اوكتاف كلما ارتفعنا باتجاه التواتر الحادة، صوتها يسبه الهسهسة Hissing وتمييزها أصعب في الأذن البشرية بسبب نقص كفاءتها على التواترات الأكثر ارتفاعا.

مخطط يوضح التركيب الطيفي للضجيج الأرجواني

- **الضجيج الرمادي** Grey Noise: وهو طيف يشبه طيف الضجيج الأبيض مع تعديل في توزع الطاقة يتماشى مع منحنيات تساوي الحدة (العلو) Equal Loudness Contours (وهي منحنيات ندرسها لاحقا تعبر عن عدم إدراك الصوت بشكل متساوي العلو على جميع التواترات) وبالتالي فإن الطيف الرمادي يتم إدراكه سمعيا متساوي العلو على جميع التواترات بعكس الضجيج الأبيض والذي يكون متساوي الطاقة على جميع التواترات وبالتالي لايتم إدراكه بشكل متساوي.



مخطط يوضح التركيب الطيفي للضجيج الرمادي

- **الضجيج الأخضر** Green Noise: وهو يمثل منطقة منتصف تواتر الضجيج الأبيض أو الضجيج البراوني المحدود ويستخدم تجاريا اكثر من سمعيا لتزويد المقاطع الصوتية أو الأفلام بضجيج الخلفية Background Noise وهو الأقرب اكوستيكيا لضجيج المكان Ambient Noise والذي لا دور للإنسان فيه.

- **مما سبق هل يمكنكم التخمين ماهو الضجيج الأسود Black Noise؟**

- **حزمة الضجيج الضيقة** Narrow Band Noise (NBN) وهو نوع آخر من المنبهات السمعية المستخدمة والتي تتركز طاقتها حول تواتر معين كحزمة ضيقة تواتريا مثلا من 900 إلى 1100 هرتز.
- **ضجيج طيف الكلام** Speech Spectrum Noise وهو حزمة من الضجيج يمتد طيفها على التواترات الكلامية بين 300 و3000 هرتز نظريا وبين 250 – 5000 هرتز عمليا.
- **ضجيج حزمة الأوكتاف** Octave Band Noise: يعرف الأوكتاف بأنه الطيف الفاصل بين تواترين ثانيهما ضعف الأولى فكل تضاعف في التواتر هو واحد اوكتاف، وبالتالي فإن ضجيج حزمة الأوكتاف هو الضجيج الذي يمتد طيفه التواتري على مساحة اوكتاف واحد مثلا بين 250 و500 هرتز أو بين 2000 و 4000 هرتز.

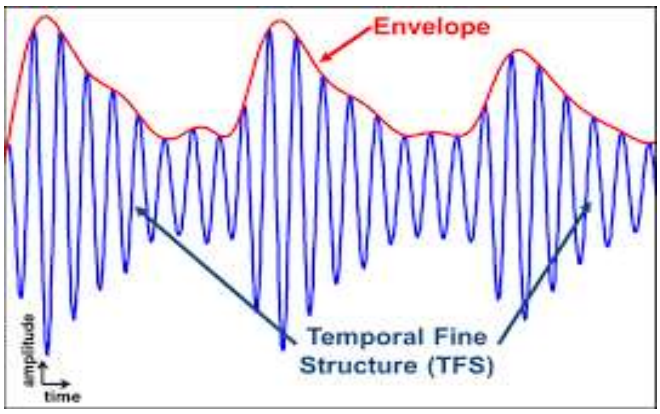
الكلام Speech:

الكلام هو صوت معقد للغاية يعرف فيزيائيا بأنه إشارة صوتية متبدلة بالتواتر والشدة عبر الزمن. تعتبر أصوات الكلام مهمة للغاية بالنسبة للإنسان لأنها تشكل أساس الاتصال الشفوي. من أهم استخدامات إشارة الكلام في السمعيات هو تخطيط السمع الكلامي واختبارات المعالجة السمعية المركزية وتقييم عمل المعينات السمعية وأجهزة زرع الحلزون. دراسة طيف الكلام واسعة جدا وتشمل الكثير من التفاصيل والتي يتم تغطيتها في مواضع مختلفة عن هذا البحث. ولدراسة خصائص الكلام يجب دراسة كافة خصائص الصوت وتطبيقها عليه والتي لامجال لذكرها هنا. يتم التركيز في دراسة طيف الكلام على خاصيتين أساسيتين وهما التواتر الأساسي للكلام والتعزيزات (فورمانت).

- **التردد الأساسي** Fundamental Frequency وهو أحد السمات المهمة للكلام حيث يتم تمييز صوت الإنسان بتواتره الأساسي F0 والذي يتم تحديده من خلال معدل اهتزاز الطيات الصوتية عند أي شخص ويختلف حسب العمر والجنس وكتلة وحجم الطيات الصوتية. يختلف التردد الأساسي لصوت الرجال عن النساء والأطفال. حيث يبلغ التوتر الأساسي لصوت الذكر البالغ السليم حدود ال130 هرتز وضمن مجال من 85 إلى 180 هرتز في حين يصل المجال التواتري لصوت النساء بين 170 إلى 250 هرتز والأعلى هو صوت الأطفال والذي يصل إلى حدود 300 هرتز.

- **التعزيزات** Formants: وهي المكمل الأساسي لصوت الإنسان إضافة للتواتر الأساسي وهي مجموعة من التعزيزات على تواترات عالية تشكل مضاعفات للتواتر الأساسي تتشكل على طول المسار الصوتي من البلعوم إلى الفم. فالتعزيزات F1,2,3,4,.. هي ذرى متتالية في طيف الكلام (طاقة عالية) على تواترات تشكل مضاعفات للتواتر الأساسي وتتوافق مع رنين أو تجاوب السبيل السمعي وتعتبر الأساس في قدرة السبيل الصوتي على توليد الأصوات المختلفة كالصوامت Consonant والتي تتركز عند التواترات المتوسطة والحادة وأيضا الصوائت Vowels والتي تتركز في منطقة الطيف منخفض ومتوسط التواتر.

- **الأصوات الكلامية:** تقسم الأصوات الكلامية إلى صوائت Vowels وصوامت Consonants. وتختلف كل منها من حيث خصائصها الأكوستيكية وطرق توليدها. بشكل مختصر يتم توليد الأصوات الكلامية وفق نظرية المنبع- مرشح Source-Filter حيث يتم توليد الصوائت باهتزاز الحبال الصوتية ومن ثم تاخذ خصائصها الأكوستيكية من خلال مرورها في الأوساط الرنانة (المسار الصوتي بدءا من الحنجرة خروجا من الفم والأنف)، تعتبر الصوائت من أسهل الأصوات تحليلا حيث تكون ثابتة الطاقة نسبيا ويتم وصفها من خلال التعزيزات الثلاثة الأولى عادة وعلاقتها بحركة اللسان، كما يتأثر توصيف الصوائت بمدتها وبشكل المسار الصوتي أثناء إصدار التعزيزات، لفهم هذه النقطة أصدر الصوائت الأساسية التالية A,O,U,E,I.
أما الصوامت فيختلف توليدها حسب نوعها فقد تولد بالإغلاق أو الاحتكاك أو الانزلاق وغيرها وكذلك تتأثر بالممر الصوتي كفلتر، قارن بين الأصوات التالية: .. , F , R , TH , T , M. تصنف الصوامت حسب طريقة توليدها ومكان توليدها، وأيضا وجودالجهر والهمس.
- **طيف الكلام** Spectrum of Speech: يتميز طيف الكلام بأنه من نمط الضجيج شبه الدوري Quasiperiodic، مع اختلافات بين الأصوات المجهورة Voiced والغير مجهورة/ المهموسة Voiceless حيث أن طيف الأصوات المجهورة يتألف من مكونين أساسيين وهما التراكيب الدقيقة زمنيا Temporal Fine Structures (TFS) والتي تعبر عن الدور و طبقة الصوت Pitch Period والمكون الثاني هو المغلف Envelope والذي يعكس خصائص الممر الصوتي. في حين تمتاز الأصوات المهموسة بأنها أقرب للضجيج الأبيض وتخسر الجزء المتعلق بالطبقة.

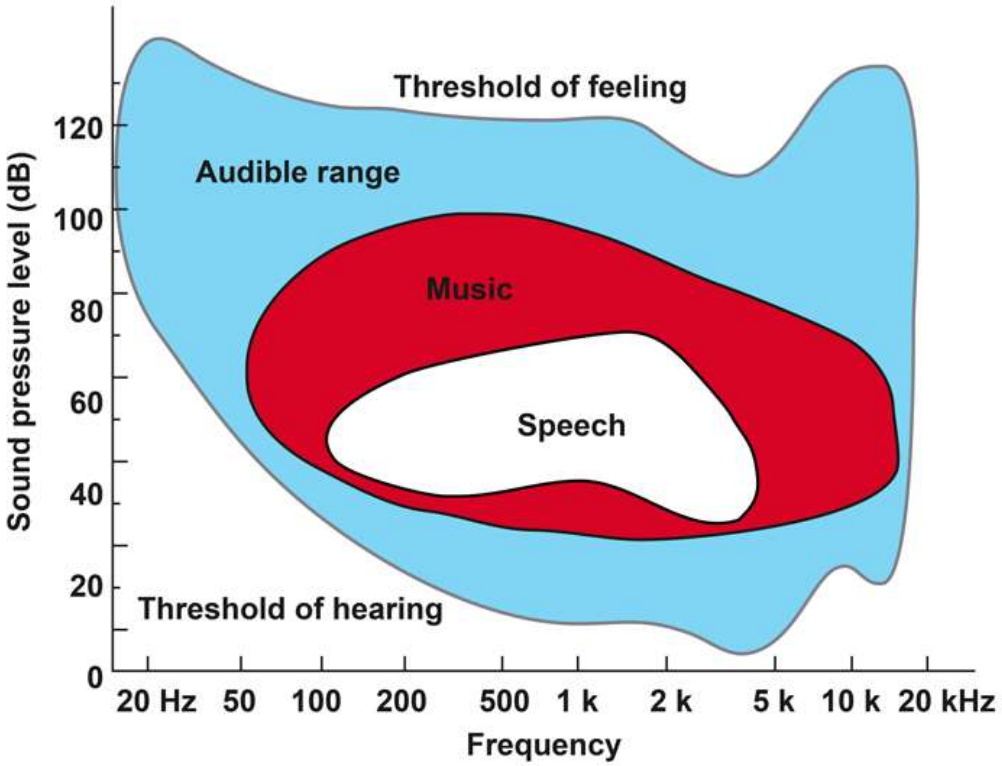


مخطط يوضح طيف الكلام

ومكوناته الأساسية

الموسيقا Music:

الموسيقى هي شكل آخر من أشكال الصوت المركب الذي يستخدم للتواصل أيضا. يتم استخدام كل خاصية من خصائص الصوت التي تمت مراجعتها في الفصل في وصف الموسيقى. تشبه المصطلحات المستخدمة في علم السمع إلى حد ما المصطلحات المستخدمة من قبل الموسيقيين والعلماء الذين يجرون أبحاثًا حول إدراك الموسيقى. يتم وصف الموسيقى من حيث التردد والطبقة Pitch، والشدة والجهارة Loudness، والخصائص الزمنية مثل مدة الأصوات وتسلسلها. ومع ذلك، غالبًا ما تختلف مصطلحات الموسيقى عن المصطلحات المستخدمة في علم السمع، على الرغم من مشاركة العديد من المفاهيم. الأشخاص الذين يعانون من ضعف السمع والذين يعانون من صعوبات في فهم الكلام قد يعبرون أيضًا عن مخاوفهم بشأن مشاكل سماع الموسيقى. من المفيد الاطلاع على المقياس الموسيقي لأهميته في تقييم ومساعدة المرضى الذين يعانون من ضعف السمع والذين يعبرون عن مشاكل في إدراك الموسيقى أو انخفاض الاستمتاع بالاستماع إلى الموسيقى. يوضح الشكل 3.7 كل م طيف الكلام والموسيقا وتقاطعهما على محوري التواتر والشدة.



الشكل 3.7. يوضح طيف الكلام والموسيقا والأصوات المسموعة في الأذن البشرية

الأصوات البيئية Environmental Sounds:

يُستخدم مصطلح الضوضاء عادةً للإشارة إلى الأصوات البيئية التي لا صلة لها بالموضوع السمعي ولا تنقل المعنى وتؤثر أحيانًا على التواصل أو جودة الحياة. من الضروري معرفة الأصوات البيئية المتنوعة وشدتها وتأثيرها على الوظيفة السمعية وحياة الإنسان. تستخدم الأصوات البيئية كأصوات الحيوانات ووسائل النقل في برامج التأهيل السمعي في مراحلها الأولى قبل بدء تعريف الطفل بالأصوات الكلامية كونها أسهل وطيفها التواتري أوسع.

إن التعرض للأصوات الشديدة يسبب أذية سمعية ونقص سمع محرض بالضجيج وبعض الأصوات العالية جدا تسبب صدمة صوتية أو رض صوتي حاد كالانفجارات. في حين تشكل الحروب والمعامل ونمط الحياة الصاخب والاستماع غير الآمن للموسيقا أهم أسباب نقص السمع المحرض بالضجيج. في الجدول 3.1 يوجد تعريف بالعديد من الأصوات البيئية وشدتها.

الجدول 3.1. يوضح مجموعة من الأصوات البيئية وشدتها

Intensity in dB SPL	Ratio of Sound Pressure to Reference Level	SPL (dynes/cm^2)	Sounds
0	1:1	.0002	Absolute human hearing threshold for a 3000-Hz pure tone
20	10:1	.002	A whispered voice at 4 feet
40	100:1	.02	A quiet room
50	316:1		A typical office
60	1,000:1	.2	Average level of soft conversation 5 feet from the speaker
70	3,160:1		Moderately intense conversational level
80	10,000:1	2.0	Average level of shouting at a distance of about 5 feet, or the sound of heavy traffic
90	31,600:1		Elevated train, or pneumatic drill at 10 feet
100	100,000:1	20.0	Symphony orchestra, or rivet gun at 35 feet
120	1,000,000:1	200.0	Sound of a jet airplane engine, or MP3 player at high volume
140	10,000,000:1	2000.0	Loud sound causing pain

انتهت المحاضرة