特殊教育季刊　民 111 年　第 162 期　第 1-10 頁
https://doi.org/10.6217/SEQ.202203_(162).1-10

聽力損失者的聆聽負擔：理論架構與測量方法

劉俊榮
國立臺南大學
特殊教育學系
副教授

摘　要

現今聽覺障礙的定義強調活動參與的限制，而隨著聽覺輔助科技進步，純音聽檢、語詞辨識等傳統檢測工具已難以評估聽覺障礙的影響。聆聽負擔綜合評估受測者在生理、心理、社會環境等因素下，為達成聆聽目標所投入的認知資源。評估結果能反應出聽損兒童為達到與聽常同儕相同的語音辨識表現而承受更多聆聽負擔的真實情況。聆聽負擔以認知能量理論為理論基礎，多種因素影響聆聽者認知資源的分配，目前測量方法包括主觀測量、行為測量與生理測量，具有實務與學術的應用價值。

關鍵詞：聽覺障礙、聆聽負擔、測量

通訊作者：劉俊榮（cj9403@gmail.com）

Special Education Quarterly 2022 Issue No. 162 Page1-10
https://doi.org/10.6217/SEQ.202203_(162).1-10

Listening Effort in Persons with Hearing Loss: Framework and Measures

Chun-Jung Liu
Associate Professor,
Department of Special Education,
National University of Tainan

Abstract

The current definition of hard of hearing emphasizes the participation restriction. With the advancement of hearing aid technology, pure tone and speech audiometry have made it difficult to assess the impact of a hard of hearing. The listening effort comprehensively evaluates the cognitive resources invested by the testee to achieve his or her listening goal. The evaluation results can reflect the true situation of children with hearing loss who have expended more listening effort to achieve the same speech recognition performance as their peers with normal hearing. Listening effort is based on the theory of cognitive energy. Many factors affect the allocation of listeners' cognitive resources. Current measurement methods include subjective, behavioral, and physiological measurements. There are opportunities in practical application and academic research.

Keywords: hearing loss, listening effort, measures

Corresponding Author: Chun-Jung Liu (cj9403@gmail.com)

壹、前言

國內身心障礙學生的鑑定辦法將聽覺障礙定義為「聽覺器官之構造缺損或功能異常，致以聽覺參與活動之能力受到限制者」，因此構造缺損或功能異常、聽覺活動參與限制，是構成聽覺障礙的兩個條件。然而，鑑定基準明訂為「接受行為式純音聽力檢查後，其優耳之五百赫、一千赫、二千赫聽閾平均值，六歲以下達二十一分貝以上者；七歲以上達二十五分貝以上」（身心障礙及資賦優異學生鑑定辦法，2013），而無法接受行為式純音聽檢時，改採聽覺電生理的檢查結果。此鑑定基準採用純音聽力檢查的結果，且僅採優耳平均聽閾，而未及於活動參與限制。

語音聽力檢查常檢測受檢者在特定條件（例如：聆聽情境為安靜或噪音、管道是聽覺或加上視覺、語意是高線索或低線索等）下能辨識多少語音（亦即語詞或語句辨識）。相較於純音聽力檢查，語音辨識測驗結果更能推估受檢者日常口語溝通的表現。對正常聽力者而言，在良好的聆聽條件下，語詞辨識的表現接近滿分。聽損者在安靜語句辨識測驗的表現，隨著現代科技進步，也已經大幅提升，以重度聽損者使用的電子耳為例，早在 2000 年初期已接近測驗的天花板 (Zeng, 2004)。此項結果可能讓教師誤判聽障學生的聽覺能力接近聽常同儕，而忽略其聆聽與溝通的特殊需求，因此亟需靈敏的測驗工具或方式以反應聽損學生在聽覺參與活動的限制。

兩位聽損類型與程度相當，在同一個聆聽任務也得到相同的語詞辨識分數，但其中一位需要很認真地聆聽，另一位則不需要耗費太多心力，顯示兩人聆聽負擔 (listening effort) 的差異。即使是同一個受檢者，在兩種聆聽任務能維持相同的語詞辨識分數，但兩種聆聽任務所付出的聆聽負擔並不一樣。這些例子都指出純音聽閾、語音辨識分數與聆聽負擔並無直接關聯 (Winn & Teece, 2021)，也就是說純音聽檢、語詞辨識都不能真實反應受檢者的聆聽負擔。

聆聽負擔因為比純音聽檢、語詞辨識更能反應聽覺活動的參與限制，評估聽損所帶來的影響，因此近年來愈來愈受到重視。例如：微聽損與單側聽損不易反應語詞辨識的影響，但聆聽負擔的評估結果，微聽損兒童的聆聽負擔程度高於聽常兒童 (McFadden & Pittman, 2008)，Oosthuizen 等人 (2021) 的研究也顯示聆聽負擔能有效評估單側聽損兒童使用輔具的介入成效。

聆聽負擔也廣泛用來評估助聽器、電子耳本身與相關技術的介入效果，例如：助聽器方向性麥克風、噪音抑制、振幅壓縮、頻率壓縮、電子耳語音處理等。Fraser 等人 (2010) 測試助聽器使用者在不同訊噪比 (signal-to-noise ratio，簡稱 SNR)、噪音類型（例如：雜沓語音、白色噪音）的語句辨識表現，結果顯示助聽器的噪音抑制功能帶給使用者的主要效益是減少聆聽負擔，而非提供清晰的訊號。

除了聽覺科技研究之外，聆聽負擔更貼近個案的聆聽經驗，具有生態效度 (ecological validity)，可以廣泛應用在患者中心取向 (patient-centered approach)、尋求協助、諮商、以及助聽器意願等聽覺健康領域，降低聽損者的聆聽負擔，亦可作為聽覺復健的主要目標 (Pichora-Fuller, 2016)。

Pichora-Fuller 等人 (2016) 將聆聽「負擔」定義為「心智資源的刻意分配，以克服困難而達成任務目標」(the deliberate allocation of mental resources to overcome obstacles in goal pursuit when carrying out a task)。在此定義中，聆聽時的常見困難 (obstacles) 包括：聽損、聆聽第二語言、不熟悉的口音、扭曲語音訊號、加入競爭訊號或噪音、或者在聆聽的同時記憶或複誦一些訊息、以及記憶或理解以增加訊息處理的深度等。在克服這些聆聽困難時，分配的認知資源主要集中在工作記憶、注意力、執行功能、處理速度等能力的調整 (Francis & Love, 2020)。

上述 Pichora-Fuller 等人 (2016) 的定義顯然是從認知處理歷程來看待聆聽負擔的議題。

在認知處理歷程中，人類認知資源是容量有限的系統，當聽覺訊號的品質降低、聆聽任務難度增加、或者需要同時處理其他認知任務時，認知資源的耗損會增加，從而提高聆聽的費力程度，亦即增加聆聽負擔。然而除了認知資源的投入與分配外，聆聽負擔還涉及哪些層面？如何測量與詮釋？未來發展如何？為了回答這些問題，本文以語音聆聽為範圍，介紹聆聽負擔的理論架構，接著說明聆聽負擔的測量方法，最後提出聆聽負擔未來的發展重點。

貳、聆聽負擔的理論架構

在語音知覺 (speech perception) 的認知處理歷程上，根據認知能量理論（Cognitive Energetics Theory，簡稱 CET），認知處理具有資源有限 (limited-resource)、容量有限 (limited-capacity) 的性質，在跨領域的研究與應用下，產生許多理論架構來解釋聆聽負擔 (Carolan et al., 2021; Strauss & Francis, 2017)。以 Rönnberg 等人 (2013) 所提出的語言理解易度（Ease of Language Understanding，簡稱 ELU）模型來說，外在輸入的語音會快速地和內在長期記憶（long-term memory，簡稱 LTM）進行比對，在聆聽條件良好時，語音和長期記憶能自動化、不費力地得到相符的結果。相反地，如果聆聽條件不佳，語音與長期記憶將無法自動化匹配，就會提升、分配認知資源來促進語音與長期記憶的匹配工作，認知處理的速度變慢，聆聽負擔也就更多。

後續 Pichora-Fuller 等人 (2016) 根據聽力學的需要，重新詮釋與精緻 ELU，提出了理解負擔聆聽的架構（The Framework for Understanding Effortful Listening，簡稱 FUEL）。FUEL 以認知資源的分配為核心，根據聽覺輸入的相關刺激與要求，受到注意力、疲累與動機等調節作用，評估可能的行動與所需資源之後，反應出注意力相關的事件，而在認知行為、腦、自主神經系統、自我報告等方面加以測量。和 ELU 比較起來，FUEL 認為認知資源的增加並不能解決所有的聆聽問題，且實際日常生活當中，個人願意耗費多少心力聆聽，和其達成目標的成就、獲得酬賞的動機有關，而過度的聆聽負擔會導致疲累 (fatigue) 而不願聆聽。FUEL 顯示個體會從成本效益 (cost-benefit) 的觀點，考量聆聽任務所需付出的成本與所獲得的酬賞，以決定是否要為理解訊息而承受負擔 (Pichora-Fuller et al., 2016)。

Francis 與 Love (2020) 也從成本效益評估後的動機強度解釋聆聽負擔。他們將負擔 (effort) 細分為三類：要求負擔 (demanded effort)、執行負擔 (exerted effort)、以及評估負擔 (assessed effort)。要求負擔是指外在特定聆聽條件當中，與聆聽任務有關、可量化的聲音與認知複雜度所造成的負擔，例如：訊噪比、競訊中的說話人數、記憶負荷量、語音訊號扭曲的程度等；執行負擔是實際為聆聽所付出的負擔，主要是認知資源的付出；評估負擔是指個人感覺需要為聆聽所付出的負擔有多少。如果外在要求的聽覺任務（要求負擔），個體評估並不困難，付出不多，有值得努力的目標（評估負擔），則會投入資源來完成此聽覺任務（執行負擔）。

Herrmann 與 Johnsrude (2020) 認為除了有限認知資源的分配、付出資源的動機強弱之外，聽損者常處於不投入 (disengagement)、社會撤退 (social withdrawal) 的邊緣當中，而採用決策理論 (decision theory) 與自我耗損 (ego depletion) 的觀點，強調聆聽經驗（例如：愉快、費力、挫折、無聊等）的重要性，提出聆聽投入模式（model of listening engagement，簡稱 MoLE），認為認知資源的投入、動機會影響聆聽經驗，而聆聽經驗也會影響認知資源的投入、動機，三者彼此交互影響。

綜上所論，聆聽負擔是以認知資源的分配作為理論基礎，探討不同聆聽困難（要求負擔）時的負擔程度（執行負擔），後續強調聆聽者在聆聽過程中會知覺自己的聆聽表現，產生正向或負向的回饋經驗，從而影響聆聽時所投入的資源，因此受經驗與動機的影響，聆聽

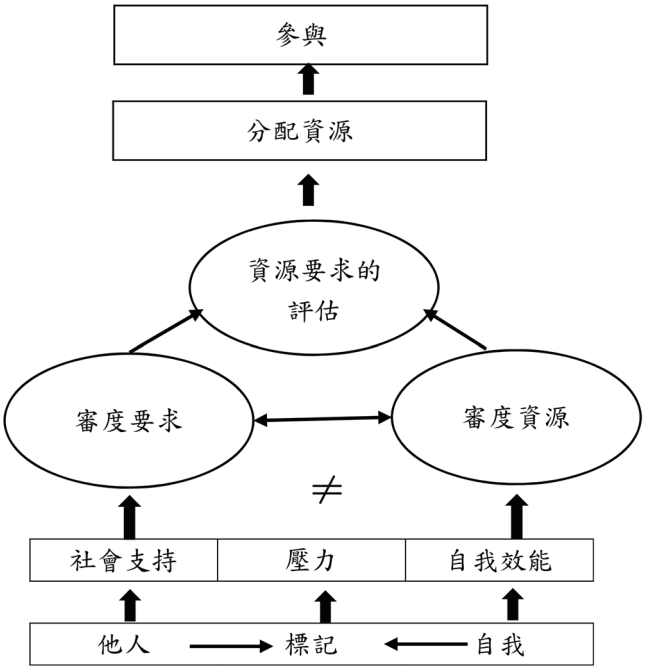
任務所要求的努力程度（要求負擔）和聆聽者實際付出的努力程度（執行負擔）不必然相等 (Strauss & Francis, 2017)。例如：在噪音較大的情況下，要求付出較多的努力，但受聆聽經驗良好、聆聽任務很重要等因素的影響，聆聽者願意付出較多的努力，克服聆聽困難，達成聆聽目的。

隨著愈來愈多的研究，對於影響聆聽負擔因素的探討也越趨精細，並進一步提出理論架構。例如：Francis 等人 (2021)、Strand 等人 (2018) 研究探討聽閾、噪音敏感度、選擇性注意力、工作記憶容量、人格特質等變項與聆聽負擔的關聯性。Carolan 等人 (2021) 研究發現有四項外在動機與聆聽負擔有顯著關聯，包括：經濟酬賞、評價威脅 (evaluative threat)、知覺能力 (perceived competence)、以及回饋 (feedback)。Pichora-Fuller (2016) 則結合 FUEL 模型與國際健康功能與身心障礙分類系統架構（International Classification of Functioning, Disability, and Health，簡稱 ICF）說明在聆聽時，社會心理因素對聽覺與認知功能的影響。圖 1 顯示聆聽者在「參與」日常聆聽活動時，為了滿足情境要求所做的資源分配（付出努力）決策，會受到資源要求評估 (evaluate demands on capacity) 結果的影響，而資源要求評估結果則受審度外在聆聽情境要求（審度要求）與自身內在資源（審度資源）的影響。聆聽要求的審度受社會支持等社會心理因素影響，資源的審度則受自我效能 (self-efficacy) 影響。要求與資源之間的不平衡（圖中的 ≠）將會產生壓力，他人與自我的標記 (stigmatization) 則會影響社會支持、自我效能等社會心理因素。

綜合目前的專題探討與研究結果，語音理解的聆聽負擔需要認知資源（例如：注意力、

圖 1

聆聽者資源分配的決策



取自 Pichora-Fuller, M. K. (2016). How social psychological factors may modulate auditory and cognitive functioning during listening. *Ear and Hearing, 37*(Suppl. 1), 92S-100S.

短期與工作記憶、執行功能等）的投入，但涉及的因素眾多，包括語音訊號（例如：清晰度、視覺線索、語速）、生理（例如：聽損、年齡）、心理（例如：聆聽經驗所產生的愉快感、達成目標或獲得酬賞的動機、自我效能、人格）、社會與環境（訊噪比、聽覺輔具、他人支持、多人談話）等內外在條件多樣因素。

參、聆聽負擔的測量

除了訪談等質性方法之外，聆聽負擔的多寡是以不同條件下的聆聽任務，評估受檢者聽取、理解或處理語音訊號所投注的認知資源做為量化基礎 (Gosselin & Gagné, 2010)。目前的測量方法可以統歸成主觀測量、行為測量、以及生理測量三類 (McGarrigle et al., 2014; Pichora-Fuller et al., 2016)。

一、主觀測量

主觀測量乃是根據聆聽者的後設認知，對於聆聽負擔的感受、看法或評價，測量結果在聽覺復健的諮商、情緒、成效評估等方面都有很重要的參考價值 (McLaughlin et al., 2021)。目前最常見的是自陳報告，而折扣任務 (discounting task) 則是新起的測量方式。

（一）自陳報告

自陳報告通常是由個案根據自己的感受或看法，陳述所經歷的聆聽負擔，最常見的報告形式是封閉式問卷 (closed-set questionnaire) 以及評定量尺 (rating scale)。問卷較常用來評估生活中的聆聽情形，題目較多；評定量尺常搭配行為或生理測量，在聽取實驗操弄的聲音後，採單一題目即時探詢受試者的聆聽負擔。

自陳報告的優點是在取得問卷與結果都較為快速、方便、簡單，在施作與解釋的訓練要求較低，可以瞭解報告者對於聆聽的主觀經驗，但因為是報告者自身的主觀經驗，所以有跨時間、跨個案、跨群體比較的限制，許多研究結果顯示和年輕群體比較起來，老年群體自陳報告的聆聽負擔有低估的傾向，也較少出現極端值 (Larsby et al., 2005)，在行為測量表現出較高的聆聽負擔，但自陳報告的聆聽負擔卻低於年輕群體 (Desjardins, 2011)。

（二）折扣任務

折扣任務以受試者的行為決策來評估受試者的主觀評價，例如：受試者可以選擇比較簡單的任務，在達到目標之後拿到 10 元，或者選擇比較困難的任務而有機會得到 20 元，稱之為概率折扣任務 (probability discounting task)。還有延遲折扣任務 (delay discounting task) 等多種任務方式，廣泛應用在心理學領域當中，直到最近，McLaughlin 等人 (2021) 才開始以折扣任務來評估聆聽負擔。研究者比較年輕人與年長者在折扣任務的表現，發現年長者傾向接受較低的報酬，而選擇避開訊噪較低（較難清楚聆聽）的聆聽任務，且不論經濟背景如何，聽閾、工作記憶較差的年長者愈可能選擇較容易清楚聆聽的任務。此結果與過去研究相同，均顯示年長者的聆聽負擔高於年輕人，因此 McLaughlin 等人認為折扣任務在聆聽負擔的研究上深具潛力。

二、行為測量

行為測量是根據受測者在聆聽任務當中的行為反應來測量聆聽負擔，依據作業項目可分為單項作業與多項作業。

（一）單項作業

聆聽負擔的單項作業是指受試者以口語或按壓鍵等方式對於語音刺激進行反應。語音辨識測驗的正確率常用來評估聽覺輔具的效益，但正確反應的時間速度才是聆聽負擔的觀察指標。在聆聽負擔的研究上，常以理想的聆聽條件，例如：安靜情境、舒適音量、口音熟悉、甚至增加視覺線索等，做為聆聽負擔的基準線，然後在語音當中加入噪音或改變訊噪比等，隨著聆聽任務的難度或複雜度增加，正確反應時間變慢，顯示語音處理的認知資源較重、聆聽負擔增加 (McGarrigle et al., 2014)。日常溝通的口語速度很快，聽損者語音處理較慢是阻礙溝通順暢的重要因素 (Winn & Teece,

2021)，當語音速度變慢，在認知處理上有較多時間提取長期記憶、執行工作記憶，從而降低理解語音的困難度 (Rönnberg et al., 2021)，但困難度降低，也可能是因為提高動機、專注力等因素，而減輕了聽損者的聆聽負擔 (McGarrigle et al., 2014)。

（二）多項作業

多項作業最常見的方式是雙工作業，一項稱為主要作業 (primary task)，另一項則稱為次要作業 (secondary task)，典型作法是要受測者同時執行兩項作業，並盡量將注意力放在主要作業上以維持表現水準，當主要作業的難度或複雜度提高時，受測者在次要作業的表現變差，表示受測者為了因應作業要求而分配更多認知資源到主要作業，從而影響次要作業的表現。研究中常以加入噪音、改變訊噪比來增加主要作業的難度，而次要作業則可以是記憶、觸覺、視覺等方面的維持、辨識或追蹤 (McGarrigle et al., 2014; Strand et al., 2018)。

日常生活當中經常出現需要一面聆聽別人說話，瞭解說話內容，一面處理手邊工作，因此多項作業顯然具有良好的生態效度，但是多項作業假定受測者在執行多項作業時，總是動用全部的認知資源，並且多數認知資源放在主要作業，剩餘的認知資源才放到次要或其他作業上，然而實際的狀況是受測者的注意力經常被新奇或有趣的刺激所吸引，而非優先處理主要作業，兒童更容易出現這樣的偏差 (McGarrigle et al., 2014; Pichora-Fuller et al., 2016)。

三、生理測量

生理測量法記錄受測者在執行作業時中樞或自主神經系統的反應，而執行不同難度作業所引發的生理反應則顯示聆聽負擔程度的差異 (Dimitrijevic et al., 2019; McGarrigle et al., 2014)。中樞神經系統的反應可以用功能性核磁共振造影（functional magnetic resonance imaging，簡稱 fMRI）、腦電波（electroencephalography，簡稱 EEG）、以及事件相關電位（event-related potentials，簡稱 ERPs）來記錄，而自主神經系統的反應可以觀察皮膚傳導 (skin conductance)、瞳孔放大 (pupil dilation) 的改變。例如：Bertoli 與 Bodmer (2016) 以事件相關聽覺誘發電位 (event-related auditory evoked potential) 作為聆聽負擔的指標，年輕群體的新異 P3 電位 (Novelty P3)、晚潛期正向電位 (late positive potential) 的波幅均高於年老群體，而隨著聽覺任務的困難度增加（訊噪比降低），年輕群體的新異 P3 電位會增加，而老年群體則在晚潛期正向電位增加反應波幅。

近年的研究結果，並非所有的生理測量法都能反應出聆聽負擔，甚至同一方法對不同群體可能得到不一致的結果。Guijo 與 Cardoso (2018) 系統性檢視結果，生理測量法多為美國等先進國家近五年來才開始採用，且多能反應聆聽負擔的改變，但心率、皮膚溫度則否。Zekveld 等人 (2014) 以聽常成人為對象，瞳孔會隨著語音知覺的挑戰增加而變大，但 McGarrigle 等人 (2017) 的研究卻顯示瞳孔測量法 (pupillometry) 無法反應聽常兒童聆聽負擔。

肆、結語

傳統純音聽力閾值、語音辨識分數難以反應聽覺參與活動的限制，聆聽負擔是一般人在噪音等情境所經歷到的內在事件，也具有理論依據，目前認為聆聽負擔是多因素的潛在構念 (Alhanbali et al., 2019)。愈來愈多聽覺科技的新產品採用聆聽負擔作為成效評估的指標，而聆聽負擔也能反應微聽損、單側聽損受到的活動限制或輔具介入成效，適合作為聽覺復健的目標，並有主觀、行為、生理測量三種量化方式，具有實務與研究的應用價值。

參考文獻

身心障礙及資賦優異學生鑑定辦法（2013）。中華民國一百零二年九月二日教育部臺教學（四）字第 1020125519B 號令修正發布。

Alhanbali, S., Dawes, P., Millman, R. E., & Munro,

K. J. (2019). Measures of listening effort are multidimensional. *Ear and Hearing, 40*(5), 1084-1097. https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000697

Bertoli, S., & Bodmer, D. (2016). Effects of age and task difficulty on ERP responses to novel sounds presented during a speech-perception-in-noise test. *Clinical Neurophysiology, 127*(1), 360-368. https://doi.org/10.1016/j.clinph.2015.02.055

Carolan, P. J., Heinrich, A., Munro, K. J., & Millman, R. E. (2021). Financial reward has differential effects on behavioural and self-report measures of listening effort. *International Journal of Audiology, 60*(11), 900-910. https://doi.org/10.1080/14992027.2021.1884907

Desjardins, J. L., & Doherty, K. A. (2013). Age-related changes in listening effort for various types of masker noises. *Ear and Hearing, 34*(3), 261-272. https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e31826d0ba4

Dimitrijevic, A., Smith, M. L., Kadis, D. S., & Moore, D. R. (2019). Neural indices of listening effort in noisy environments. *Scientific Reports, 9*(1), 1-10. https://doi.org/10.1038/s41598-019-47643-1

Francis, A. L., & Love, J. (2020). Listening effort: Are we measuring cognition or affect, or both? *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science, 11*(1), e1514. https://doi.org/10.1002/wcs.1514

Francis, A. L., Bent, T., Schumaker, J., Love, J., & Silbert, N. (2021). Listener characteristics differentially affect self-reported and physiological measures of effort associated with two challenging listening conditions. *Attention, Perception, & Psychophysics, 83*(4), 1818-1841. https://doi.org/10.3758/s13414-020-02195-9

Fraser, S., Gagné, J. P., Alepins, M., & Dubois, P. (2010). Evaluating the effort expended to understand speech in noise using a dual-task paradigm: The effects of providing visual speech cues. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 53*(1), 18-33. https://doi.org/10.1044/1092-4388(2009/08-0140)

Gosselin, P. A., & Gagné, J. P. (2010). Use of a dual-task paradigm to measure listening effort. *Canadian Journal of Speech-Language Pathology and Audiology, 34*(1), 43-51.

Guijo, L. M., & Cardoso, A. C. V. (2018). Physiological methods as indexes of listening effort measurement: An integrative literature review. *Revista CEFAC, 20*, 541-549. https://doi.org/10.1590/1982-021620182044018

Herrmann, B., & Johnsrude, I. S. (2020). A model of listening engagement (MoLE). *Hearing Research, 397*, Article 108016. https://doi.org/10.1016/j.heares.2020.108016

Larsby, B., Hällgren, M., Lyxell, B., & Arlinger, S. (2005). Cognitive performance and perceived effort in speech processing tasks: Effects of different noise backgrounds in normal-hearing and hearing-impaired subjects. *International Journal of Audiology, 44*(3), 131-143. https://doi.org/10.1080/14992020500057244

McFadden, B., & Pittman, A. (2008). Effect of minimal hearing loss on children's ability to multitask in quiet and in noise. *Language Speech and Hearing Services in Schools, 39*(3), 342-351. https://doi.org/10.1044/0161-1461(2008/032)

McGarrigle, R., Dawes, P., Stewart, A. J., Kuchinsky, S. E., & Munro, K. J. (2017). Pupillometry reveals changes in physiological arousal during a sustained listening task. *Psychophysiology, 54*(2), 193-203. https://doi.org/10.1111/psyp.12772

McGarrigle, R., Munro, K. J., Dawes, P., Stewart, A. J., Moore, D. R., Barry, J. G., & Amitay, S. (2014). Listening effort and fatigue: What exactly are we measuring? A British society of audiology cognition in hearing special interest group 'white paper'. *International Journal of Audiology, 5*3(7), 433-445. https://doi.org/10.3109/14992027.2014.890296

McLaughlin, D. J., Braver, T. S., & Peelle, J. E. (2021). Measuring the subjective cost of listening effort using a discounting task. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 64*(2), 337-347. https://doi.org/10.1044/2020_JSLHR-20-00086

Oosthuizen, I., Picou, E. M., Pottas, L., Myburgh, H. C., & Swanepoel, D. W. (2021). Listening effort in school-age children with normal hearing compared to children with limited useable hearing unilaterally. *American Journal of Audiology, 30*(2), 309-324. https://doi.org/10.1044/2021_AJA-20-00082

Pichora-Fuller, M. K. (2016). How social psychological factors may modulate auditory and cognitive functioning during listening. *Ear and Hearing, 37*(Suppl. 1), 92S-100S. https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000323

Pichora-Fuller, M. K., Kramer, S. E., Eckert, M. A., Edwards, B., Hornsby, B. W., Humes, L. E., Lemke, U., Lunner, T., Matthen, M., Mackersie, C. L., Naylor, G., Phillips, N. A., Richter, M.,

Rudner, M., Sommers, M. S., Tremblay, K. L., & Wingfield, A. (2016). Hearing impairment and cognitive energy: The framework for Understanding Effortful Listening (FUEL). *Ear and Hear, 37*(Suppl. 1), 5S-27S. https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000312

Rönnberg, J., Lunner, T., Zekveld, A., Sörqvist, P., Danielsson, H., Lyxell, B., Dahlström, O., Signoret, C., Stenfelt, S., Pichora-Fuller, M. K., & Rudner, M. (2013). The Ease of Language Understanding (ELU) model: Theoretical, empirical, and clinical advances. *Frontiers in Systems Neuroscience, 7*, 31. https://doi.org/ 10.3389/fnsys.2013.00031

Rönnberg, J., Holmer, E., & Rudner, M. (2021). Cognitive hearing science: Three memory systems, two approaches, and the ease of language understanding model. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 64*(2), 359-370. https://doi.org/10.1044/2020_JSLHR-20-00007

Strand, J. F., Brown, V. A., Merchant, M. B., Brown, H. E., & Smith, J. (2018). Measuring listening effort: Convergent validity, sensitivity, and links with cognitive and personality measures. Journal of Speech, *Language, and Hearing Research, 61*(6), 1463-1486. https://doi.org/10.1044/2018_JSLHR-H-17-0257

Strauss, D. J., & Francis, A. L. (2017). Toward a taxonomic model of attention in effortful listening. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience, 17*(4), 809-825. https://doi.org/10.3758/s13415-017-0513-0

Winn, M. B., & Teece, K. H. (2021). Listening effort is not the same as speech intelligibility score. *Trends in Hearing, 25*, 1-26. https://doi.org/10.1177/23312165211027688

Zekveld, A. A., Heslenfeld, D. J., Johnsrude, I. S., Versfeld, N. J., & Kramer, S. E. (2014). The eye as a window to the listening brain: Neural correlates of pupil size as a measure of cognitive listening load. *Neuroimage, 101*, 76-86. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.06.069

Zeng, F. G. (2004). Trends in cochlear implants. *Trends in Amplification, 8*(1), 1-34. https://doi.org/10.1177/108471380400800102