

Artigos de revisão

Dispositivos eletrônicos vestíveis para o monitoramento da mastigação e deglutição em adultos: uma revisão de escopo

*Wearable electronic devices for monitoring mastication and swallowing in adults:
A scoping review*

Felipe Inostroza-Allende^{1,2} 

Patricio Soto-Fernández³ 

Giédre Berretin-Felix² 

¹ Universidade de Chile, Faculdade de Medicina, Departamento de Fonoaudiologia, Santiago, Região Metropolitana, Chile.

² Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia de Bauru - FOBUSP, Departamento de Fonoaudiologia, Bauru, São Paulo, Brasil.

³ Universidade de Valparaíso, Escola de Fonoaudiologia, Valparaíso, Região de Valparaíso, Chile.

Estudo realizado no Departamento de Fonoaudiologia da Faculdade de Odontologia de Bauru - Universidade de São Paulo, Bauru, São Paulo.

Fonte de financiamento: Nada a declarar

Conflito de interesses: Felipe Inostroza-Allende e Giédre Berretin-Felix declaram que são membros do corpo editorial da Revista CEFAC, mas que não participaram do processo de revisão ou da tomada de decisão quanto ao aceite deste artigo

Endereço para correspondência:

Felipe Inostroza-Allende
Departamento de Fonoaudiologia,
Universidad de Chile
Av. Independencia 1027, Independencia
Código Postal: 8380453 - Santiago, Región
Metropolitana, Chile
E-mail: f.inostrozar@gmail.com

Recebido em 25/05/2024

Recebido na versão revisada em
09/10/2024

Aceito em 04/05/2025

Editor Chefe: Hilton Justino da Silva
Editora de Área: Kelly da Silva

RESUMO

Objetivo: identificar e descrever dispositivos eletrônicos vestíveis usados para o monitoramento da mastigação e deglutição em adultos.

Métodos: a pesquisa foi realizada nos motores PubMed e MedLine via Ovid®, por dois pesquisadores independentes. Foram selecionados estudos primários utilizando o Rayyan®, com análise de títulos, resumos e textos completos. As informações extraídas seguiram um protocolo de estudo.

Revisão da Literatura: foram identificados 243 estudos, dos quais após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, 25 foram selecionados para análise. Os dados extraídos incluíram informações sobre participantes, dispositivos, sensores, localização e análises realizadas.

Conclusões: os dispositivos vestíveis para monitoramento da mastigação foram utilizados principalmente em adultos saudáveis, nos quais se avaliou o número de mordidas, ciclos por mordida e por refeição, além da velocidade, taxa e tempo de mastigação. Para a deglutição, os dispositivos foram aplicados tanto em adultos saudáveis quanto em indivíduos com disfagia, com foco na detecção de atividades de deglutição e na diferenciação de outras atividades musculares. Contudo, há uma lacuna no desenvolvimento de dispositivos que integrem de forma completa as fases de ingestão, processamento e deglutição, com maior suporte clínico para melhorar o monitoramento e a aplicação em diferentes condições de saúde.

Descritores: Comportamento Alimentar; Mastigação; Deglutição; Dispositivos Eletrônicos Vestíveis

BSTRACT

Purpose: to identify and describe wearable electronic devices used for monitoring mastication and swallowing in adults.

Methods: two independent researchers searched the PubMed and MEDLINE engines via Ovid®. Primary studies were selected using Rayyan®, with analysis of titles, abstracts, and full texts. The information extracted followed a study protocol.

Literature Review: 243 studies, of which 25 were selected for analysis after applying the inclusion and exclusion criteria, were identified. Data about the participants, devices, sensors, location, and analyses performed, were extracted.

Conclusions: wearable devices for monitoring mastication have been used primarily in healthy adults, assessing the number of bites, cycles per bite and per meal, and mastication speed, rate, and time. For swallowing, these devices have been applied to both healthy adults and individuals with dysphagia, focusing on detecting swallowing activities and differentiating them from other muscle activities. However, there is a gap in the development of devices that fully integrate the phases of ingestion, processing, and swallowing, with greater clinical support to improve monitoring and application in different health conditions.

Keywords: Feeding Behavior; Mastication; Deglutition; Wearable Electronic Devices



© 2025 Inostroza-Allende et al. Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

INTRODUÇÃO

Os dispositivos eletrônicos vestíveis (*Wearable Electronic Devices*) são dispositivos utilizados diretamente no corpo, seja como implantes ou acessórios¹. A popularização da internet e o aumento do uso de dispositivos móveis impulsionaram o surgimento de uma nova vertente da saúde eletrônica, amplamente conhecida como Saúde Móvel (*mHealth*). A Saúde Móvel pode ser compreendida como “a oferta de serviços médicos e/ou de Saúde Pública que se valem do apoio tecnológico de dispositivos móveis, como telefones celulares, sensores e outros equipamentos vestíveis”².

A esse respeito, a *Cisco AppDynamics*, em 2022, apresentou os resultados de um estudo que explorou as atitudes e comportamentos dos consumidores em relação à tecnologia vestível. Seu estudo revelou que 85% das pessoas em todo o mundo acreditam que a tecnologia vestível agora tem o potencial de transformar positivamente tanto a saúde quanto os serviços de saúde pública. Como resultado, 37% das pessoas afirmam que já estão usando pelo menos um dispositivo de tecnologia vestível e até 73% planejam aumentar o uso de tecnologias vestíveis e aplicativos associados nos próximos 12 meses³.

Estudos destacam que os dispositivos vestíveis têm a capacidade de monitorar de forma contínua, abrangente e simultânea uma ampla gama de sinais relacionados à alimentação e à comunicação, gerando um grande volume de dados com potencial para enriquecer a base de conhecimento utilizada na tomada de decisões, possibilitando a construção de modelos preditivos de saúde e comportamento⁴. Pacientes que enfrentam dificuldades na transferência dos padrões de comportamento adaptativos ou compensatórios aprendidos na clínica podem se beneficiar especialmente da utilização desses recursos. Portanto, as tecnologias vestíveis representam um avanço significativo para os serviços de saúde.

A alimentação envolve vários sistemas do organismo, com destaque para os sistemas estomacogástrico, digestório e respiratório. A mastigação e a deglutição são processos cruciais para o preparo e transporte do bolo alimentar da boca até o estômago^{5,6}. Um dos desafios enfrentados pelos profissionais de saúde é obter informações sobre a alimentação em condições usuais e reais, bem como acompanhar as adaptações necessárias para garantir que a alimentação ocorra de forma segura e eficiente. Neste contexto, os eventos dietéticos, que

incluem o processo desde a ingestão até a deglutição e à digestão, desempenham um papel fundamental na avaliação do comportamento alimentar. Monitorar esses eventos pode oferecer uma visão mais detalhada do estado de saúde do paciente e auxiliar no planejamento de intervenções clínicas mais personalizadas e eficazes⁷.

Entretanto, os dispositivos eletrônicos vestíveis disponíveis atualmente para o monitoramento da mastigação e deglutição são escassos e, em sua maioria, ainda estão em fase de desenvolvimento⁸. Esta realidade resulta em uma falta de padronização nas características técnicas, nos métodos de monitoramento e nas variáveis mensuradas por esses dispositivos, o que constitui um obstáculo significativo para seu uso em contextos clínicos. Frente a essa lacuna, torna-se essencial investigar quais dispositivos têm sido desenvolvidos e utilizados atualmente, bem como suas características técnicas, as variáveis monitoradas e seu potencial de aplicação clínica. Além disso, a caracterização detalhada desses dispositivos contribuirá para o desenvolvimento de novas tecnologias vestíveis mais eficientes e adaptadas às necessidades clínicas⁷.

Para ampliar o conhecimento acerca dos dispositivos eletrônicos vestíveis usados no monitoramento da mastigação e deglutição em adultos, propôs-se a realização de uma revisão de literatura de escopo. Essas revisões, relativamente recentes, têm como objetivos responder a questões amplas de pesquisa, identificar, selecionar e atualizar as evidências disponíveis em áreas específicas⁹. Portanto, o objetivo desta revisão de escopo foi identificar e descrever as características dos dispositivos eletrônicos vestíveis utilizados para o monitoramento da mastigação e deglutição na população adulta.

MÉTODOS

Protocolo

Este protocolo de revisão de escopo foi elaborado em conformidade com as diretrizes gerais propostas pelo *Joanna Briggs Institute* (JBI) para revisões de escopo¹⁰. Além disso, foram seguidas as orientações do *PRISMA-ScR* (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*)¹¹, visando a organização e a apresentação dos resultados desta revisão, que também serviram como base para a redação deste artigo.

Adotou-se a estratégia de População, Conceito e Contexto (PCC) para a inclusão dos estudos, definida da seguinte maneira: a) População: adultos com idade igual ou superior a 19 anos; b) Conceito: dispositivos eletrônicos vestíveis; c) Contexto: monitoramento da mastigação e deglutição.

Com base nesses critérios, estabeleceu-se a seguinte pergunta norteadora: “Quais são os dispositivos eletrônicos vestíveis projetados para o monitoramento da mastigação e deglutição na população adulta e quais são as suas características?”

Critérios de elegibilidade

Foram incluídos nesta revisão estudos que descreveram o uso de dispositivos eletrônicos vestíveis para o monitoramento da mastigação e deglutição em adultos, a partir de 19 anos de idade, independentemente da presença de distúrbios nessas funções. Consideraram-se estudos quantitativos, de natureza experimental, quase experimental, observacional, descritiva, exploratória, correlacional e de análise

de casos. Além disso, foram incluídos estudos publicados em espanhol, inglês e português, sem restrições quanto à data de publicação.

Quanto aos critérios de exclusão, foram considerados estudos realizados com crianças e adolescentes com idade inferior a 18 anos e 11 meses, bem como aqueles de caráter qualitativo, revisões secundárias, apresentações em conferências e opiniões de autores. Também foram excluídas publicações que não apresentavam dados empíricos relevantes para o monitoramento eletrônico da mastigação e deglutição.

Fontes de Informação

Em março de 2024, foram realizadas buscas nos motores de busca PubMed-MedLine por meio do Ovid®.

Estratégia de busca

Foram utilizados os termos de busca listados na Tabela 1, conforme sugerido pelo Ovid® para linguagem controlada e linguagem natural.

Tabela 1. Estratégia de busca

#	Resultados Ovid (PubMed-Medline)
1	Adult/ or adult.mp. or Young Adult/
2	middle age.mp. or Middle Aged/
3	1 or 2
4	Feeding Behavior/ or Mastication/ or chew.mp.
5	Deglutition Disorders/ or swallow.mp. or Swallows/ or Deglutition/
6	4 or 5
7	Biosensing Techniques/ or Wearable Electronic Devices.mp. or Monitoring, Physiologic/ or Monitoring, Ambulatory/ or Wearable Electronic Devices/ or Electronics, Medical/ or «Electrical Equipment and Supplies»/
8	Technology.mp. or Biomedical Technology/ or Technology Assessment, Biomedical/ or Food Technology/ or Eye-Tracking Technology/ or Remote Sensing Technology/ or Technology, Dental/ or «National Center for Health Care Technology, U.S.»/ or Technology, Radiologic/ or Technology/
9	7 or 8
10	3 and 6 and 9

Seleção de estudos

A seleção dos estudos foi conduzida por dois pesquisadores independentes, utilizando o software Rayyan® para análise sequencial, começando com títulos e resumos e, em seguida, realizando a seleção por meio da leitura do texto completo de todos os estudos potencialmente relevantes. A partir do

consenso entre os pesquisadores em relação aos estudos incluídos, foi realizada a extração dos dados por meio de um formulário desenvolvido pelos autores.

Análise dos dados

Os dados extraídos foram analisados em duas etapas. Na primeira etapa, foram considerados

aspectos gerais dos estudos incluídos, tais como o(s) autor(es), ano de publicação, país de realização, a população estudada, incluindo faixa etária, sexo e condição de saúde dos participantes. Essas informações proporcionaram uma visão geral da distribuição dos grupos experimentais e de controle, bem como das características demográficas e médicas dos participantes.

Na segunda etapa, foram analisadas as características dos dispositivos eletrônicos vestíveis empregados nos estudos, incluindo o nome do dispositivo, os tipos

de sensores utilizados, a sua localização no corpo e as variáveis monitoradas.

REVISÃO DE LITERATURA

Seleção de fontes de evidência

Após a eliminação de duplicatas, um total de 243 registros foi identificado. A partir da leitura dos títulos e resumos, 56 estudos foram selecionados, e após a leitura do texto completo, 25 estudos foram escolhidos. Todos esses foram selecionados por atenderem aos critérios para a análise subsequente (Figura 1).

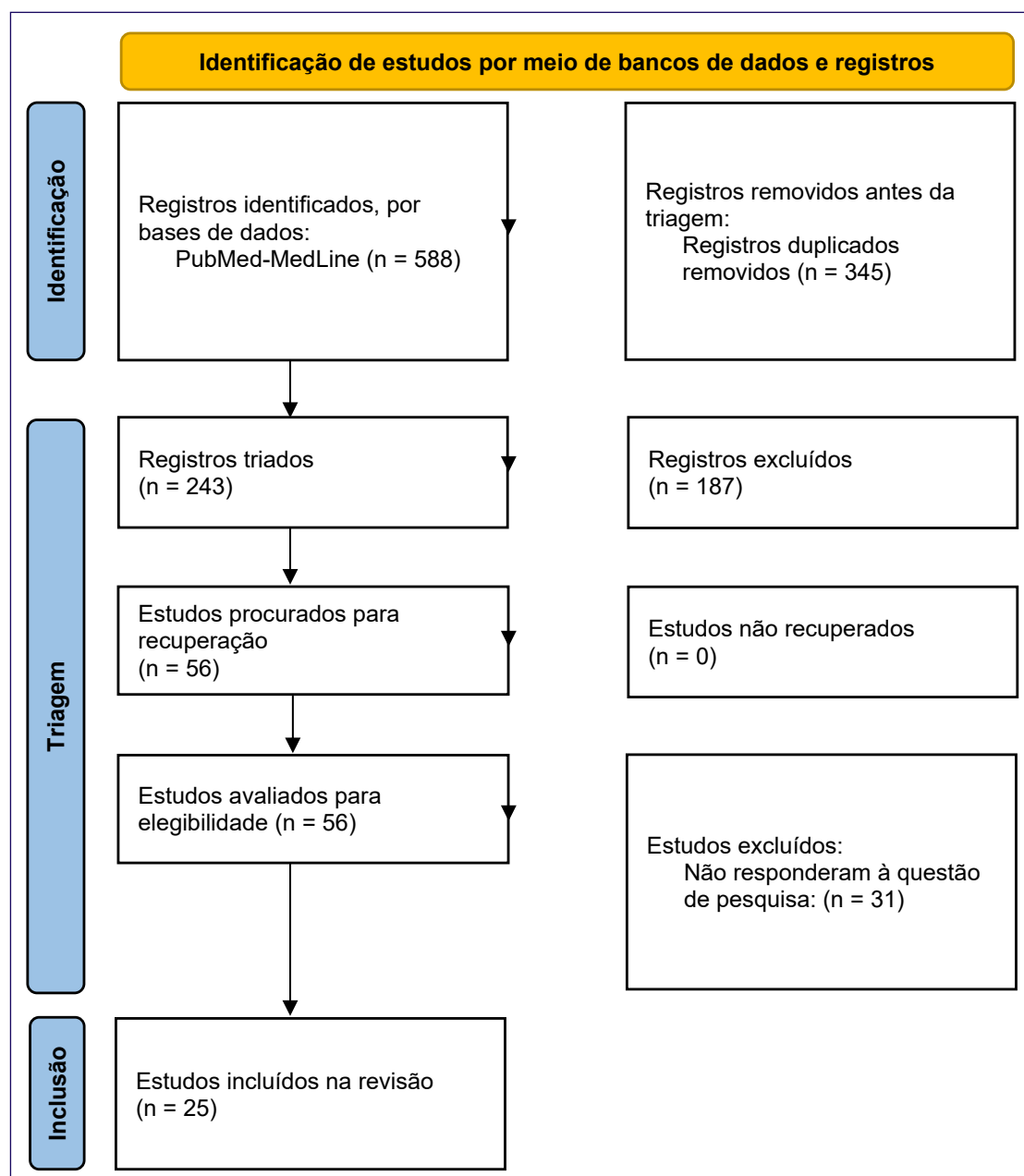


Figura 1. Diagrama de fluxo de seleção de fontes

Características das fontes de evidência

As características dos estudos incluídos e dos participantes estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Características dos estudos e participantes

Primeiro autor	Ano	País	Grupo Experimental					Grupo de Controle	
			N	N de M	N de H	Idade (anos)	Condição Médica	N	Idade (anos)
Miyamoto ¹²	1996	Japão	30	10	20	30,9 ± 5,8	saudável	-	-
Pehlivan ¹³	1996	Turquia	21	4	17	62,0	doença de Parkinson	21	39,4
Tanaka ¹⁴	2012	Japão	15	7	8	28,6	saudável	-	-
Päßler ¹⁵	2013	Alemanha	51	(?)	(?)	34,8	saudável	-	-
Fontana ¹⁶	2014	Argentina; EUA	12	6	6	26,7 ± 3,7	saudável	-	-
Shieh ¹⁷	2015	Taiwan	19	9	10	24 ± 3; 37 ± 5; 55 ± 4	saudável	-	-
Wang ¹⁸	2015	Taiwan	38	10	28	52,0 ± 6,5	AVC unilateral	59	54,9 ± 8,4
Blechert ¹⁹	2017	Áustria	14	6	8	21,7 ± 2,13	saudável	-	-
Lee ²⁰	2017	EUA	4	2	2	21-35	saudável	-	-
Farooq ²¹	2017	EUA	18	3	15	27,7 ± 2,8	saudável	-	-
Farooq ²²	2017	EUA	10	2	8	29,03 ± 12,2	saudável	-	-
Papapanagiotou ²³	2017	Grécia; Suíça; Holanda	22	(?)	(?)	22,9	saudável	-	-
Chung ²⁴	2017	Coréia	10	(?)	(?)	(?)	(?)	-	-
Taniguchi ²⁵	2018	Japão	6	(?)	(?)	28,2	saudável	-	-
Inoue ²⁶	2018	Japão	52	(?)	(?)	75,5 ± 20,5	fumante	140	54,5 ± 32,5
Ramirez ²⁷	2018	EUA	14	2	12	43-83	câncer de cabeça e pescoço	1	24
Zhang ²⁸	2018	Alemanha	10	4	6	25,1 ± 2,1	saudável	-	-
Shieh ²⁹	2019	Taiwan	19	(?)	(?)	37,68 ± 7,13	fumante	26	38,12 ± 6,45
Kim ³⁰	2019	EUA; Índia	1	1	0	70	doença de Parkinson e disfagia	1	23
Zhang ³¹	2020	Alemanha	10	4	6	25,1 ± 2,1	saudável	-	-
Kantarcigil ³²	2020	EUA	40	16	24	67,5 ± 7,85	saudável	-	-
Kang ³³	2022	EUA	1	0	1	(?)	doença de Parkinson e disfagia	2	29 y 32
Uehara ³⁴	2022	Japão	99	49	50	36,4 ± 11,7	saudável	-	-
Yoshimura ³⁵	2022	Japão	365	162	203	36,6 ± 12,1	saudável	-	-
Maeda ³⁶	2023	Japão	17	1	16	30-60	saudável	-	-

Abreviaturas: N = número; - = não aplica; (?) = sem informação; M = mulheres; H = homens; AVC = acidente vascular cerebral.

Resultados de fontes de evidência individuais

As características dos dispositivos portáteis são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Características dos dispositivos eletrônicos vestíveis

Autor (ano)	Nome do dispositivo	Sensores/Localização	Análises
Miyamoto et al. (1996) ¹²	<i>24-hour EMG system.</i>	Eletrodo de superfície bipolar no músculo masseter.	Número e duração total de <i>Bursts</i> que excederam um quarto do valor máximo de descarga durante a máxima contração, durante 24 horas.
Pehlivan et al. (1996) ¹³	<i>Digital Phagometer.</i>	Sensor piezoelétrico entre a cartilagem cricóide e tiroides.	Número de deglutições espontâneas.
Tanaka et al. (2012) ¹⁴	<i>Swallowing frequency meter.</i>	Microfone de contato sobre a borda lateral da traqueia, imediatamente abaixo da cartilagem cricóide.	Número de eventos de deglutição.
Päßler et al. (2013) ¹⁵	<i>Microphone sensor system.</i>	Microfones eletretos dentro e acima do canal auditivo externo.	Número de eventos de mastigação.
Fontana et al. (2014) ¹⁶	<i>Automatic ingestion monitor.</i>	Sensor de movimento mandibular sob o lóbulo da orelha, sensor de gestos manuais na mão dominante e acelerômetro em módulo no pescoço.	Ingestão de alimentos na vida diária, capturando dados de mastigação, gestos manuais e movimentos corporais.
Shieh et al. (2015) ¹⁷	-	Sensor de força na cartilagem tireóide, eletrodo de superfície no músculo submentoniano, e sensor de fluxo nasal tipo cânula.	Latência de início da deglutição, tempo total de excursão, tempo durante o qual a faringe empurra o bolo para o esôfago; latência de início e duração dos sinais de EMGs; e duração da apneia da deglutição.
Wang et al. (2015) ¹⁸	-	Eletrodos de superfície na região submentoniana, sensor piezoelétrico na cartilagem tireóide, sensor de fluxo nasal tipo cânula.	Latência de início, a amplitude do sinal de excursão da cartilagem tireóide, a duração total da excursão da cartilagem tireóide, o “ <i>Jitter</i> ” e a duração da apneia de deglutição.
Blechert et al. (2017) ¹⁹	<i>EMG-based eating detector</i>	Eletrodos de superfície na estrutura óssea atrás de uma orelha.	Ingestão de alimentos na vida diária, por meio da mastigação.
Lee et al. (2017) ²⁰	<i>Skin-friendly electronic system</i>	Eletrodo de superfície «semelhante à pele» nos músculos submentonianos.	Atividades de deglutição analisadas com um algoritmo de classificação de dados.
Farooq et al. (2017, 2017) ^{21,22}	<i>Smart Glasses</i>	Sensor de tensão piezoelétrico no músculo temporal.	Número acumulado de mastigações, duração da refeição, duração real da alimentação.
Papapanagiotou et al. (2017) ²³	-	Microfone intra auditivo com sensor de fotopletismografia.	Deteção de eventos alimentares, por meio da mastigação.
Chung et al. (2017) ²⁴	<i>GlasSense</i>	Células de carga em óculos.	Atividade do músculo temporal durante o comportamento alimentar e outras atividades relacionadas.
Taniguchi et al. (2018) ²⁵	<i>Earable RCC</i>	Sensor de distância óptico no canal auditivo.	Registro de contagem de mastigação.
Inoue et al. (2018) ²⁶	-	Sensor de fluxo nasal tipo cânula e sensor piezoelétrico personalizado sobre a cartilagem tireóide.	Fluxo expiratório, movimento laríngeo e sons de deglutição analisados com um método de aprendizado de máquina.
Ramirez et al. (2018) ²⁷	<i>Strain Sensor Device</i>	Dispositivo sensor de deformação junto a eletrodos de superfície na região submentoniana.	Classificação dos sinais de tensão do sensor durante a deglutição.

Autor (ano)	Nome do dispositivo	Sensores/Localização	Análises
Zhang; Amft (2018, 2020) ^{28,29}	<i>Automatic ingestion monitor - Smart Eyeglasses</i>	Eletrodos de superfície em ambos músculos temporais (2 canais).	Ciclo e taxa de mastigação.
Shieh et al. (2019) ³⁰	<i>Dispositivo de Shieh et al. (2015).</i>	Sensores de Shieh et al. (2015).	Mesma análise de Shieh et al. (2015). Além de diferenciar os padrões de deglutição e comparar com a VFSS.
Kim et al. (2019) ³¹	<i>Sensor Patch System.</i>	Eletrodos de superfície na área submentoniana, sensor de tensão na proeminência laríngea.	Início, duração e término de um evento de deglutição, e amplitude dos sinais EMGs.
Kantarcigil et al. (2020) ³²	<i>Sensor Patch System.</i>	Eletrodos de superfície na área submentoniana, sensor de tensão na proeminência laríngea.	Fatores relacionados ao sinal da EMGs durante a deglutição: relação sinal-ruído, amplitude basal e amplitude média normalizada e duração do "Burst".
Kang et al. (2022) ³³	-	Sensor mecânico acústico na muesca supraesternal. Além de uma cânula nasal e bandas de pletismografia de indutância respiratória.	Medição simultânea de ciclos de deglutição e respiração.
Uehara et al. (2022) ³⁴	<i>Bitescan</i>	Sensor de distância infravermelha e acelerômetro na parte posterior do pavilhão auricular.	Número de mastigações e mordidas, número de mastigações por mordida e velocidade de mastigação.
Yoshimura et al. (2022) ³⁵	<i>Bitescan</i>	Sensor de distância infravermelho na parte posterior do pavilhão auricular direito.	Número de ciclos de mastigação, taxa e tempo de mastigação.
Maeda et al. (2023) ³⁶	<i>Wearable Swallowing Assessment Device</i>	Sensor de pressão de fibra óptica de hetero núcleo na proeminência laríngea.	Movimento laríngeo durante a deglutição, considerando o tempo.

Abreviaturas: M = mulheres; H = homens; EMGs = eletromiografia de superfície; - = sem informação; VFSS = Videofluoroscopic Swallowing Study.

Síntese dos resultados e discussão

Mastigação

Na mastigação, um dos primeiros dispositivos eletrônicos vestíveis relatados foi o *24-hour EMG system*, desenvolvido em 1996¹², que avaliou 30 adultos saudáveis ($30,9 \pm 5,8$ anos) durante 24 horas. O dispositivo incluía sensores de eletromiografia de superfície (EMGs) posicionados no músculo masseter, utilizados para medir a atividade elétrica muscular ao longo do período de monitoramento. Esse estudo determinou o número e a duração total de *Bursts* que excederam um quarto do valor máximo de descarga durante a máxima contração. A maior parte dos *Bursts* de alta amplitude foi observada durante as refeições, enquanto *Bursts* de baixa amplitude foram detectados ao longo do dia.

Outro grupo desenvolveu o dispositivo *Smart Eyeglasses*, que utilizava sensores de eletromiografia de superfície de dois canais, posicionados na têmpora para registrar a atividade muscular. Esses sensores permitiam detectar o ciclo e a taxa de mastigação. Em dois estudos realizados com 20 adultos saudáveis ($25,1 \pm 2,1$ anos), o dispositivo demonstrou alta precisão, tanto em laboratório quanto em situações de vida livre. O algoritmo de detecção de alimentação

identificou eventos alimentares com precisão acima de 95%, registrando 44 ocasiões de alimentação em 122 horas de gravação^{28,31}.

Um estudo realizado em 2017¹⁹ utilizou o dispositivo *EMG-based eating detector* para detectar a ingestão de alimentos na vida diária de 14 adultos saudáveis ($21,7 \pm 2,1$ anos). O dispositivo utilizou eletrodos de superfície descartáveis, colocados na estrutura óssea atrás de cada orelha. Após a calibração em laboratório, os participantes seguiram suas rotinas diárias enquanto registravam as refeições com um aplicativo de smartphone. As gravações permitiram identificar com precisão os episódios de mastigação, descartando artefatos de movimento e eventos falsos positivos.

Outros dispositivos eletrônicos vestíveis para a mastigação têm utilizado diferentes tipos de sensores posicionados em várias regiões do corpo. Em um estudo de 2014¹⁶, 12 adultos saudáveis ($26,7 \pm 3,7$ anos) foram avaliados com o uso do *Automatic Ingestion Monitor*, composto por um sensor de movimento mandibular (elemento de filme piezoelétrico) localizado sob o lóbulo da orelha, um sensor de gestos manuais (sensor de proximidade) na mão dominante e um acelerômetro integrado a um módulo

usado ao redor do pescoço. Esses sensores interagem com um smartphone para detectar a ingestão de alimentos durante a vida cotidiana. O sistema foi validado em um estudo de 24 horas, no qual os participantes não tiveram restrições às atividades diárias ou à ingestão de alimentos, alcançando uma precisão média de 89,8% na detecção da ingestão de alimentos.

Em um estudo com 18 adultos saudáveis ($27,7 \pm 2,8$ anos), realizado em 2017²¹, foi utilizado um dispositivo chamado *Smart Glasses*, equipado com um sensor de tensão piezoelétrico localizado no músculo temporal. Esse dispositivo permitiu determinar o número acumulado de mastigações por refeição, a duração total da refeição e o tempo efetivo de mastigação em segundos. Em outro estudo com 10 adultos saudáveis ($29,03 \pm 12,20$ anos), realizado no mesmo ano²², o mesmo dispositivo foi utilizado para calcular o número de ciclos mastigatórios. Além disso, neste último estudo, o dispositivo forneceu *feedback* em tempo real para ajudar a reduzir a ingestão alimentar dos participantes.

Um estudo realizado em 2017²⁴ utilizou um dispositivo ocular chamado *GlasSense* em 10 participantes. Por meio de células de carga instaladas nas dobradiças dos óculos, o dispositivo detectou a atividade do músculo temporal durante a alimentação e outras atividades relacionadas, como o movimento natural da cabeça, fala e piscar dos olhos. A validação do dispositivo demonstrou uma precisão média de 89% na detecção de diferentes padrões de comportamento, com uma pontuação de 94% para atividades como mastigação, movimento da cabeça, fala e piscar.

Estudos realizados em 2022^{34,35} utilizaram o dispositivo *Bitescan* em amostras de 99 e 365 adultos saudáveis, com idades médias de $36,4 \pm 11,7$ anos e $36,6 \pm 12,1$ anos, respectivamente. O *Bitescan* é equipado com um sensor de distância infravermelha e um acelerômetro, posicionados na parte posterior do pavilhão auricular, e foi desenvolvido para monitorar as mudanças morfológicas nessa região durante a mastigação. Com esse dispositivo, foi possível medir o número de mastigações e mordidas, o número de mastigações por mordida, a velocidade de mastigação, além de parâmetros como o número de ciclos mastigatórios, a taxa de mastigação e o tempo total de mastigação. Esses dados foram transmitidos via Bluetooth para um smartphone conectado ao dispositivo, permitindo uma análise detalhada do comportamento mastigatório.

Por último, alguns estudos têm utilizado dispositivos eletrônicos vestíveis dentro do canal auditivo para monitorar a mastigação. Um estudo de 2013¹⁵ empregou o *Microphone Sensor System*, que consiste em dois microfones eletretos integrados a um aparelho auditivo: um colocado dentro do canal auditivo externo e outro acima da orelha externa. Esse sistema permitiu a detecção automática de eventos de mastigação ao longo de uma análise contínua de 51 adultos saudáveis (idade média de 34,8 anos), baseada em sons gerados durante o processo de mastigação.

Um estudo realizado em 2018²⁵ desenvolveu o dispositivo *Eearable RCC*, que utiliza um sensor de distância óptico inserido no canal auditivo. Esse sensor mede as variações no formato do canal auditivo causadas pelo movimento da mandíbula durante a mastigação e foi testado em 6 adultos saudáveis (idade média de 28,2 anos). O dispositivo obteve uma precisão de $\geq 95\%$ na contagem dos ciclos de mastigação.

Em 2017²³ outro estudo desenvolveu um sistema inovador composto por um microfone intra-auricular combinado com um sensor de fotopletismografia (PPG). O microfone é posicionado dentro do canal auditivo externo, enquanto os transmissores e receptores do PPG são posicionados em ambos os lados da concha auricular, em que se observou que a mastigação afeta significativamente o fluxo sanguíneo. O dispositivo detectou com precisão eventos mastigatórios em 22 adultos saudáveis (idade média de 22,9 anos), com uma precisão de 93,8%. O sistema também foi conectado a um *data logger*, que armazena os sinais de áudio e PPG para análise posterior. Além disso, o *data logger* está equipado com um acelerômetro triaxial para detectar atividades físicas intensas, como caminhar ou correr, evitando falsas classificações de tais atividades como eventos de mastigação.

Em resumo, a mastigação tem sido analisada remotamente apenas em adultos saudáveis, por meio de diferentes propostas de dispositivos vestíveis que utilizam uma variedade de sensores, como eletromiografia de superfície, sensores piezoelétricos, sensores de movimento mandibular, sensores infravermelhos e microfones. Esses sensores são posicionados em diferentes regiões do corpo, como a região submentoniana, masseter, têmpora, pavilhão auricular e canal auditivo. Os dispositivos vestíveis fornecem informações detalhadas sobre o número de ciclos mastigatórios, número de mordidas, número de mastigações por mordida, velocidade e taxa de mastigação,

tempo total de mastigação e a detecção de ingestão de alimentos durante atividades cotidianas. Além disso, alguns dispositivos são capazes de monitorar a atividade muscular e o movimento mandibular durante a mastigação, analisando parâmetros como amplitude, duração e frequência dos eventos, oferecendo uma visão abrangente do comportamento mastigatório e alimentar^{12,15,16,19,21-25}.

Deglutição

No que se refere à função de deglutição, diversos autores relataram o uso de dispositivos vestíveis para seu estudo. Em 2015, foi desenvolvido um cinto cervical (*FSR throat belt*) conectado a um *Portable Holter* para medir a capacidade de deglutição em 19 adultos saudáveis¹⁷. O dispositivo era composto por um sensor de detecção de força (*force-sensing resistor*, FSR) fixado ao centro da cartilagem tireóide e preso a um cinto no pescoço, permitindo determinar a latência de início, o tempo total de excursão e o “*Jitter*” (período durante o qual a faringe empurra o bolo alimentar em direção ao esôfago). Além disso, utilizaram eletrodos de superfície convencionais no músculo submentoniano para medir a latência de início e a duração da atividade muscular, bem como uma cânula nasal colocada em frente ao nariz para calcular a duração da apneia durante a deglutição, todos conectados ao mesmo *Portable Holter*.

Posteriormente, o mesmo dispositivo vestível foi utilizado em um estudo com 19 adultos fumantes ($37,68 \pm 7,13$ anos) e 26 controles não fumantes ($38,12 \pm 6,45$ anos)²⁹. Nesse estudo, foi proposto um programa de autodiagnóstico que conseguiu identificar e registrar de forma rápida e conveniente os mesmos eventos de deglutição observados no trabalho anterior, além de diferenciar padrões de deglutição, praticamente sem atrasos significativos em comparação com o estudo videofluoroscópico da deglutição (VFSS - *Videofluoroscopic Swallowing Study*). Embora os autores tenham descrito o dispositivo como vestível, ambos os estudos foram realizados em ambiente laboratorial.

Em 2012, foi utilizado um dispositivo denominado *Swallowing Frequency Meter* em 15 adultos saudáveis (idade média de 28,6 anos)¹⁴. O dispositivo consistia em um microfone laríngeo localizado na borda lateral da traqueia imediatamente abaixo da cartilagem cricóide, conectado a um gravador MP3. O número de eventos de deglutição foi avaliado pelo julgamento auditivo dos sons captados quanto pela análise visual

da forma de onda gerada. Os experimentos foram realizados em um ambiente de laboratório, garantindo condições controladas para a avaliação da frequência e dos padrões de deglutição.

Sensores próprios também têm sido desenvolvidos para dispositivos vestíveis. Em um estudo piloto realizado em 2017 com quatro adultos saudáveis (21–35 anos), foi criado um dispositivo para treinamento da deglutição, denominado *Skin-friendly Electronic System*²⁰. O dispositivo consistia em eletrodos de superfície “semelhantes à pele”, posicionados nos músculos submentonianos para registrar a atividade muscular durante a deglutição. Esses eletrodos estavam conectados a um transmissor sem fio baseado em Bluetooth, que enviava os sinais para um sistema de análise em tempo real. A atividade de deglutição foi monitorada usando o algoritmo de classificação, baseado em valores *RMS* (*Root Mean Square*) e uma técnica de limite de três partes, que permitiu distinguir a deglutição de outras atividades musculares. Os dados eram processados em tempo real para fornecer um feedback ao usuário, com o objetivo de auxiliar no treinamento e reabilitação de pacientes com disfagia.

Estudos realizados em 2019 e 2020^{30,32} desenvolveram e validaram um sistema de biofeedback (*Sensor Patch System*) para monitorar a atividade muscular submentoniana durante a deglutição. Em um estudo piloto realizado em 2019³⁰, um adulto saudável de 23 anos utilizou o dispositivo composto por dois pares de eletrodos de superfície na área submentoniana e uma célula de tensão na proeminência laríngea, conectados a uma unidade portátil presa à roupa do usuário, com comunicação via Bluetooth. Esse sistema permitiu identificar o início, a duração e o término dos eventos de deglutição, além de fornecer feedback visual em tempo real para auxiliar em manobras de reabilitação, como a deglutição com esforço e a manobra de Mendelsohn, sendo testado em uma pessoa com disfagia e doença de Parkinson (70 anos)³⁰. Já em um estudo realizado em 2020³², o sistema foi validado em um grupo de 40 adultos saudáveis ($67,5 \pm 7,85$ anos), comparando-se os sinais obtidos com os eletrodos convencionais e os do *Sensor Patch System*. A comparação mostrou que os sinais de eletromiografia de superfície (EMGs) obtidos com o novo dispositivo foram equivalentes aos obtidos com os eletrodos convencionais. Além disso, foram avaliados fatores de segurança, conforto e eficiência na colocação dos eletrodos, mostrando que o novo dispositivo resultou em maior satisfação dos

participantes e menos efeitos adversos relacionados à pele³².

Em um estudo de laboratório realizado em 2023³⁶, 17 adultos saudáveis (30–60 anos) foram avaliados com o uso de um *Wearable Swallowing Assessment Device*, composto por um sensor de pressão de fibra óptica de hetero núcleo, posicionado na superfície da pele da proeminência laríngea e fixado por um cinto ao redor do pescoço. Para todos os sujeitos, foram observados dois vales nas formas de onda da deglutição obtidas, o que significa que o dispositivo proposto foi capaz de detectar com precisão o movimento laríngeo durante a deglutição. O principal resultado deste estudo foi a avaliação precisa do tempo de deglutição, mostrando diferenças significativas entre os grupos etários avaliados, sugerindo uma correlação entre o envelhecimento e a funcionalidade da deglutição.

Por outro lado, alguns dispositivos vestíveis têm utilizado sensores piezoelétricos. Em um estudo realizado em 1996¹³, 21 pessoas com doença de Parkinson (idade média de 62,0 anos) e 21 controles saudáveis (39,4 anos) foram avaliados com o uso de um dispositivo denominado *Digital Phagometer*. O equipamento consistia em um sensor piezoelétrico posicionado na região entre as cartilagens cricóide e tireóide, utilizado para detectar deglutições espontâneas. Os dados foram analisados posteriormente em um computador, permitindo a comparação da frequência de deglutições espontâneas entre os grupos. O estudo revelou que os pacientes com Parkinson apresentavam uma frequência de deglutição espontânea significativamente menor em repouso, mas não houve diferença significativa durante a ingestão voluntária de água entre os dois grupos.

Em um estudo realizado em 2015¹⁸, foi utilizado um conjunto de sensores para avaliar a deglutição em 38 pacientes com acidente vascular cerebral (AVC) unilateral ($52,0 \pm 6,5$ anos) e 59 controles saudáveis ($54,9 \pm 8,4$ anos). O sistema consistia em eletrodos de EMGs posicionados na região submentoniana para medir a atividade muscular, um sensor piezoelétrico localizado ao nível da cartilagem tireóide para monitorar o movimento laríngeo, e um sensor de fluxo nasal tipo cânula para avaliar o padrão respiratório durante a deglutição. Com esses sensores, os pesquisadores determinaram a latência de início, a amplitude do sinal de excursão da cartilagem tireóidea, a duração total da excursão laríngea, o “*Jitter*” da excursão laríngea e a duração da apneia de deglutição. Esses parâmetros permitiram diferenciar os padrões de deglutição entre

os pacientes com AVC e os controles, fornecendo dados importantes para a compreensão das dificuldades de deglutição após um AVC.

Foi identificado um estudo realizado em 2018²⁷ que utilizou um dispositivo denominado *Strain Sensor Device* para avaliar 14 pessoas com câncer de cabeça e pescoço (43–83 anos) e um participante controle (24 anos). O dispositivo era composto por um sensor de deformação com resposta piezoresistiva, juntamente com eletrodos de superfície posicionados na região submentoniana. Juntamente com algoritmos de aprendizado de máquina, o dispositivo foi utilizado para classificar os sinais de tensão capturados pelo sensor, de acordo com o tipo de bolo deglutido e a condição do sujeito, diferenciando entre indivíduos saudáveis e disfágicos.

Um estudo publicado em 2018²⁶ avaliou 52 pessoas com disfagia ($75,5 \pm 20,5$ anos) e 140 controles ($54,5 \pm 32$ anos), utilizando um sensor de fluxo nasal do tipo cânula e um sensor piezoelétrico personalizado posicionado sobre a cartilagem tireóide. Com esses sensores, determinaram o fluxo expiratório, o movimento laríngeo e os sons de deglutição. Utilizando codificação preditiva linear (LPC) para extrair características dos sinais, os dados foram processados por uma Máquina de Vetores de Suporte (SVM) para classificar os registros como pertencentes a indivíduos saudáveis ou pacientes com disfagia. O método proposto demonstrou uma sensibilidade de 82,4% e uma especificidade de 86%, mostrando-se eficaz na triagem da função de deglutição e na detecção de deglutições inseguras, como penetrações laríngeas e aspirações.

Em 2022, foi descrita a utilização de um dispositivo composto por um sensor mecânico acústico posicionado na muesca supraesternal, projetado especificamente para monitorar a deglutição e a respiração³³. O sistema foi testado em uma pessoa com disfagia e doença de Parkinson, além de dois controles saudáveis (29 e 32 anos). Além disso, utilizaram uma cânula nasal e bandas de pletismografia de indutância respiratória para realizar medições simultâneas dos ciclos de deglutição e respiração. O estudo teve como objetivo avaliar a coordenação entre a deglutição e a respiração, fornecendo dados contínuos que permitiram analisar a sincronia entre essas funções essenciais em pacientes com disfagia.

Em resumo, a deglutição tem sido estudada com o uso de dispositivos vestíveis que empregam diversos sensores, como sensores de força, eletromiografia

de superfície, piezoelétricos, sensores de fluxo nasal e de deformação, posicionados em áreas como a região submentoniana, cartilagem tireoide e muesca supraesternal. Esses dispositivos medem parâmetros como latência de início, duração da excursão laríngea, amplitude dos sinais musculares e apneia da deglutição, com alguns estudos utilizando aprendizado de máquina para classificar os sinais entre indivíduos saudáveis e disfágicos. As técnicas variam entre análise do som, monitoramento do movimento laríngeo e atividade muscular. Embora alguns dispositivos sejam adaptados ao uso diário, muitos estudos ainda se restringem ao ambiente laboratorial, sendo a maioria realizada em adultos saudáveis, com alguns poucos incluindo pacientes com disfagia^{13,14,17,18,20,26,27,30,32,33,36}.

É importante ressaltar que os dispositivos eletrônicos vestíveis analisados neste estudo não abrangem todas as características avaliadas em exames clínicos e instrumentais, tanto no que se refere à mastigação quanto à deglutição. A esse respeito, um dispositivo destinado ao uso doméstico, em situações de vida diária, só tem real valor se os dados coletados forem compatíveis com aqueles obtidos em avaliações realizadas por profissionais especializados²⁷.

Nesse sentido, na avaliação da função mastigatória, predominam métodos objetivos (instrumentais) e subjetivos (clínicos). Entre os métodos instrumentais, destaca-se a eletromiografia de superfície, que mede o tempo e a intensidade das contrações musculares com alta especificidade³⁷, assim como a eletrognatografia, que avalia os movimentos mandibulares durante a mastigação³⁸. Além disso, utilizam-se métodos de processamento de materiais mastigados, como a peneiração fracionada, espectrofotometria e varredura óptica, que permitem uma análise detalhada das propriedades do bolo alimentar³⁹. Na avaliação clínica, são usados protocolos como o AMIOFE⁴⁰ e o MBGR⁴¹, que avaliam tanto a morfologia quanto a biomecânica das estruturas envolvidas na mastigação. Esses protocolos fornecem informações sobre o movimento mandibular, a oclusão, a denteição e a funcionalidade das estruturas orofaciais, utilizando registros fotográficos e videográficos para documentar os padrões mastigatórios^{40,41}.

No que diz respeito à avaliação da função de deglutição, ela é realizada tanto por métodos instrumentais, como o estudo videofluoroscópico da deglutição e a avaliação endoscópica flexível da deglutição⁴², quanto por métodos clínicos, como o *Volume-viscosity Swallowing Test (V-VST)*⁴³, a *Functional Oral Intake Scale*

(*FOIS*)⁴⁴ e o Protocolo Fonoaudiológico de Avaliação do Risco para Disfagia (PARD)⁴⁵. Outros instrumentos, como o *McGill Ingestive Skills Assessment (MISA)*⁴⁶, avaliam as habilidades de ingestão, enquanto outros instrumentos são usados para avaliar a qualidade de vida relacionada à disfagia e o estado funcional do paciente⁴⁷. Além disso, testes abordam a integridade da anatomia e dos nervos cranianos, assim como a fisiologia orofacial⁴⁸.

Entretanto, poucos dos estudos revisados nesta análise integram essas avaliações instrumentais e clínicas no desenvolvimento e validação de seus dispositivos, destacando a necessidade de incorporar tais métodos para garantir que os dados coletados em ambientes domésticos sejam compatíveis com os obtidos por profissionais. Nesse contexto, é importante ressaltar que os dispositivos vestíveis devem ser vistos como ferramentas complementares, fornecendo dados adicionais para enriquecer as avaliações realizadas por profissionais especializados, sem substituí-las.

Por outro lado, a sequência de ingestão de alimentos tem sido descrita como composta pelas fases centrais de ingestão, processamento (mastigação) e deglutição⁷. Durante uma refeição, vários períodos dessa sequência são realizados para processar uma porção de alimento e prepará-la para a digestão. Em cada fase, uma ou mais atividades alimentares podem ser identificadas, como pegar, mastigar e engolir. Cada atividade está relacionada a uma localização específica, como braço, cabeça, pescoço, onde ocorrem, permitindo o uso de diversos sensores que monitoram as estruturas anatômicas e os processos fisiológicos associados. Nesse sentido, os dispositivos encontrados nesta revisão não consideram o monitoramento integrado da mastigação e deglutição em um único dispositivo, independentemente de sua importância clinicamente reconhecida.

Dessa forma, o desenvolvimento de novos dispositivos de baixo custo, reutilizáveis e capazes de monitorar as fases de ingestão, mastigação e deglutição de forma integrada poderá oferecer um suporte mais abrangente e alinhado com a prática dos profissionais da saúde envolvidos no tratamento de distúrbios relacionados à eficiência e segurança da alimentação oral de adultos com diversas condições de saúde. Nesse contexto, os fonoaudiólogos são os profissionais responsáveis por intervir em adultos e idosos com distúrbios de mastigação e deglutição⁴⁹, o que torna essencial sua participação no desenvolvimento e validação desse tipo de dispositivo.

Limitações

Uma das principais limitações desta revisão de escopo foi a restrição na seleção das bases de dados utilizadas, limitando-se a PubMed e MedLine, o que pode ter resultado na exclusão de estudos relevantes disponíveis em outras bases de dados. Esse enfoque pode ter reduzido a diversidade de pesquisas incluídas na análise. Além disso, a limitação do idioma de publicação a estudos em espanhol, inglês e português pode ter excluído pesquisas importantes publicadas em outros idiomas, afetando a representatividade dos achados.

Por fim, outra limitação importante foi não ter considerado dispositivos vestíveis associados à fase de ingestão de alimentos, o que poderia ter permitido abranger todas as fases centrais de um evento dietético.

CONCLUSÃO

Nesta revisão de escopo, identificamos que os dispositivos eletrônicos vestíveis projetados para o monitoramento da mastigação em adultos utilizam sensores como eletromiografia de superfície, sensores piezoelétricos, sensores infravermelhos e até mesmo sensores intrauditivos. Esses sensores são posicionados principalmente na região submentoniana, masseter, têmpora, pavilhão auricular e canal auditivo, com a finalidade de monitorar ciclos mastigatórios, número de mordidas e parâmetros como a taxa e a velocidade da mastigação.

No que se refere à deglutição, os dispositivos vestíveis identificados utilizam sensores como eletromiografia de superfície, sensores piezoelétricos e microfones, localizados na cartilagem tireoide, região submentoniana e muesca supraesternal. Esses dispositivos monitoram parâmetros como latência de início da fase faríngea, amplitude dos sinais musculares, duração da deglutição e apneia de deglutição.

Os dispositivos vestíveis analisados são aplicados principalmente em populações adultas saudáveis e fornecem dados sobre a mastigação e deglutição tanto em contextos clínicos quanto na vida cotidiana. No entanto, ainda falta desenvolver e validar novos dispositivos que integrem as fases de ingestão, processamento e deglutição dos alimentos, com maior suporte dos profissionais de saúde, para aprimorar o monitoramento abrangente e efetivo dessas funções em diversas condições de saúde.

REFERÊNCIAS

1. NCBI: National Center for Biotechnology Information [homepage na internet]. Wearable electronic devices. [Acesso em 13 set 2023]. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/?term=wearable%2Bdevices>
2. Rocha TAH, Fachini LA, Thumé E, Silva NC, Barbosa ACQ, Carmo M et al. Saúde Móvel: novas Perspectivas para a oferta de Serviços em Saúde. *Epidemiol Serv Saúde*. 2016;25(1):1-10. <https://doi.org/10.5123/s1679-49742016000100016>
3. Byrne J. Digital experience is key to maximizing the benefits of wearable technology on population health and wellbeing - Application Performance Monitoring Blog [acesso em 13 set 2023]. Disponível em: <https://buildingbetterhealthcare.com/the-digital-experience-is-key-to-maximising-benefits-of-wearable-technology--201698>
4. Costa BOLD, Dantas AMX, Machado LDS, Silva HJD, Pernambuco L, Lopes LW. Wearable technology use for the analysis and monitoring of functions related to feeding and communication. *Codas*. 2022;34(5):e20210278. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20212021278en> PMID: 35894374.
5. van der Bilt A, Engelen L, Pereira LJ, van der Glas HW, Abbink JH. Oral physiology and mastication. *Physiol Behav*. 2006;89(1):22-7. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2006.01.025> PMID: 16564557.
6. Logemann JA. Evaluation and treatment of swallowing disorders. 2nd ed. Austin, Tex: Pro-Ed; 2000.
7. Schiboni G, Amft O. Automatic dietary monitoring using wearable accessories. In: Tamura T, Chen W, editores. Seamless healthcare monitoring: Advancements in wearable, attachable, and invisible devices. Cham: Springer; 2018. p. 369-412.
8. Tsujimoto M, Hisajima T, Matsuda S, Tanaka S, Suzuki K, Shimokakimoto T et al. Exploratory analysis of swallowing behaviour in community-dwelling older adults using a wearable device: Differences by age and ingestant under different task loads. *Digit Health*. 2024 Jul 25;10:20552076241264640. <https://doi.org/10.1177/20552076241264640> PMID: 39070893; PMCID: PMC11282566.
9. Verdejo C, Tapia-Benavente L, Schuller-Martínez B, Vergara-Merino L, Vargas-Peirano M, Silva-Dreyer AM. What you need to know about scoping reviews. *Medwave*. 2021;21(02):e8144. <https://doi.org/10.5867/medwave.2021.02.8144> PMID: 33914717.
10. Peters MD, Godfrey CM, Khalil H, McInerney P, Parker D, Soares CB. Guidance for conducting systematic scoping reviews. *Int J Evid Based Healthc*. 2015;13(3):141-6. <https://doi.org/10.1097/XEB.000000000000050> PMID: 26134548.
11. Tricco AC, Lillie E, Zarin W, O'Brien KK, Colquhoun H, Levac D et al. PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and explanation. *Ann Intern Med*. 2018;169(7):467-73. <https://doi.org/10.7326/M18-0850> PMID: 30178033.
12. Miyamoto K, Yamada K, Ishizuka Y, Morimoto N, Tanne K. Masseter muscle activity during the whole day in young adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1996;110(4):394-8. [https://doi.org/10.1016/s0889-5406\(96\)70041-0](https://doi.org/10.1016/s0889-5406(96)70041-0) PMID: 8876490.
13. Pehlivan M, Yüceyar N, Ertekin C, Celebi G, Ertaş M, Kalaycı T et al. An electronic device measuring the frequency of spontaneous swallowing: Digital phagometer. *Dysphagia*. 1996;11(4):259-64. <https://doi.org/10.1007/BF00265212> PMID: 8870354.
14. Tanaka N, Nohara K, Okuno K, Kotani Y, Okazaki H, Matsumura M et al. Development of a swallowing frequency meter using a laryngeal microphone. *J Oral Rehabil*. 2012;39(6):411-20. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2012.02293.x> PMID: 22489845.

15. Päßler S, Fischer WJ. Food intake monitoring: Automated chew event detection in chewing sounds. *IEEE J Biomed Health Inform.* 2014;18(1):278-89. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2013.2268663> PMID: 24403426.
16. Fontana JM, Farooq M, Sazonov E. Automatic ingestion monitor: A novel wearable device for monitoring of ingestive behavior. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2014;61(6):1772-9. <https://doi.org/10.1109/TBME.2014.2306773> PMID: 24845288.
17. Shieh WY, Wang CM, Chang CS. Development of a portable non-invasive swallowing and respiration assessment device. *Sensors (Basel).* 2015;15(6):12428-53. <https://doi.org/10.3390/s150612428> PMID: 26024414.
18. Wang CM, Shieh WY, Chen JY, Wu YR. Integrated non-invasive measurements reveal swallowing and respiration coordination recovery after unilateral stroke. *Neurogastroenterol Motil.* 2015;27(10):1398-408. <https://doi.org/10.1111/nmo.12634> PMID: 26176581.
19. Blechert J, Liedlgruber M, Lender A, Reichenberger J, Wilhelm FH. Unobtrusive electromyography-based eating detection in daily life: A new tool to address underreporting? *Appetite.* 2017 Nov;118:168-73. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2017.08.008> PMID: 28797702.
20. Lee Y, Nicholls B, Sup Lee D, Chen Y, Chun Y, Siang Ang C et al. Soft electronics enabled ergonomic human-computer interaction for swallowing training. *Sci Rep.* 2017 Apr;7:46697. <https://doi.org/10.1038/srep46697> PMID: 28429757.
21. Farooq M, Sazonov E. Segmentation and characterization of chewing bouts by monitoring temporalis muscle using smart glasses with piezoelectric sensor. *IEEE J Biomed Health Inform.* 2017;21(6):1495-503. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2016.2640142> PMID: 28113335.
22. Farooq M, McCrory MA, Sazonov E. Reduction of energy intake using just-in-time feedback from a wearable sensor system. *Obesity (Silver Spring).* 2017;25(4):676-81. <https://doi.org/10.1002/oby.21788> PMID: 28233942.
23. Papapanagiotou V, Diou C, Zhou L, van den Boer J, Mars M, Delopoulos A. A novel chewing detection system based on PPG, audio, and accelerometry. *IEEE J Biomed Health Inform.* 2017;21(3):607-18. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2016.2625271> PMID: 27834659.
24. Chung J, Chung J, Oh W, Yoo Y, Lee WG, Bang H. A glasses-type wearable device for monitoring the patterns of food intake and facial activity. *Sci Rep.* 2017 Jan;7:41690. <https://doi.org/10.1038/srep41690> PMID: 28134303.
25. Taniguchi K, Kondo H, Tanaka T, Nishikawa A. Earable RCC: Development of an earphone-type reliable chewing-count measurement device. *J Healthc Eng.* 2018 Feb;2018:6161525. <https://doi.org/10.1155/2018/6161525> PMID: 29796232.
26. Inoue K, Yoshioka M, Yagi N, Nagami S, Oku Y. Using machine learning and a combination of respiratory flow, laryngeal motion, and swallowing sounds to classify safe and unsafe swallowing. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2018;65(11):2529-41. <https://doi.org/10.1109/TBME.2018.2807487> PMID: 29993526.
27. Ramírez J, Rodríguez D, Qiao F, Warchall J, Rye J, Aklile E et al. Metallic nanoislands on graphene for monitoring swallowing activity in head and neck cancer patients. *ACS Nano.* 2018;12(6):5913-22. <https://doi.org/10.1021/acsnano.8b02133> PMID: 29874030.
28. Zhang R, Amft O. Monitoring chewing and eating in free-living using smart eyeglasses. *IEEE J Biomed Health Inform.* 2018;22(1):23-32. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2017.2698523> PMID: 28463209.
29. Shieh WY, Wang CM, Cheng HK, Wang CH. Using wearable and non-invasive sensors to measure swallowing function: Detection, verification, and clinical application. *Sensors (Basel).* 2019;19(11):2624. <https://doi.org/10.3390/s19112624> PMID: 31181864.
30. Kim MK, Kantarcigil C, Kim B, Baruah RK, Maity S, Park Y et al. Flexible submental sensor patch with remote monitoring controls for management of oropharyngeal swallowing disorders. *Sci Adv.* 2019;5(12):eaay3210. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aay3210> PMID: 31853500.
31. Zhang R, Amft O. Retrieval and timing performance of chewing-based eating event detection in wearable sensors. *Sensors (Basel).* 2020;20(2):557. <https://doi.org/10.3390/s20020557> PMID: 31968532.
32. Kantarcigil C, Kim MK, Chang T, Craig BA, Smith A, Lee CH et al. Validation of a novel wearable electromyography patch for monitoring submental muscle activity during swallowing: A randomized crossover trial. *J Speech Lang Hear Res.* 2020;63(10):3293-310. https://doi.org/10.1044/2020_JSLHR-20-00171 PMID: 32910735.
33. Kang YJ, Arafa HM, Yoo JY, Kantarcigil C, Kim JT, Jeong H et al. Soft skin-interfaced mechano-acoustic sensors for real-time monitoring and patient feedback on respiratory and swallowing biomechanics. *NPJ Digit Med.* 2022;5(1):147. <https://doi.org/10.1038/s41746-022-00691-w> PMID: 36123384.
34. Uehara F, Hori K, Hasegawa Y, Yoshimura S, Hori S, Kitamura M et al. Impact of masticatory behaviors measured with wearable device on metabolic syndrome: Cross-sectional study. *JMIR Mhealth Uhealth.* 2022;10(3):e30789. <https://doi.org/10.2196/30789> PMID: 35184033.
35. Yoshimura S, Hori K, Uehara F, Hori S, Yamaga Y, Hasegawa Y et al. Relationship between body mass index and masticatory factors evaluated with a wearable device. *Sci Rep.* 2022;12(1):4117. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-08084-5> PMID: 35260734.
36. Maeda M, Kadokura M, Aoki R, Komatsu N, Kawakami M, Koyama Y et al. A fiber-optic non-invasive swallowing assessment device based on a wearable pressure sensor. *Sensors (Basel).* 2023;23(4):2355. <https://doi.org/10.3390/s23042355> PMID: 36850956.
37. Farella M, Palla S, Gallo LM. Time-frequency analysis of rhythmic masticatory muscle activity. *Muscle Nerve.* 2009;39(6):828-36. <https://doi.org/10.1002/mus.21262> PMID: 19306326.
38. Pinheiro PF Jr, da Cunha DA, Filho MG, Caldas AS, Melo TM, da Silva HJ. The use of electrognathography in jaw movement research: A literature review. *Cranio.* 2012;30(4):293-303. <https://doi.org/10.1179/crn.2012.044> PMID: 23156971.
39. Schott Börger S, Ocaranza Tapia D, Peric Cáceres K, Yévenes López I, Romo Ormazábal F, Schulz Rosales R et al. Métodos de evaluación del rendimiento masticatorio. Una revisión. *Rev Clin Periodoncia Implantol Rehabil Oral.* 2010;3(1):51-5. <https://doi.org/10.4067/s0719-01072010000100009>
40. Felício CM, Ferreira CL. Protocol of orofacial myofunctional evaluation with scores. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2008;72(3):367-75. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2007.11.012> PMID: 18187209.
41. Genaro KF, Berretin-Felix G, Rehder MI, Marchesan IQ. Avaliação miofuncional orofacial: Protocolo MBGR. *Rev. CEFAC.* 2009;11(2):237-55. <https://doi.org/10.1590/s1516-18462009000200009>

42. Birchall O, Bennett M, Lawson N, Cotton SM, Vogel AP. Instrumental swallowing assessment in adults in residential aged care homes: A scoping review. *J Am Med Dir Assoc.* 2021;22(2):372-379.e6. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2020.08.028> PMID: 33069625.
43. Clavé P, Arreola V, Romea M, Medina L, Palomera E, Serra-Prat M. Accuracy of the volume-viscosity swallow test for clinical screening of oropharyngeal dysphagia and aspiration. *Clin Nutr.* 2008;27(6):806-15. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2008.06.011> PMID: 18789561.
44. Crary MA, Mann GD, Groher ME. Initial psychometric assessment of a functional oral intake scale for dysphagia in stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86(8):1516-20. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2004.11.049> PMID: 16084801.
45. Padovani AR, Moraes DP, Mangili LD, Andrade CR. Protocolo Fonoaudiológico de Avaliação do risco para Disfagia (PARD). *Rev Soc Bras Fonoaudiol.* 2007;12(3):199-205. <https://doi.org/10.1590/s1516-80342007000300007>
46. Lambert HC, Gisell EG, Groher ME, Wood-Dauphinee S, McGill Ingestive Skills Assessment (MISA): Development and first field test of an evaluation of functional ingestive skills of elderly persons. *Dysphagia.* 2003;18(2):101-13. <https://doi.org/10.1007/s00455-002-0091-2> PMID: 12825904.
47. Li C, Qiu C, Shi Y, Yang T, Shao X, Zheng D. Experiences and perceptions of stroke patients living with dysphagia: A qualitative meta-synthesis. *J Clin Nurs.* 2022;31(7-8):820-31. <https://doi.org/10.1111/jocn.15995> PMID: 34369025.
48. Speyer R, Cordier R, Farneti D, Nascimento W, Pilz W, Verin E et al. White paper by the European Society for Swallowing Disorders: Screening and non-instrumental assessment for dysphagia in adults. *Dysphagia.* 2022;37(2):333-49. <https://doi.org/10.1007/s00455-021-10283-7> PMID: 33787994.
49. Pereira ASM, Gatti M, Ribeiro VV, Taveira KVM, Berretin-Felix G. Speech language pathology interventions in the areas of breathing, chewing, swallowing and speaking: A scoping review. *CoDAS.* 2023;36(2):e20220339. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20232022339en> PMID: 38126592.

Contribuições dos autores:

FI-A: Conceitualização; Análise de dados; Pesquisa; Administração do projeto; Design da apresentação de dados; Redação do manuscrito original.

PS-F: Metodologia; Análise de dados; Pesquisa; Desenvolvimento, implementação e teste de software; Redação do manuscrito original.

GB-F: Conceitualização; Supervisão; Redação - Revisão e edição.

Declaração de compartilhamento de dados:

Este estudo trata-se de uma revisão de literatura; portanto, não envolveu a coleta de dados primários nem participantes humanos. Todas as informações analisadas estão disponíveis publicamente nas fontes referenciadas. Não há dados adicionais a serem compartilhados.