

NOTE DI RICERCA

UNA NUOVA VERIFICA DELLE IPOTESI DI STUMPF SULLA FUSIONE TONALE

MASSIMO GRASSI E FRANCESCO BAZZO

Università di Udine

Riassunto. Per fusione tonale (Stumpf, 1898) si intende la tendenza di due toni suonati contemporaneamente ad essere percepiti come un unico tono. Secondo Stumpf (1898) la fusione tonale è alla base della consonanza percettiva: tanto più due toni si fondono, tanto più l'intervallo da essi formato è consonante. DeWitt e Crowder (1987) hanno investigato quest'ipotesi trovando una parziale correlazione tra fusione tonale e consonanza. Questo parziale risultato può essere dovuto alla metodologia d'indagine utilizzata da DeWitt e Crowder (1987). Nel presente esperimento ci proponiamo di migliorare la procedura sperimentale atta ad investigare la fusione tonale. I nostri risultati dimostrano come la procedura qui utilizzata, anche se non ottimale, sia più sensibile di quella di DeWitt e Crowder (1987).

INTRODUZIONE

La consonanza percettiva è la sensazione di eufonia associata a coppie di toni eseguiti contemporaneamente e posti in rapporto di frequenza semplice tra loro (es. $2/1$, $3/2$, $4/3$, ecc.). Tradizionalmente si attribuisce a Pitagora tale scoperta, e cioè, che due corde messe in vibrazione, se poste in determinati rapporti di lunghezza tra loro ($1/1$, $2/1$, $3/2$, $4/3$, ecc.), producono intervalli musicali¹ consonanti. Benché semplice all'apparenza, questo fenomeno è da almeno un secolo oggetto di studio e a tutt'oggi la ricerca non concorda sulla spiegazione alla base della consonanza percettiva.

Si è sempre pensato che la semplicità del rapporto di frequenze fosse alla base della consonanza percettiva: tanto più il rapporto tra le frequenze è semplice (es. $2/1$ piuttosto che $45/32$) tanto più l'intervallo sarà percepito come consonante. Nomi illustri come Galilei, Leibniz e Eulero hanno sostenuto tale ipotesi. Von Helmholtz (1863) ha

¹ L'intervallo è la distanza, in frequenza, che intercorre tra due note. Tale distanza può essere di 1 (do-do), 2 (seconda minore: do-do#; seconda maggiore: do-re), 3 (terza minore: do-re#; terza maggiore: do-mi), 4 (quarta: do-fa), 5 (quinta diminuita detta anche tritono: do-fa#; quinta giusta: do-sol), 6 (sesta minore: do-sol#; sesta maggiore: do-la), 7 (settima minore: do-la#; settima maggiore: do-si) e 8 (ottava, do-do ottava superiore) a seconda di quante note si contano dalla prima alla seconda.

successivamente perfezionato tale spiegazione basandosi sulla scoperta che i toni musicali sono caratterizzati, oltre che da una frequenza fondamentale, anche da altre frequenze in relazione con la fondamentale (armonici). Secondo von Helmholtz (1863), e successivamente Wundt (1880), la consonanza fra due toni si spiega non solo per mezzo della semplicità del rapporto tra le frequenze fondamentali, ma soprattutto per mezzo della quantità di sovrapposizione fra le armoniche superiori: tanto più le armoniche dei due toni sono sovrapposte tanto più il suono risultante verrà percepito come consonante.

Queste spiegazioni hanno ispirato nei decenni successivi diversi esperimenti (es. Plomp e Levelt, 1965; Kameoka e Kuriyagawa, 1969a, 1969b) i quali però presentavano dei limiti metodologici. Venivano proposti agli ascoltatori intervalli musicali e si chiedeva loro di valutare il grado di consonanza su scale a punti per poi confrontare se i giudizi soggettivi si disponevano nello stesso ordine di quelli teorici. I risultati hanno sempre mostrato una grande variabilità: tali giudizi, infatti, sono sensibili tanto alle idiosincrasie dell'ascoltatore quanto all'estetica musicale del periodo storico.

In questo contesto la teoria della fusione tonale proposta da Stumpf (1890) assume un particolare interesse. Secondo Stumpf, tanto più un intervallo musicale tende alla fusione (i.e. viene percepito come un suono unico) tanto più questo intervallo sarà percepito come consonante. Secondo Stumpf l'intervallo che più incoraggia la fusione tonale è l'unisono, il secondo l'ottava (2/1), il terzo la quinta giusta (3/2) e così via. A tutt'oggi, i ricercatori non concordano sul fatto se la fusione tonale possa spiegare da sola la consonanza percettiva (Huron, 1991; 2001). Tuttavia, è possibile che essa sia una delle caratteristiche che permette di distinguere gli intervalli tra consonanti e dissonanti (Huron, 2001). Inoltre, la fusione tonale può essere investigata per mezzo di procedure più oggettive di quelle utilizzate dagli studi classici sulla consonanza.

DeWitt e Crowder (1987) hanno per primi (ed unici) investigato la fusione tonale. Essi presentavano agli ascoltatori dei toni che potevano essere degli intervalli oppure dei toni singoli. Il compito dell'ascoltatore era quello di indicare il più velocemente possibile se il tono udito era un intervallo oppure un tono singolo. I risultati dell'esperimento non furono pienamente soddisfacenti perché permettevano solo una macro distinzione tra gli intervalli di ottava e quinta da un lato, e i rimanenti dall'altro. Il loro metodo quindi non si è rivelato abbastanza potente per offrire un'esauritiva classificazione degli intervalli lungo il *continuum* della fusione tonale.

Lo scopo del presente esperimento è quello di investigare la fusione tonale adoperando un metodo più sensibile di quello usato da DeWitt e Crowder (1987). Nel presente esperimento la fusione tonale

verrà investigata per mezzo di una procedura psicofisica di tipo *staircase* (Levitt, 1971). L'idea alla base di questo esperimento è la seguente: maggiore è la fusione tra i due toni di un intervallo musicale, maggiore sarà il tempo necessario per discriminare tale intervallo da un tono singolo. In sintesi, la misura della fusione sarà data dalla soglia sensoriale (i.e. la minima durata necessaria) per la discriminazione tra l'intervallo e il tono singolo.

Se da un lato la procedura di Levitt (1971) permette di raccogliere dati molto robusti², dall'altro è, purtroppo, molto dispendiosa in termini di tempo (dai 5 ai 7 minuti per una singola misurazione di soglia). Per questo motivo essa verrà applicata allo studio di soli quattro intervalli: ottava (2/1), quinta (3/2), tritono (45/32) e settima minore (7/4). Tali intervalli sono stati scelti perché contigui (ottava e quinta; tritono e settima) nella classificazione originariamente offerta da Stumpf (1898).

METODO

28 studenti normoudenti (14 maschi e 14 femmine) hanno partecipato individualmente all'esperimento. I toni erano sintetizzati in tempo reale per mezzo di un personal computer ed il segnale in uscita dalla scheda audio veniva convogliato su entrambi i padiglioni di una cuffia Sennheiser HD580; la forma d'onda di tutti i toni presentati nell'esperimento era di tipo sinusoidale. L'esperimento consisteva di quattro blocchi e l'ascoltatore affrontava i quattro blocchi in ordine casuale. I blocchi erano articolati in prove. Durante ogni prova l'ascoltatore udiva due suoni, un tono singolo ed un intervallo (cioè costituito da due toni) ed il suo compito era quello di indicare quale dei due fosse l'intervallo. La durata del tono singolo e dell'intervallo veniva variata di prova in prova secondo una procedura di tipo *staircase* (Levitt, 1971) che permette di calcolare il 70,7% della funzione psicometrica. Dopo ogni prova, l'ascoltatore veniva informato dal programma se la risposta data era corretta o meno. In ogni blocco veniva calcolata la soglia per la discriminazione tono singolo/intervallo di un singolo intervallo musicale: l'ottava (rapporto 2/1), la quinta (3/2), il tritono (45/32) e la settima minore (7/4). Durante ogni prova, per evitare che l'ascoltatore potesse basare i suoi giudizi sull'altezza tonale dei suoni, la frequenza del tono basso dell'intervallo era variata

² La procedura di Levitt (1971) è, tra le procedure psicofisiche utilizzate in percezione uditiva, quella che ha raccolto il maggior numero di citazioni: circa 1200 al tempo in cui questo testo è stato scritto.

in modo casuale in una gamma da 400 a 500 Hz. La frequenza del tono singolo era anch'essa casuale e poteva assumere qualsiasi valore all'interno della gamma di frequenza entro cui l'intervallo veniva prodotto.

RISULTATI

Sulle soglie misurate è stata effettuata un'analisi della varianza per misure ripetute con l'intervallo come fattore. Il test è risultato significativo, ($F(3,81) = 3.67$; $p = .015$). Successivamente sono stati calcolati dei contrasti per comprendere se le soglie differivano tra loro in modo significativo. La soglia calcolata per l'intervallo di ottava non differiva statisticamente da quella calcolata per l'intervallo di quinta ($F(1,27) = 1.64$; $p > .05$), ma differiva se confrontata con le rimanenti due, rispettivamente, ottava-tritono ($F(1,27) = 6.34$; $p = .01$) e ottava-settima ($F(1,27) = 9.94$; $p = .002$). La soglia calcolata per l'intervallo di quinta non differiva significativamente da quella calcolata per l'intervallo di tritono ($F(1,27) = 1.53$; $p > .05$), mentre differiva significativamente da quella calcolata per l'intervallo di settima ($F(1,27) = 3.50$; $p = .05$). Infine, le soglie calcolate per l'intervallo di tritono e di settima non differivano significativamente ($F < 1$).

TAB. 1. Soglia (in ms) per la discriminazione tono singolo-intervallo in funzione dell'intervallo musicale. Tra parentesi sono riportati i valori della deviazione standard

ottava	quinta	tritono	settima minore
34.1 (33.6)	27.6 (25.4)	21.3 (13.4)	18.1 (12.0)

DISCUSSIONE

Nonostante le soglie calcolate per i quattro intervalli siano tra loro differenti, la procedura sperimentale qui adottata non è riuscita a discriminare intervalli contigui nel *continuum* della fusione tonale (es. ottava-quinta) così come quella adottata da DeWitt e Crowder (1987). Comunque, a differenza di DeWitt e Crowder (1987), la nostra procedura sperimentale è riuscita a discriminare intervalli non contigui (es. quinta-settima). Più in generale, i risultati raccolti – così come quelli di DeWitt e Crowder (1987) – dimostrano come la fusione tonale faccia parte del costrutto percettivo della consonanza. Infatti, se ordinate in modo discendente, le soglie misurate si dispongono nello

stesso ordine proposto dalla meta-analisi di Schwartz, Howe e Purves (2003), effettuata sui dati raccolti per la consonanza percettiva.

I dati mostrano una certa variabilità con alcuni ascoltatori la cui soglia si colloca attorno ai 10-15 ms ed altri la cui soglia si colloca attorno ai 50 ms. Tale variabilità si riscontra particolarmente nelle misure di soglia ottenute con gli intervalli consonanti (vedi deviazioni standard in tab. 1) e può essere dovuta a due cause. Molto probabilmente, a causa della buona fusione, gli intervalli di ottava e quinta sono per alcuni ascoltatori molto più difficili da valutare che quelli di tritono e settima. In aggiunta, nell'esperimento veniva misurata una sola soglia per intervallo per ciascun ascoltatore. È quindi possibile che l'alta varianza associata alle misurazioni degli intervalli di ottava e quinta diminuisca, qualora sia possibile ripetere più volte la misura delle soglie dell'ascoltatore. Un'ulteriore possibilità è che la fusione si manifesti non solo nell'innalzamento della soglia sensoriale per la discriminazione, ma anche in una diversa pendenza della funzione psicofisica: molto ripida per gli intervalli poco fusi, poco ripida per gli intervalli molto fusi.

È per questi motivi che crediamo che il metodo qui proposto sia potenzialmente migliore di quello utilizzato da DeWitt e Crowder (1987) per classificare gli intervalli musicali lungo il *continuum* della fusione tonale. Infatti, aumentando la numerosità delle misurazioni, si riduce la varianza e, di conseguenza, si aumenta la potenza del test statistico. Così sarà possibile capire quanto la fusione tonale spieghi la consonanza percettiva.

BIBLIOGRAFIA

- DEWITT L.A., CROWDER R.G. (1987). Tonal fusion of consonant musical intervals: The oomph in Stumpf. *Perception & Psychophysics*, 41, 73-84.
- HURON D. (1991). Tonal consonance versus tonal fusion in polyphonic sonarities. *Music Perception*, 9, 135-154.
- HURON D. (2001). Tone and voice: A derivation of the rules of voice-leading from perceptual principles. *Music Perception*, 19, 1-64.
- KAMEOKA A., KURIYAGAWA M. (1969a). Consonance theory: Part I. Consonance of dyads. *Journal of Acoustical Society of America*, 45, 1451-1459.
- KAMEOKA A., KURIYAGAWA M. (1969b). Consonance theory: Part II. Consonance of complex tones and its calculation method. *Journal of Acoustical Society of America*, 45, 1460-1469.
- LEVITT H. (1971). Transformed up-down methods in psychoacoustics. *Journal of Acoustical Society of America*, 49, 467-477.
- PLOMP R., LEVELT W.J.M. (1965). Tonal consonance and critical bandwidth. *Journal of Acoustical Society of America*, 38, 548-560.
- SCHWARTZ D.A., HOWE C.Q., PURVES D. (2003). The statistical structure of human speech sounds predicts musical universals. *Journal of Neuroscience*, 23, 7160-7168.

- STUMPF C. (1890). *Tonpsychologie (2 vols.)*. Leipzig: Verlag S. Hirzel.
- STUMPF C. (1898). Konsonanz und Dissonanz. *Beiträge zur Akustik und Musikwissenschaft*, 1, 91-107.
- VON HELMOLTZ H. (1863). *Die Lehre von der Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*. Braunschweig: Verlag F. Vieweg and Sohn, cap. 2.
- WUNDT W. (1880). *Grundzüge der physiologischen Psychologie*. Leipzig: Verlag W. Engelmann, pp. 35-48.

[Ricevuto il 2 ottobre 2004]

[Accettato il 29 ottobre 2004]

Summary. Tonal fusion is the tendency of listeners to perceive as one simple sound sounds composed of two different tones. According to Stumpf (1898), tonal fusion is correlated with sensory consonance: the higher the fusion, the higher the consonance of an interval. DeWitt and Crowder (1987) investigated Stumpf's hypothesis and found only a partial correlation between tonal fusion and consonance. Such lack of result might be due to the experimental procedure used by DeWitt and Crowder (1987). In the current experiment we propose a new method for investigating tonal fusion. Although perfectible, our method seems more sensitive than the method used by DeWitt and Crowder (1987).

La corrispondenza va inviata a Massimo Grassi, Dipartimento di Filosofia, Università di Udine, Via Petracco 8, 33100 Udine, e-mail: massimo.grassi@uniud.it