

ПРОСОДИЯ И МОЗГ

И. МОЕН



Моен Ингер (Moen Inger) — профессор и руководитель группы клинической лингвистики факультета лингвистики и скандинавских исследований университета Осло (Норвегия). Была президентом Норвежской академии естественных и гуманитарных наук, является Почетным доктором СПбГУ.

Ее интересы связаны с исследованием порождения и восприятия речи в аспектах патологии и межъязыкового сравнения, а также с экспериментальной фонетикой с использованием аппаратурных методов.

Контакты: inger.moen@iln.uio.no

Резюме

В статье дается обзор работ, посвященных полушарной специализации переработки мозгом просодических характеристик речи. Работы выполнены на основе исследования поражений мозга, техники дихотического предъявления стимулов и функциональной томографии мозга. Особое внимание уделяется вариативности звуковысотных характеристик. В статье также обсуждается, в какой степени эти исследования свидетельствуют в пользу существующих гипотез о полушарной специализации переработки просодии.

Введение

В большинстве исследований взаимосвязи просодии¹ и структур мозга основным материалом был клинический — пациенты с поражениями мозга. Предполагалось, что если поражение какого-либо участка мозга влечет за собой определенные нарушения речи, то этот участок является ключевым для реализации данной функции. В последние годы стала ис-

пользоваться техника магнитно-резонансной томографии для изучения работы мозга в процессе переработки речевой информации у здоровых людей. Преимущественно будут обсуждаться клинические исследования, и в тех случаях, где это возможно, приводятся примеры из языка, с которым я в наибольшей степени знаком, т. е. из норвежского языка.

Интерес клинических лингвистов к исследованию просодических

¹Просодия — фонетическая характеристика речи, включающая такие признаки, как тон, громкость, темп, общая тембровая окраска.—Прим. ред.

характеристик речи восходит к знаменитому исследованию Монрада-Крона, описавшего пациентку с так называемым «синдромом иностранного акцента». Речь этой пациентки звучала как немецкая, в то время как на самом деле она говорила по-норвежски. При наблюдавшихся у пациентки нарушениях речи Монрада-Крона особенно поразили изменяющиеся интонации. «Вариативность звуковысотных характеристик вовсе не исчезла. Напротив, она стала даже более сильной по сравнению с обычным норвежским языком, однако не была ни адекватна, ни постоянна в своей неадекватности» (Monrad-Krohn, 1947, p. 411). Пациентка Монрада-Крона страдала поражением левого полушария, однако, судя по клиническим данным, к нарушениям фразовой просодии может привести поражение любого полушария. Звуковой анализ выявляет как нормативные, так и аномальные характеристики интонирования у пациентов с афазиями Брока и Вернике и у пациентов с повреждениями правого полушария. Неясно, однако, в какой степени эти отклонения лингвистические по природе и в какой степени их причиной является недостаток управления артикуляцией со стороны физиологических механизмов, связанных с фонацией и изменениями частоты основного тона, или же они порождены дефицитом долговременного планирования построения лингвистических единиц (Danly, Shapiro 1982; Ryalls, 1982; Cooper, Soares, Nicol, Michelow, Goloskie, 1984; Shapiro, Danly, 1985; Cooper, Klouda, 1987).

Просодические характеристики речи

Лингвистические просодические характеристики — ударение, ритм, тон, длительность и интонация — образуются в результате вариации трех физических измерений просодии — частоты основного тона, интенсивности и времени. Например, ударение во многих языках передается с помощью комбинации частоты основного тона, интенсивности и длительности.

Гипотезы о нейроанатомических областях, ответственных за переработку информации о просодии

В последние десятилетия было собрано много данных о просодических нарушениях, вызванных поражениями мозга. Эти данные легли в основу нескольких основных гипотез, касающихся областей мозга, ответственных за переработку информации о просодии. Наиболее прямолинейная гипотеза заключается в том, что вся информация, связанная с просодией, обрабатывается правым полушарием, а ее объединение с лингвистической информацией, поступающей из левого полушария, происходит в мозолистом теле (Klouda et al., 1988). Ван Ланкер (Van Lancker, 1980) предложил гипотезу, согласно которой аффективная, или эмоциональная, просодия контролируется правым полушарием, в то время как левое полушарие ответственно за лингвистическую просодию². Эту гипотезу называют гипотезой функциональной латерализации. Гипотеза

²Под лингвистической просодией понимается вариация в высоте звука, применяемая для выражения значения слов или предложений. Так, различение лексического значения слов на основании

функциональной латерализации предполагает, что существуют различные просодические характеристики — от наиболее лингвистически структурированных, которые связаны с функционированием левого полушария (например, тоны в китайском и норвежском языках), до наименее лингвистически структурированных, связанных с работой правого полушария (например, эмоциональный тон, качество голоса). Третья гипотеза предполагает, что восприятие и воспроизведение просодии обслуживаются в основном подкорковыми структурами и не локализованы ни в одном из полушарий (Cancelliere, Kertesz, 1990). Некоторые недавно проведенные исследования говорят в поддержку гипотезы о том, что отдельные акустические характеристики просодии могут быть латерализованы независимо друг от друга (Van Lancker, Sidtis, 1992).

Что такое эмоциональная просодия?

Эмоциональная просодия, которую часто называют тоном голоса, представляет собой фон, на котором воспринимаются лингвистические элементы речи. Голосовые характеристики лингвистических элементов и эмоциональной просодии различаются по временным параметрам. Эмоциональная просодия обычно распространяется сразу на несколько фрагментов речи, в то время как лингвистические голосовые характеристики более локальны. Например,

возрастающая громкость голоса на участке речи иногда используется для передачи гнева. В то же время различия в громкости могут быть использованы и для характеристики таких лингвистических элементов, как, например, различие ударных и безударных слогов. Для того чтобы исследовать полушарную специализацию эмоциональной просодии, нам нужна теория или, по крайней мере, модель, которая разграничивает лингвистические элементы речи и элементы эмоциональной просодии, а также определяет, как эти элементы взаимодействуют. Насколько я знаю, такой модели не существует.

Функциональная латерализация норвежских тонов

В тональных языках для различения лексического значения слов используются различия в высоте звука на уровне слога или слова. В таких языках высотные вариации являются контрастными различительными характеристиками. Общепринято, что акустически тон прежде всего выражается с помощью частоты основного тона (F_0) и ее изменений, хотя возможны и сопутствующие изменения в длительности, интенсивности и фонации.

Тональных языков достаточно много. Однако если говорить об изучении особенностей речи при повреждениях мозга, то количество тональных языков, по которым есть такие данные, весьма немногочисленно. Если быть точным, это разные

высоты звука происходит в так называемых тональных языках (китайский, норвежский и т. д.). Эмоциональная просодия используется для выражения эмоций говорящего.— *Прим. ред.*

диалекты китайского, тайский, шведский и норвежский языки.

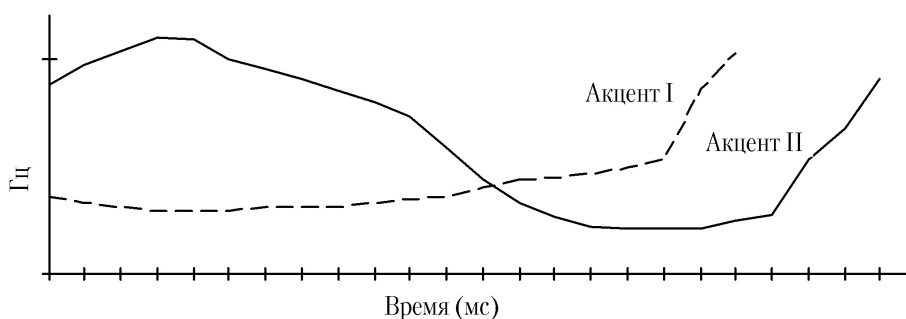
Согласно гипотезе функциональной латерализации, можно ожидать, что повреждения левого полушария повлекут за собой нарушения восприятия и воспроизведения тонов в словах норвежского языка. Тональная оппозиция в норвежском языке связана со слогами, на которые падает тоновое ударение. Каждый слог с тоновым ударением содержит звуковысотный паттерн одного из двух возможных тонов, которые обозначаются как Акцент I и Акцент II (рис. 1). Обычно выбор между тонами лексически детерминирован. Тоновое ударение должно быть обозначено в словаре вместе с сегментной фонологической структурой слова. Существуют пары слов, различающиеся только тоном, т. е. звуковысотным паттерном слогов, на которые падает тоновое ударение. Например, такими парами являются: ¹vannet (вода)/²vannet (орошать); ¹skuffen (чертежник)/²skuffen (лопата).

Моен и Сандет (Moen, Sundet, 1996) исследовали восприятие двух тонально-контрастных пар в восточ-

но-норвежском варианте языка у восьми пациентов с повреждениями мозга, четыре из которых страдали афазией (левополушарные повреждения), а четыре — нет (правополушарные повреждения). Среди больных афазией у двоих была афазия Брока, а у двоих — аномия. Контрольная группа состояла из десяти здоровых испытуемых, носителей норвежского языка. Контрольная группа распознала все слова правильно. Результаты группы больных с правосторонними нарушениями приближались к результатам контрольной группы. В то же время в группе с левосторонними нарушениями только один из четырех пациентов распознал все слова правильно. Непонятно, чем поддерживается сниженная, но не нарушенная полностью способность пациентов с левосторонними повреждениями распознавать тоны — остаточными механизмами левого поврежденного полушария, правым полушарием или подкорковыми механизмами. Эксперимент с дихотическим предъявлением (Моен, 1993) подтверждает предположение о доминировании

Рис. 1

Частотные контуры тонов в словах норвежского языка



левого полушария при восприятии тонов в норвежских словах.

Исследования тонального восприятия у пациентов с поражениями мозга, владеющих другими тональными языками: мандаринским и кантонским диалектами китайского (Hughes, Chan, Su, 1983; Yiu, Fok, 1995), тайским (Gandour, Dardarapanda, 1983), — дают сходные результаты: тональное восприятие нарушено у пациентов с левосторонними нарушениями и сохранно у пациентов с правосторонними нарушениями.

Способность к воспроизведению тональных различий в норвежском языке изучалась на материале пациентов с односторонними поражениями мозга (Моен, Sundet, 1996, 1999; Моен, 2004). Как пациенты с повреждениями левого полушария, так и пациенты с повреждениями правого полушария были способны к фонетическому различению обоих типов акцентов.

Латерализация просодии предложения в норвежском языке

Согласно гипотезе функциональной латерализации, следует ожидать, что лингвистическая фразовая просодия будет локализована в левом полушарии. В норвежском языке просодические особенности на уровне предложения взаимодействуют с тонами, представленными на уровне слога и слова. В норвежской просодической системе существует три различных уровня выделения компонентов высказывания: силовое ударение, тоновое ударение (акцент) и фразовое ударение. Ударные слоги контрастируют с безударными. Ударный слог может иметь тоновое ударе-

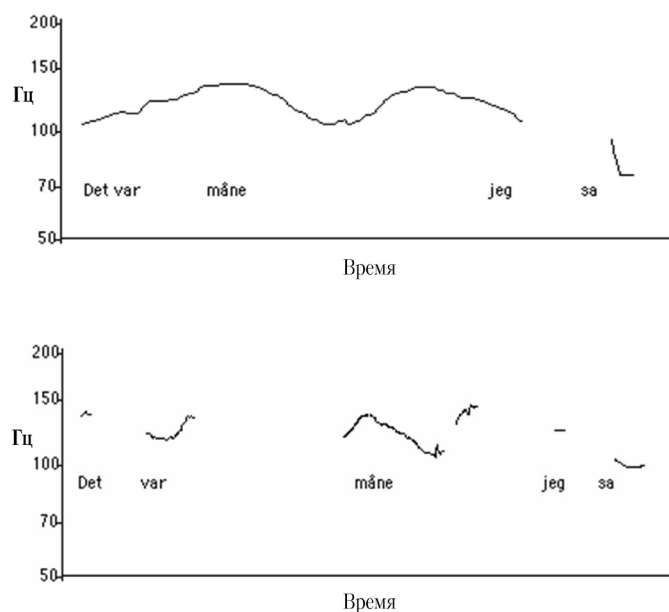
ние (быть акцентированным). Тоновое ударение может соответствовать либо звуковысотному паттерну Акцент I, либо паттерну Акцент II. Слог с тоновым ударением (акцентированный) может нести фразовое ударение. Слова с фразовым ударением заканчиваются резким подъемом интонации. Самая большая единица в просодической системе — просодический фрагмент, который может заканчиваться восходящим или нисходящим тоном (см., например: Моен, 2004).

Чтобы исследовать, насколько серьезные проблемы в воспроизведении фразовой просодии испытывают пациенты с левополушарными нарушениями, трем пациентам с афазией Брока и двум контрольным испытуемым было предложено задание на чтение. Испытуемых просили читать тестовые слова, предъявляемые в рамках фиксированной синтаксической структуры, либо с тоновым ударением Акцент I, либо с тоновым ударением Акцент II (Моен, 2004). Выполнение задания записывалось, после чего производился звуковой анализ. Он показал, что временные и ритмические характеристики пациентов с афазией и контрольной группы различаются: у первых слоги, слова и речевые фрагменты были аномально длинны (рис. 2). Возросшая длительность отчасти объясняется наличием пауз между отдельными слогами и словами. Также наблюдалась тенденция произносить все слоги одинаково. Другими словами, пациентам не удавалось различать ударные и безударные слоги.

В то же время контур частоты основного тона у пациентов с афазией был относительно нормален. Было четкое различие между Акцентом I

Рис. 2

Частотный контур предложения *Det var måne jeg sa*, произносимого испытуемым контрольной группы (верхний рисунок) и пациентом с афазией (нижний рисунок)



и Акцентом II. Фразовое ударение оформлялось подъемом, а интонационные фрагменты оканчивались соответствующим нисходящим тоном. Это исследование не подтверждает гипотезу о том, что все особенности просодии предложения обеспечиваются работой левого полушария. Исследование говорит в пользу гипотезы о том, что просодические характеристики могут быть латерализованы независимо друг от друга.

Томографические исследования

В серии исследований с использованием функциональной магнитно-ре-

зонансной томографии Гэндаур с соавт. исследовали восприятие тонов, контрастных ударений³ в словах и частоту основного тона на уровне предложения в тональных языках (Gandour et al., 2003; Gandour et al., 2004; Tong et al., 2005). В качестве стимульного материала были использованы четыре лексических тона мандаринского диалекта китайского языка. Одну группу составляли испытуемые, чьим родным языком был китайский, а вторую — носители английского языка, совсем не знавшие китайского.

В исследовании восприятия тональных контрастов испытуемым

³Контрастное ударение — смысловое подчеркивание одного слова в предложении в противоположность другому.— Прим. ред.

предъявляли пары слов и просили определить, являются они одинаковыми или разными. У носителей китайского языка была зарегистрирована активность обоих полушарий, но преимущественно левого. Англоязычные испытуемые, неспособные понять смысл того, что они слышат, также демонстрировали активацию обоих полушарий, однако правое полушарие у них было активировано больше по сравнению с левым.

В эксперименте по интонированию стимульным материалом служили 36 пар фрагментов, состоящих из трех слогов, и 44 пары односложных фрагментов. Они были произнесены с использованием двух различных интонационных паттернов. Таким образом исследовалось взаимодействие между лексическими тонами и интонацией. Испытуемых просили определить, являются фрагменты в парах одинаковыми или нет. В этом эксперименте у англоговорящих испытуемых активность наблюдалась только в правом полушарии, в то время как у говорящих по-китайски — в обоих.

Эти результаты свидетельствуют о том, что латерализация просодии зависит от структуры языка. Существуют две движущие силы в восприятии просодии — акустическая и лингвистическая. Акустическая переработка осуществляется преимущественно в правом полушарии, а лингвистическая — в левом. Два полушария взаимодействуют посредством мозолистого тела.

В этих двух экспериментах главным образом изучалось восприятие вариаций частоты основного тона. В третьем эксперименте исследовалось восприятие частоты основного

тона на уровне предложения, объединенное с восприятием контрастного ударения — лингвистической характеристики, обеспечиваемой путем комбинации частоты основного тона, интенсивности и длительности. Тестовый материал состоял из высказываний с контрастным ударением либо в начальной, либо в конечной позиции. Интонационно предложения были или повествовательными, или вопросительными. Испытуемым предъявляли пары предложений и просили концентрировать внимание либо на интонации, либо на положении ударения. Задачей испытуемых было определить, различаются ли предложения. Говорящие по-китайски продемонстрировали большую по сравнению с англоговорящими активацию в левом полушарии и большую активацию в заданиях на ударение по сравнению с заданиями на интонацию. Обе группы демонстрировали активацию в самых разных областях мозга в зависимости от характеристик стимула. Таким образом, томография дает более сложную картину по сравнению с клиническими исследованиями. Очевидно, что оба полушария вовлечены в переработку просодической информации.

Направления будущих исследований

Хотя природа механизмов, поражение которых приводит к снижению способности к тональному восприятию и воспроизведению, в настоящий момент неясна, факты указывают на то, что переработка тональной информации в тональных языках нарушается вследствие по-

вреждений левого полушария. Существуют, однако, несколько исследований переработки тональной информации у пациентов с повреждениями подкорковых структур, например, страдающих болезнью Паркинсона. Дальнейшие исследования этой группы пациентов могут расширить наши знания о нейроанатомической основе переработки тональных контрастов. Большинство исследований тонов на выборке пациентов с повреждениями мозга ограничивалось отдельными словами или короткими фрагментами речи на материале относительно небольшого количества языков. Можно надеяться, что будущие исследования станут использовать более длинные отрезки речи и данные из большего количества тональных языков мира. Необходимо получить больше данных о взаимодействии между морфологической и синтаксической информацией, с одной стороны, и просодической информацией —

с другой. Наконец, чтобы обсуждать гипотезу о возможной функциональной латерализации эмоциональной просодии, нам необходима теория или модель, объясняющая, как эмоции выражаются на супrasegmentном уровне. В исследовании просодии и мозговых структур необходимы как клинические данные, так и данные томографии, поскольку они обеспечивают нас дополнительными фактами. Исследования поражений мозга свидетельствуют о том, какие участки мозга необходимы для нормального функционирования, использование магнитно-резонансной томографии дает представление о том, какие области участвуют в осуществлении данной функции.

*Перевод с англ. Е.А. Валуевой
Научные редакторы — Д.В. Ушаков,
Т.В. Черниговская*

Литература

Cancelliere A., Kertesz A. Lesion localisation in acquired deficits of emotional expression and comprehension // *Brain and Cognition*. 1990. Vol. 13. P. 133–147.

Cooper W.E., Klouda G.V. Intonation in aphasic and right-hemisphere-damaged patients // *J.H. Ryalls (ed.)*. *Phonetic approaches to speech production in aphasia and related disorders*. Boston; Toronto; San Diego: Little, Brown and Company, 1987. P. 59–77.

Cooper W.E., Soares C., Nicol J., Michelow D., Goloskie S. Clausal intonation after unilateral brain damage // *Language and Speech*. 1984. Vol. 27. P. 17–24.

Danly M., Shapiro B.E. Speech prosody in Broca's aphasia // *Brain and Language*. 1982. Vol. 16. P. 171–190.

Gandour J., Dardarananda R. Identification of tonal contrasts in Thai aphasic patients // *Brain and Language*. 1983. Vol. 18 (1). P. 98–114.

- Gandour J., Xu Y., Wong D., Dzemi-dzic M., Lowe M., Li X., Tong Y.* Neural Correlates of Segmental and Tonal Information in Speech Perception // *Human Brain Mapping*. 2003. Vol. 20. P. 185–200.
- Gandour J., Tong Y., Wong D., Talavage T., Dzemidzic M., Xu Y., Li X., Lowe M.* Hemispheric roles in the perception of speech prosody // *NeuroImage*. 2004. Vol. 23. P. 344–357.
- Hughes C.P., Chan J. L., Su M.S.* Apraxia in Chinese patients with right cerebral hemisphere lesions // *Archives of Neurology*. 1983. Vol. 40. P. 732–736.
- Klouda G.V., Robin D.A., Graff-Radford N.R., Cooper W.E.* The role of callosal connections in speech prosody // *Brain and Language*. 1988. Vol. 35. P. 154–171.
- Moen I.* Functional lateralization of the perception of Norwegian word tones — Evidence from a dichotic listening experiment // *Brain and Language*. 1993. Vol. 44. P. 400–413.
- Moen I.* Dysprosody in Broca's aphasia: A study of Norwegian brain damaged patients // *Теоретические проблемы языкознания: Сб. ст. к 140-летию кафедры общего языкознания филологического факультета СПбГУ / Под ред. Л.А. Вербицкой. СПб.: Филологический факультет СПбГУ, 2004. С. 341–356.*
- Moen I., Sundet K.* Production and perception of word tones (pitch accents) in patients with left and right hemisphere damage // *Brain and Language*. 1996. Vol. 53. P. 267–281.
- Moen I., Sundet K.* An Acoustic Investigation of Pitch Accent Contrasts in the Speech of a Norwegian Patient with a Left-Hemisphere Lesion (Broca's Aphasia) // *B. Maassen, P. Groenen (eds.). Pathologies of Speech and Language. Advances in Clinical Phonetics and Linguistics. London: Whurr Publishers, 1999. P. 221–228.*
- Monrad-Krohn G. H.* Dysprosody or altered melody of language // *Brain*. 1947. Vol. 70. P. 405–423.
- Ryalls J.H.* Intonation in Broca's aphasia // *Neuropsychologia*. 1982. Vol. 20. P. 355–360.
- Shapiro B.E., Danly M.* The role of the right hemisphere in the control of speech prosody in propositional and affective contexts // *Brain and Language*. 1985. Vol. 25. P. 19–36.
- Tong Y., Gandour J., Talavage T., Wong D., Dzemidzic M., Xu Y., Li X., Lowe M.* Neural circuitry underlying sentence-level linguistic prosody // *NeuroImage*. 2005. Vol. 28. P. 417–428.
- Van Lancker D.* Cerebral lateralization of pitch cues in the linguistic signal // *International Journal of Human Communication*. 1980. Vol. 13. P. 227–277.
- Van Lancker D., Sidtis J.J.* The identification of affective-prosodic stimuli by left- and right-hemisphere-damaged subjects: all errors are not created equal // *Journal of Speech and Hearing Research*. 1992. Vol. 35. P. 963–970.
- Yiu E. M.-L., Fok A. Y.-Y.* Lexical tone disruption in Cantonese aphasic speakers // *Clinical Linguistics and Phonetics*. 1995. Vol. 9 (1). P. 79–92.