



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE PRÓTESIS Y CIENCIAS FÍSICAS Y QUÍMICAS

**VALIDACIÓN DE UN MÉTODO PARA EVALUAR RENDIMIENTO  
MASTICATORIO EN PACIENTES PORTADORES DE PRÓTESIS TOTALES.**

Tesis adscrita al proyecto PRI-ODO/07/001 “Validación de un método simplificado para evaluar rendimiento masticatorio. Comparación con el Test de Manly.”

SEBASTIAN ANDREAS SCHOTT BÖRGER

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
CIRUJANO-DENTISTA

TUTOR PRINCIPAL  
Prof. Dra. Katica Peric Cáceres

TUTORES ASOCIADOS  
Dr. Danilo Ocaranza Tapia  
Prof. Ismael Yévenes López

SANTIAGO – CHILE  
2007

A mis abuelos, hermanos y padres  
por todo lo que me apoyaron en este proceso

Gracias

## **AGRADECIMIENTOS**

- Agradezco a mis profesores guías Dra. Katica Peric, Dr. Danilo Ocaranza y Prof. Ismael Yévenes por su apoyo, disposición y dedicación durante la realización de este trabajo.
- Agradezco a los Doctores María Angélica Torres y Rolando Schulz por sus valiosos aportes en la confección de este trabajo de investigación.
- Doy las gracias también a la Profesora Olosmira Correa quien puso a disposición su laboratorio y sus conocimientos al servicio de la elaboración y manejo de los granulados utilizados en este trabajo.

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
ASPECTOS TEÓRICOS .....	8
Masticación .....	8
Función Masticatoria .....	11
Test Masticatorios .....	13
Factores que Afectan la Función Masticatoria.....	27
Validación de un Instrumento de Medición .....	38
HIPÓTESIS .....	43
OBJETIVO GENERAL.....	43
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	43
MATERIAL Y MÉTODO .....	45
Listado de Instrumental y Materiales Utilizados .....	45
Elaboración del Test Colorimétrico .....	47
Muestreo: Criterios de Inclusión y Exclusión.....	51
Consentimiento Informado.....	52
Aplicación del Test.....	52
Procesamiento de Muestras .....	53
Evaluación Estadística de los Resultados.....	57

RESULTADOS.....	58
DISCUSIÓN .....	66
CONCLUSIONES.....	74
SUGERENCIAS .....	75
RESUMEN .....	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	78
ANEXO 1, CONSENTIMIENTO INFORMADO .....	92
ANEXO 2, IMÁGENES .....	93

## INTRODUCCIÓN

La masticación es el primer paso de la digestión donde la comida se prepara para ser deglutida y luego ser procesada en el sistema digestivo. Es una compleja actividad sensorial-motora durante la cual la comida ingerida es transportada primero por la lengua a la zona de los dientes posteriores y luego procesada a través de la oposición rítmica de los maxilares, bajo la forma de un bolo apropiado para ser deglutido <sup>(1,2,3)</sup>.

En el proceso de la masticación los dientes cumplen un rol fundamental constituyendo el área donde se fragmentan las partículas de alimento; esta fragmentación depende del número y condición de los dientes y de otros factores como la condición de la articulación temporomandibular, la fuerza masticatoria, la coordinación entre los músculos de la masticación, suprahióideos y elevadores, músculos faciales y la capacidad de la lengua y de las mejillas para mantener el alimento entre los dientes <sup>(1,3,4)</sup>.

Es por ello que constituye una exigencia para el odontólogo que el individuo mantenga su sistema dentario en buen estado funcional, que las piezas perdidas sean reemplazadas adecuadamente o aquellas desplazadas sean convenientemente alineadas para que pueda masticar correctamente los alimentos, pues un desmenuzamiento efectivo por parte de los dientes es garantía de una conveniente selección de alimentos <sup>(3,5)</sup>, de una buena utilización de la dieta y con ello de la mantención de un estilo de vida saludable y de una mejor calidad de vida <sup>(6)</sup>.

La definición de función masticatoria se ha usado para referirse indistintamente a los términos de habilidad masticatoria, eficiencia masticatoria o rendimiento masticatorio. G. E. Carlsson (1984) define habilidad masticatoria como la propia valoración de un individuo de su función masticatoria, es decir, a la función masticatoria subjetiva, que se intenta evaluar con cuestionarios o entrevistas personales <sup>(3,7,8,9)</sup>. R. S. Manly y L. C. Braley (1950) se refieren a la eficiencia masticatoria como al número de golpes masticatorios requeridos para lograr un nivel tipo de pulverización de un determinado alimento y al rendimiento masticatorio como al grado de trituración a que puede ser sometido un alimento con un número dado de golpes masticatorios, es decir, a la función masticatoria objetiva, puesto que puede ser valorada mediante un test masticatorio <sup>(3,4,9,10,11)</sup>.

Muchos estudios demuestran que la función masticatoria se reduce en los individuos que pierden dientes y en aquellos portadores de prótesis removible <sup>(3,8,10)</sup>.

Las metas del tratamiento odontológico son el alcanzar una función masticatoria óptima al restaurar o alinear los dientes naturales o al reemplazar los dientes que faltan. Esta meta del tratamiento se considera como la base para una apropiada digestión y absorción de nutrientes. La mantención de la función masticatoria para sujetos que utilizan dentaduras completas es entonces un factor muy importante a considerar al reemplazar los dientes naturales <sup>(8,12)</sup>. Allí radica la importancia de evaluar el desempeño de una rehabilitación, la cual se ha realizado a lo largo de los años a través de diversos test basados en la masticación de un alimento de prueba, que

puede ser natural o artificial. Los test masticatorios miden la capacidad que tiene el paciente para reducir el tamaño de las partículas de los alimentos de prueba. Estos métodos objetivos sirven para evaluar el rendimiento masticatorio en sujetos de avanzada edad portadores de prótesis <sup>(9)</sup>.

Varios métodos se han desarrollado con el fin de medir el rendimiento masticatorio, pero éstos no son prácticos como para ser aplicados en un examen clínico de rutina. Una de las razones de la inaplicabilidad de ellos es la falta de confiabilidad de los materiales utilizados en los test. Se han usado distintos alimentos naturales como papa irlandesa (M. J. Thompson, 1937), maní (R. S. Manly y L. C. Braley, 1950), arroz crudo (T. Ishiwara, 1955), avellanas (S. Loos, 1963), almendras (E. Helkimo, G. E. Carlsson y M. Helkimo, 1978) e incluso zanahorias (B. Dahlberg, 1942; R. S. Manly y L. C. Braley, 1950; A. F. Kayser y J. S. Hoeven, 1977). Es difícil garantizar que estos alimentos tengan las mismas propiedades físicas en cada ocasión. Se deben considerar ciertos factores como la época de cosecha, año e incluso el país de procedencia. Estos materiales se disuelven rápidamente en saliva o agua, así una parte de ellos puede perderse al deglutir y otra al momento de filtrarse luego de ser removidos de la boca. Debido al contenido de agua, el grado de pulverización también varía cuando las fracciones se secan para ser medidas <sup>(13)</sup>.

Otro problema es el procedimiento utilizado para medir. La mayoría de los investigadores han determinado el grado de fraccionamiento usando un sistema de tamices. Estos métodos que incluyen secado, filtrado, masado y análisis son



complicados y consumen mucho tiempo, por lo tanto, no son adecuados para el uso clínico de rutina <sup>(7,13,14)</sup>.

En 1989 A. Nakasima, K. Higashi y M. Ichinose propusieron utilizar un alimento artificial: una cápsula de látex rellena de un granulado sintético que es masticada por el paciente; así los gránulos se fracturan y se libera el pigmento rojo dentro de la cápsula en proporción a la energía usada. Luego se calcula el rendimiento masticatorio midiendo la concentración de colorante liberada por las cápsulas en una solución de agua mediante un espectrofotómetro. Su trabajo se basa en los siguientes requisitos del material de prueba:

I. el material test tiene propiedades físicas constantes y el grado de fraccionamiento puede ser claramente establecido <sup>(13)</sup>.

II. el material de prueba es insoluble en saliva y todo el material masticado en boca puede recuperarse fácilmente <sup>(13)</sup>.

III. posteriormente el análisis de laboratorio es simple, y <sup>(13)</sup>

IV. la función masticatoria puede ser expresada por una simple medida física como lo es la cantidad de energía requerida para masticar <sup>(13)</sup>.

En nuestra Facultad varios trabajos que se han realizado determinan el rendimiento masticatorio usando el test de R. S. Manly y L. C. Braley (1950) <sup>(15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26)</sup>, el cual usa un alimento natural como material de prueba y tamizado para su análisis, lo que hace difícil y engorroso para el paciente y el odontólogo la realización sistemática de este test. Por esta razón se propuso realizar un test homólogo al de A. Nakasima, K. Higashi y M. Ichinose (1989) usando

materiales seleccionados de la farmacopea chilena. Esto implicó elaborar un granulado con características morfológicas y estructurales propias y diferentes a las descritas por los autores japoneses, que fueron analizadas con el fin de validar el test en nuestro país.

Toda medición o instrumento de recolección de datos debe reunir tres requisitos esenciales: confiabilidad, validez y objetividad <sup>(27)</sup>; R. Sánchez y J. Echeverry (2004) agregan sensibilidad al cambio y utilidad <sup>(28)</sup>. La confiabilidad se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo sujeto u objeto produce resultados iguales o la capacidad de un instrumento para producir resultados consistentes cuando se repite en las mismas condiciones y se interpreta sin conocer sus resultados previos <sup>(29)</sup>; validez se refiere al grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir, mientras que objetividad se refiere al grado en que el instrumento es permeable a la influencia de los sesgos y tendencias de los investigadores que lo administran, califican e interpretan <sup>(27)</sup>. Sensibilidad al cambio hace alusión a si el instrumento detecta modificaciones de la realidad que mide y utilidad a la aplicabilidad del instrumento en el escenario real (si es fácil de confeccionar, aplicar y procesar) <sup>(28)</sup>.

A su vez la validez es un concepto del cual pueden tenerse diferentes tipos de evidencia:

a) Evidencia relacionada con el contenido: se refiere al grado en el que la medición representa al concepto o variable medida <sup>(27)</sup>.

b) Evidencia relacionada con el criterio: establece la validez de un instrumento de medición comparándola con algún criterio externo (gold estándar) que pretende medir lo mismo <sup>(27)</sup>.

c) Evidencia relacionada con el constructo: se refiere al grado en el que las mediciones del concepto proporcionadas por el instrumento se relacionan de manera consistente con otras mediciones de otros conceptos <sup>(27)</sup>.

d) Evidencia relacionada con la apariencia o validez de expertos: grado en que aparentemente un instrumento de medición mide la variable en cuestión, de acuerdo con “voces calificadas” <sup>(27)</sup>. R. Sánchez y J. Echeverry (2004) la definen como la aceptabilidad que puede tener la escala en el escenario de aplicación y depende de los juicios de expertos <sup>(28)</sup>.

La obtención de un test de fácil aplicación clínica permitirá al clínico y al investigador realizar una evaluación objetiva de los tratamientos odontológicos restauradores y ortodóncicos. Con el nuevo test se logrará demostrar al paciente las mejorías alcanzadas con los distintos tratamientos rehabilitadores, además ayudará al clínico a discernir entre distintos planes de tratamiento, todo esto desde una perspectiva en lo que al grado de trituración se refiere.

Se logrará elaborar un instrumento de medición que mida la función masticatoria en la amplia gama de pacientes que acuden a la atención dental: niños, adultos o ancianos, hombres o mujeres, desdentados completos, dentados completos

o dentados parciales; esto permitirá comparar los valores obtenidos por los distintos grupos.

Tomando en cuenta la disponibilidad de recursos financieros, humanos y materiales siempre limitados en nuestro medio, el método se ajustará a tales exigencias cumpliendo los requisitos en lo que a viabilidad o factibilidad se refiere.

La finalidad de este estudio enmarcado dentro del proyecto PRI-ODO/07/001 fue validar en una primera etapa un test basado en la metodología propuesta por A. Nakasima, K. Higashi y M. Ichinose (1989) adaptado a las condiciones de nuestro país. Se usó una muestra de pacientes desdentados completos portadores de prótesis removibles totales convencionales para verificar la objetividad, utilidad, validez de contenido y constructo del nuevo test, dejando para investigaciones futuras la opción de determinar la validez de criterio y apariencia, sensibilidad al cambio y confiabilidad de éste.

## ASPECTOS TEÓRICOS

### MASTICACIÓN

El sistema estomatognático es responsable de funciones vitales complejas como la masticación, deglución, respiración y fonación <sup>(30)</sup>.

La masticación se define como un grupo de fenómenos estomatognáticos diseñados para el procesamiento mecánico de la comida que incluye trituración y fragmentación del alimento en porciones más pequeñas, adecuadas para ser deglutidas. La trituración del alimento permite aumentar el contacto o área superficial de las partículas de comida con las secreciones digestivas y las lleva a una temperatura cercana a la corporal conduciendo así a procesos fisiológicos rápidos y satisfactorios <sup>(3,30,31)</sup>.

Cada ciclo masticatorio consiste en varios movimientos del alimento dentro de la cavidad oral y en la reducción mecánica del alimento con la mezcla de la secreción de las glándulas salivales facilitando la reducción de volumen y la deglución <sup>(30)</sup>.

Distintas etapas componen un ciclo: Después de la ingestión la comida es transportada desde la parte anterior de la boca a las superficies oclusales de los dientes posteriores (etapa I del transporte); el alimento es atrapado, cortado y triturado en un lado de la boca, modelado por la lengua, músculos y mejillas y luego transportado al otro lado de la boca donde finalmente fluye a través de la superficie interna de los dientes antero superiores (etapa de procesamiento). El alimento apropiadamente masticado y humedecido está listo para ser impulsado posteriormente

hacia la orofaringe (etapa II del transporte). Habiéndose acumulado en la orofaringe, el alimento es deglutido bajo la forma de un bolo <sup>(3,30)</sup>.

Durante la masticación las partículas de comida se reducen en tamaño, mientras la saliva humedece y lubrica los alimentos. El agua contenida en la saliva humedece las partículas de comida, mientras que las mucinas salivales aglutinan el alimento en un bolo unido y lubricado que puede ser fácilmente tragado. La textura y el sabor de la comida son percibidos y tienen influencia sobre el proceso de la masticación <sup>(3)</sup>.

El control de la masticación es ejercido por una actividad rítmica en el tronco cerebral que puede ser manipulado por los centros superiores y modificado por la información periférica. Entonces, además del control reflejo, el conocimiento puede influenciar la percepción alimenticia y la trituración en boca <sup>(3)</sup>.

La masticación depende del tipo de alimento y de su interacción con la saliva, los dientes y el sistema biomecánico. El deseo de deglutir el alimento puede ser desencadenado por un nivel umbral de tamaño de las partículas de comida como también por el grado de lubricación del bolo alimenticio. Durante la masticación es probable que mecanorreceptores gingivales sean estimulados, lo que permitiría la secreción salival. Con fuerzas masticatorias tan bajas como de un 5% de fuerzas masticatorias confortables, el reflejo masticatorio-salival podría ya ser estimulado <sup>(3)</sup>.

Existen muchos factores que determinan el resultado de la masticación. Los dientes forman la superficie oclusal donde las partículas de comida se fragmentan. Esta fragmentación depende del área oclusal y por ello del número de dientes

posteriores en oclusión. La fuerza masticatoria, también componente de la función masticatoria, es ejercida por los músculos elevadores mandibulares. La fuerza masticatoria depende del volumen muscular, actividad muscular mandibular y de la coordinación de varios músculos masticatorios. En pacientes con problemas en la articulación temporomandibular se espera que tengan una disminución de su función masticatoria <sup>(3)</sup>.

Hasta la fecha no se ha definido cual de los factores nombrados anteriormente es el más importante en la determinación de los resultados de la masticación <sup>(30)</sup>.

En personas de avanzada edad las funciones de masticación y deglución son importantes para ingerir una amplia variedad de alimentos y mantener estilos de vida saludables, así como también mejorar la calidad de vida. Muchas personas, sin embargo, pierden sus dientes naturales con la edad, conduciendo a una declinación en la función masticatoria que afecta la selección de los alimentos y el bienestar nutricional. Las personas recuperan la capacidad masticatoria con prótesis que restituyen los dientes, pero el grado de pulverización del alimento con prótesis está severamente disminuido <sup>(6,10)</sup>.

## FUNCIÓN MASTICATORIA

La definición de función masticatoria como se ha reportado en la literatura carece de consistencia, pues se han usado los términos habilidad masticatoria, eficiencia masticatoria y rendimiento masticatorio para referirse a un mismo concepto. Algunos autores han usado estas expresiones como sinónimos, mientras que otros han propuesto definiciones específicas para cada término <sup>(8)</sup>.

G. Boretti y M. Bickel (1995) se refieren a la función masticatoria como la respuesta subjetiva de los pacientes acerca de su masticación y su capacidad objetiva para masticar <sup>(8)</sup>.

G. E. Carlsson (1984) define habilidad masticatoria como la propia valoración de un individuo de su función masticatoria <sup>(8)</sup>.

J. F. Bates et al. (1976) definen rendimiento masticatorio como la distribución por tamaño de las partículas de comida al dar un cierto número de golpes masticatorios <sup>(8)</sup>. F. Al-Ali, M. R. Heath y P. S. Wright (1999) se refieren a él como la habilidad de un sujeto de triturar el alimento de prueba en un número de pequeñas partículas con un número de golpes masticatorios limitado <sup>(32)</sup>. A. van der Bilt y F. A. Fontijn-Tekamp (2004) toman al rendimiento masticatorio como el porcentaje en masa del alimento masticado que pasará a través de un tamiz estándar luego de un número de golpes masticatorios determinados <sup>(33)</sup>.

S. Ohta (1966) se refiere a la eficiencia masticatoria como la habilidad para aumentar el área del alimento masticado <sup>(13)</sup>, mientras que E. Helkimo, G. E. Carlsson y M. Helkimo (1978) la definen como la habilidad para triturar una cierta porción de



alimento de prueba durante un intervalo de tiempo determinado. G. E. Carlsson (1984) toma a la eficiencia masticatoria como la capacidad para reducir comida durante la masticación <sup>(8)</sup>. C. Escudeiro et al. (2006) definen eficiencia masticatoria desde una perspectiva más bien fisiológica, así correspondería a los ciclos apropiados con mecanismos fisiológicos compensatorios resultantes de un mecanismo sensorial de erupción y atrición desarrollado en diferentes edades, cuando la articulación temporomandibular y los músculos están en perfecta adaptación funcional <sup>(30)</sup>.

Con el propósito de unificar criterios conceptuales algunos autores han definido individualmente en forma diferenciada cada uno de los términos mencionados anteriormente y es así como R. S. Manly y L. C. Braley (1950) se refieren a la *eficiencia masticatoria* como al número de golpes masticatorios requeridos para lograr un nivel tipo de pulverización de un determinado alimento y al *rendimiento masticatorio* como al grado de trituración al que puede ser sometido un alimento con un número dado de golpes masticatorios <sup>(4,11)</sup>. Por *habilidad masticatoria* se entiende el concepto entregado por G. E. Carlsson (1984) mencionado anteriormente (propia valoración de un individuo de su función masticatoria). La definición de *función masticatoria* se usa para referirse en forma global a los términos de habilidad, eficiencia y/o rendimiento masticatorio.

## TEST MASTICATORIOS

La función masticatoria se puede evaluar por medio de *cuestionarios* o *entrevistas* personales para valorar la habilidad masticatoria de un individuo (valoración subjetiva), mientras que los *test de masticación* logran proporcionar información sobre eficiencia y rendimiento (valoración objetiva) <sup>(8,9,34,35)</sup>.

Los estudios que utilizan cuestionarios o entrevistas para evaluar la función masticatoria (G. Agerberg y G. E. Carlsson, 1981; T. Osterberg y B. Steen, 1982) carecen lamentablemente de la objetividad necesaria para poder ser completamente válidos y confiables <sup>(7,8)</sup>. La evaluación objetiva de la función masticatoria se puede hacer con los test de masticación; esta metodología puede usarse en forma efectiva siempre y cuando el método sea estandarizado <sup>(8,9)</sup>.

Es importante señalar que si bien algunos autores han encontrado una correlación significativa entre los test masticatorios subjetivos y los objetivos, hay otros que han refutado esta postura, hallando una muy débil e incluso inexistente correlación entre ambos <sup>(3,8,9,35)</sup>.

Se han utilizado distintos test masticatorios a lo largo de la historia. Entre los más utilizados, el tamizado fraccional como técnica para separar la comida después de ser masticada por un cierto período de tiempo, se ha usado desde 1924 y aún se considera un método viable <sup>(8)</sup>. Consiste en que el individuo mastica una porción medida de alimento de prueba con un número determinado de golpes masticatorios o por un cierto período de tiempo. Luego se recupera el alimento test y se cuela a través de un tamiz. Se determina la masa o volumen de alimento remanente en el colador y el

que pasa a través de él. La tasa de rendimiento masticatorio se define como la masa o volumen de alimento que pasa por el cedazo dividido por la masa o volumen total de comida recuperada, expresado como un porcentaje <sup>(6)</sup>.

Uno de los primeros intentos por crear un método que permita medir la función masticatoria es el de S. E. Gelman (1933). Determina el rendimiento masticatorio solicitándole a un sujeto a masticar una porción de 5 gramos de avellanas por 50 segundos sin instruirle el lado de la boca a usar. El alimento pulverizado es expectorado en un recipiente y tamizado a través de una gasa. Las partículas remanentes sobre la gasa se secan sobre un baño de agua por 40 minutos. Se filtran las partículas agitando la masa seca sobre un tamiz con una malla de 2.4 mm de apertura. Se masan las partículas que permanecen sobre el colador y se calcula el porcentaje de ellas en relación a la masa total del alimento ingerido. El coeficiente de eficiencia masticatoria se determina al restarle el valor obtenido a 100 <sup>(36)</sup>.

P. C. Carman (1938) desarrolló un método en el cual el aumento del área superficial es calculado por la disminución en la presión de aire comprimido al pasar a través del material triturado <sup>(13)</sup>.

En 1942 B. Dahlberg plantea un nuevo método. Ensaya distintos materiales de prueba incluyendo clara de huevo hervida, zanahoria, caucho y gelatina decidiendo finalmente utilizar gelatina <sup>(37)</sup>. Le pide al paciente que mastique un pedazo de gelatina endurecida en formalina de 10.6 mm<sup>3</sup> con 40 golpes masticatorios sin indicarle el lado de la boca a usar. La gelatina masticada es transferida a un aparato donde se cuela a través de 10 tamices con mallas con aperturas de 1 a 10 mm. Terminado este proceso

se cuenta el número de partículas de cada cedazo. Se usa una fórmula especial para determinar el volumen total de las porciones, su área superficial y finalmente el coeficiente de masticación, calculado como superficie por unidad de volumen (milímetros cuadrados y cúbicos) <sup>(36)</sup>.

Este autor listó un número de requisitos de un material de prueba ideal:

I. Debe asemejarse a un alimento natural, es decir, que no sea tan fácil de masticar como para poder ser triturado por los rebordes alveolares, pero tampoco tan difícil como para que las personas con una pobre dentición no puedan participar del test <sup>(37)</sup>.

II. No se debe abultar o disolver en agua o saliva y se debiera pulverizar de tal manera que el grado de pulverización se pueda establecer claramente <sup>(37)</sup>.

III. No se debe fragmentar a través de líneas de clivaje predeterminadas o ser duro o pegajoso <sup>(37)</sup>.

IV. Debe ser posible de estandarizar, ser no perecible y de buen sabor o insípido <sup>(37)</sup>.

Uno de los test que ha soportado la prueba del tiempo, siendo utilizado desde hace muchos años en una amplia escala en los trabajos de muchos investigadores, es el test R. S. Manly y L. C. Braley (1950). Éste utiliza maní salado como alimento de prueba y el resultado se obtiene a través de una filtración fraccional con un solo tamiz <sup>(36)</sup>. 15 gramos de maní son divididos en 5 porciones de 3 gramos cada una. Cada porción es sometida a 20 golpes masticatorios y después introducida en un solo contenedor, agitada para romper las aglomeraciones y lavada con 500cc de agua por

un tamiz de malla con aperturas de 1.7 mm. Las partículas que permanecen en la malla y las partículas que pasan por el tamiz son filtradas en hojas separadas de papel filtro. Cada fracción obtenida es secada en un horno a 100° C por 3 horas, transferida a un desecador por 2 horas y luego masada. El rendimiento masticatorio se calcula como el porcentaje del alimento masticado masado que pasa por el tamiz en relación con el total de alimento masado recuperado de la boca <sup>(11,36)</sup>. Se les permite a los individuos triturar las porciones del alimento de prueba a su propia y habitual manera, sin ninguna instrucción como el lado de la boca a utilizar para masticar <sup>(36)</sup>.

Un par de meses posterior a esta publicación A. Yurkstas y R. S. Manly (1950) proponen modificaciones al método planteado originalmente por uno de los autores. Ellos plantean la posibilidad de someter las partículas que permanecen en la malla y las que pasan por el tamiz a un proceso de centrifugación con el fin de separar el contenido líquido del material de prueba y de esta manera determinar el rendimiento masticatorio como el volumen de partículas que pasan por el tamiz dividido por el volumen total de alimento colectado de la boca. Logran introducir un método alternativo al sistema de masado. Ellos simplifican el método anterior sometiendo 3 porciones de 3 gramos cada una (en total 9 porciones de maní) a la masticación. Además prueban 35 distintos alimentos naturales como material de prueba y proponen al jamón, a las ciruelas secas y zanahorias como otros materiales válidos alternativos al maní <sup>(12)</sup>.

En 1963 S. Loos crea un método utilizando almendras como material de prueba las que se analizan luego de ser trituradas al ser esparcidas en papel cuadriculado <sup>(38)</sup>. Este procedimiento es posteriormente modificado por E. Helkimo, G. E. Carlsson y M.

Helkimo (1978). Estos últimos procesaron las almendras usando un tamiz y clasificaron la eficiencia en una escala del 1 al 5, siendo 1 una muy buena y 5 una muy pobre habilidad para reducir las partículas del alimento de prueba <sup>(39)</sup>.

K. K. Kapur, S. D. Soman y A. Yurkstas en 1964 prueban la utilidad de la zanahoria como alimento de prueba. Utilizan un sistema en el que el sujeto mastica tres porciones previamente medidas de alimento de prueba un número de golpes masticatorios específicos (20 golpes para maní y 40 para zanahorias). El alimento se recupera y se tamiza a través de un cedazo de malla estandarizada (1.7 mm para maní y 4 mm para zanahoria). Se determina el volumen de alimento remanente en el tamiz y el que pasa a través de éste. La tasa de rendimiento masticatorio se define como el volumen de alimento que pasa por el tamiz, dividido por el volumen total de partículas recuperadas, expresado como porcentaje <sup>(10)</sup>.

A. F. Käyser y J. S. van der Hoeven el año 1977 crean un método basados en la tinción presente naturalmente en las zanahorias crudas que se libera al someter el vegetal a la masticación. Esta tinción se puede determinar espectrofotométricamente a una longitud de onda determinada. El sujeto es instruido a masticar un trozo de zanahoria de 3 gramos con un número determinado de golpes. Todo el material triturado durante el proceso más la saliva acumulada se expectora en un cilindro graduado. Luego se le agrega agua y se agita con magneto. Posteriormente todo el contenido se coloca sobre papel filtro y el filtrado se analiza en espectrofotómetro. Calculan la absorbancia por gramo de zanahoria y el resultado lo expresan como porcentaje de la máxima cantidad de tinte que puede ser liberado desde el vegetal <sup>(38)</sup>.

Los alimentos naturales utilizados en estos estudios han sido escogidos por tener poca variabilidad y, por lo tanto, ser buenos indicadores de diferencias entre las formas oclusales al masticar <sup>(9)</sup>. Estos alimentos tienen la ventaja de que al ser consumidos habitualmente, los sujetos que realizan el test están acostumbrados a masticarlos <sup>(40)</sup>, pero es difícil garantizar que estos alimentos tengan las mismas propiedades físicas en cada ocasión. Se deben considerar ciertos factores como la época de cosecha, año e incluso el país de procedencia. Estos materiales se disuelven rápidamente en saliva o agua, así una parte de ellos puede perderse al tragar y otra al momento de filtrarse luego de ser removidos de la boca. Debido al contenido de agua, el grado de pulverización también varía cuando las fracciones se secan para ser masadas <sup>(10)</sup>. Es por esto que los alimentos usados en los test de masticación variaron e incluyeron alimentos artificiales. Dentro de las ventajas del alimento de prueba artificial es que no tiene sabor ni olor, además de tener propiedades físicas constantes <sup>(6,10)</sup>.

J. Edlund y C. J. Lamm (1980) proponen el uso de una silicona de condensación (de impresión) como material de prueba. Ellos escogieron un producto llamado Optosil® que luego cambió a CutterSil®. CutterSil® tiene muy poco sabor y olor, no se afecta con el agua, y se puede almacenar por 7 días sin perder estabilidad dimensional. Adicionalmente no tiene líneas de clivaje predeterminadas, se puede examinar fácilmente después de la masticación y se puede conformar fácilmente con tamaños y masas estándares. Eso sí se le debe dar gran atención a la mezcla del material, pues es un paso trascendental para obtener propiedades estandarizadas,

especialmente de dureza <sup>(41)</sup>. El método original de J. Edlund y C. J. Lamm (1980) ha sido modificado por diversos autores: S. M. Omar, J. D. McEwen y S. A. Ogston (1987); K. C. Julien et al. (1996) y P. H. Buschang et al. (1997) <sup>(41)</sup>. Instruyen a los sujetos a masticar la porción de prueba previamente masada, de 5 mm de grosor y de 20 mm de diámetro lo más completamente posible con 20 golpes masticatorios. Se les permite masticar uni o bilateralmente. El bolo es expectorado en una copa plástica, el paciente se enjuaga con agua (100 mL) y es examinado por el operador para cerciorar la ausencia de partículas remanentes. Este proceso se repite 5 veces. Se retira con papel filtro el agua y la saliva de las partículas y luego se introducen en un horno para ser secadas. Luego se colocan las partículas en un sistema de tamices (con aperturas de 5.6 mm, 4 mm, 2.8 mm y 2 mm) con vibrador por 120 segundos. Finalmente mediante un índice de eficiencia masticatoria se calcula el rendimiento masticatorio caracterizado por la distribución del material de prueba en las distintas fracciones <sup>(37,42)</sup>.

En 1982 M. R. Heath desarrolla un método usando goma de mascar. Utiliza un rectángulo de 1 gramo de una goma de consumo popular en su país (Wrigley's Doublemint® o Wrigley's Freedent Peppermint®) que es sometida a 20 golpes masticatorios por parte del paciente. La goma de mascar es recuperada disecada y masada nuevamente. Luego se calcula la eficacia masticatoria con el porcentaje de azúcar extraído. Este test probó ser de fácil aplicación y de aceptación popular <sup>(43)</sup>. Además este test evita las molestias ocasionadas por las partículas de algunos alimentos de prueba al introducirse bajo la base protésica, permite recuperar el material de prueba en su totalidad y discrimina entre distintos tipos de denticiones.



Pero, si bien las gomas de mascar manufacturadas tienen la gran ventaja de ser estandarizadas, lamentablemente la composición es a veces reformulada. Además existe una estrecha correlación entre la tasa de secreción salival del paciente y los valores de eficacia obtenidos <sup>(44)</sup>.

En 1982 H. S. Gunne et al. idean un nuevo método. Utilizan 3 cubos de gelatina endurecida en formalina de 2 cm<sup>3</sup> que contienen un pigmento: fucsina. El primer cubo es masticado por el paciente por 10 segundos (de entrenamiento), el segundo cubo por 20 segundos y el tercer cubo hasta sentir que ya puede ser deglutido. El paciente puede masticar de la forma que desee. El supervisor cuenta el número de golpes masticatorios a los que son sometidos los cubos. A continuación se tamiza la sustancia masticada a través de una serie de 5 cedazos con mallas de distinta apertura (7.85, 5.80, 3.80, 3.10 y 2.30). Así se obtienen 5 fracciones por cada trozo de prueba, almacenados en recipientes de vidrio que se colocan en un horno a 110° C por 20 horas. Se determina entonces la masa seca del material de prueba y luego la masa se convierte en porcentaje de la masa original <sup>(45)</sup>.

Un año más tarde H. S. Gunne (1983) modifica su método publicado previamente. Los cubos de gelatina endurecida en formalina (con eritrosina en vez de fucsina) después de ser masticados se ponen en un tinte soluble en agua; el tinte difunde en las partículas y, por lo tanto, la concentración del tinte en la solución circundante disminuye. Así la variación en la concentración de la solución de tinción circundante va a ser proporcional al área de las partículas. Como el área es una medida de la trituración del material de prueba, el cambio en la concentración de tinte

se puede usar para calcular la eficiencia masticatoria. Para esto se usó un espectrofotómetro <sup>(46)</sup>.

En 1984 L. W. Olthoff et al. describen un método para medir el rendimiento masticatorio basado en el análisis detallado de la trituración de las partículas de alimento durante la masticación en función del número de golpes utilizados. Utilizan Optosil® como alimento de prueba y un método de tamizado estandarizado. La distribución por tamaño de las partículas alcanzado por los sujetos dentados se puede describir con una función matemática. A. van der Bilt et al. en 1987 publican un trabajo en el que describen este modelo matemático <sup>(47,48,49)</sup>.

En 1992 A. P. Slagter et al. reducen el tamaño del cubo de Optosil® y la cantidad de porciones ofrecidas utilizados por L. W. Olthoff et al. (1984) para poder comparar la trituración de portadores de prótesis totales con individuos con dentadura natural. Utilizan el método por tamizado en el procesamiento de las muestras <sup>(50)</sup>. En 1993 A. P. Slagter, F. Bosman y A. van der Bilt demuestran que Optocal®, un material de prueba basado en componentes similares a Optosil®, es más fácil de triturar (posee una baja resistencia a la fractura) y, por lo tanto, más adecuado para medir el rendimiento masticatorio en pacientes portadores de prótesis totales <sup>(51)</sup>.

La determinación del grado de fraccionamiento usando un sistema de tamices incluyen secado, filtrado, masado y análisis. Son complicados y consumen mucho tiempo y, por lo tanto, no son adecuados para el uso clínico de rutina <sup>(6,10)</sup>. Además, otro de los errores de este sistema, es que la determinación del rendimiento

masticatorio se basa en el porcentaje de masa seca del material masticado restante en el cedazo <sup>(10)</sup>.

Como método alternativo al tamizado, en 1993 A. van der Bilt et al. proponen el escaneo óptico de las partículas de prueba (Optosil®) con una cámara digital y un sistema de procesamiento de datos que analiza el diámetro de cada una de las partículas trituradas <sup>(52)</sup>. Ese mismo año F. Mowlana y R. Heath utilizan un alimento de prueba natural como son las almendras envueltas en sacos de caucho para evitar la pérdida que ocurre tradicionalmente con el material de prueba y para aislar las partículas masticadas de la acción de la saliva para prevenir la cohesión; analizan la trituración de las partículas utilizando el escaneo óptico <sup>(32,53)</sup>.

En comparación con el tamizado, el análisis de imagen de las partículas trituradas ofrece considerables ventajas como mayor simplicidad, velocidad, exactitud, reproducibilidad e higiene, tanto durante la aplicación del test como durante el procesamiento de las muestras. Es de fácil empleo para el paciente y para el examinador y le permite al examinado comprender fácilmente en forma visual los resultados del test. Este método es muy práctico para medir una gran cantidad de muestras <sup>(7,8,54)</sup>. Posee eso sí la desventaja de requerir separar las partículas del alimento unas de otras antes del escaneo y por ello consume bastante tiempo cuando existen muchas partículas; además el escaneo óptico sólo se puede aplicar en un pequeño número de partículas mayores a 1 mm de diámetro <sup>(32,55)</sup>.

En 1996 Y. Matsui et al. y luego en 1998 I. Hayakawa et al. investigan la utilidad para medir rendimiento masticatorio de una goma de mascar que varía de color. Los

cambios de color que sufre la goma luego de ser masticada son medidos con el espacio de color  $L^*a^*b^*$  definido por la *Commission Internationale de l'Eclairage* mediante el uso de un aparato que mide características ópticas. Desarrollan una escala de color y valores numéricos para evaluar fácilmente el cambio de color <sup>(56,57)</sup>. El año 2003 H. Sato et al. basados en el trabajo de Hayakawa et al. (1998) usan unos cubos de cera de parafina de 12x12x12 mm de dimensión, con 6 capas coloreadas de rojo alternadas con otras 6 coloreadas de verde, que deben ser mantenidos en una incubadora a 37° C justo antes de ser usados. Luego se entregan al paciente para que los mastique un número determinado de veces según su masticación habitual. Una vez recuperadas, las muestras trituradas son analizadas mediante un análisis de imagen digital. Se toman imágenes de los cubos molidos con una cámara digital y con un analizador de imagen conectado a la máquina se observan parámetros colorimétricos y morfológicos, los que permiten determinar el rendimiento masticatorio <sup>(7)</sup>.

En 1997 J. Huggare y B. Skindhøj realizando un trabajo similar al de H. S. Gunne (1983), proponen un método en el que incorporan un agente de enlace catiónico en el material de prueba (compuesto por cera y sulfato de bario) siendo este último masticado libremente con 10 golpes y luego lo introducen en un filtro de fibra de vidrio sobre un embudo. Luego de la filtración las partículas y el filtro son transferidas a un recipiente con solución de eritrosina con sustancias aniónicas. El colorante de la solución se adhiere a la superficie de las partículas de material triturado como un complejo insoluble. La absorción de color es proporcional al área superficial total del material masticado y al rendimiento masticatorio. La absorción de colorante se

determina espectrofotométricamente como la diferencia en la absorbancia entre la solución de color estándar y la solución de color tratada con el material de prueba <sup>(55)</sup>.

En el año 2003 S. Okiyama, K Ikebe y T. Nokubi determinan el rendimiento masticatorio con el aumento de gelatina disuelta desde la superficie de unas gelatinas gomosas usadas como material estandarizado de prueba. Los sujetos son instruidos a masticar la gelatina gomosa con 20 golpes masticatorios en su lado preferido de masticación (izquierdo o derecho) y a expectorar el bolo de partículas trituradas lo más cuidadosamente posible sobre una gasa. Las partículas colectadas se lavan con agua corriente por más de 30 segundos para remover la saliva. Se utiliza agua a 20° C, lo suficientemente fría como para prevenir la disolución de la gelatina. Luego se remojan las partículas con 100 mL de agua destilada a 30-35° C y se agitan por 60 segundos. Posteriormente se toma una muestra del fluido sobrenadante de la solución, se diluye hasta 20 veces su volumen en agua destilada y se mide la concentración de gelatina disuelta con un espectrofotómetro. Primero se agregan 0.3 mL de un compuesto químico a cada muestra para aumentar la sensibilidad al colágeno por el método de Bradford de ensayo proteico de unión a tinción. Luego se agregan a la solución 0.6 mL de reactivo de tinción de prueba proteica. Se usa agua destilada (2.4 mL) de la misma manera como control. Luego de una incubación a temperatura ambiente por 30 minutos, la concentración de cada muestra de tinción es medida con un espectrofotómetro a 650 nm de longitud de onda <sup>(31)</sup>.

En el año 2006 K. Ikebe et al. basados en el método de S. Okiyama, K Ikebe y T. Nokubi (2003) determinan el rendimiento masticatorio con la concentración de

glucosa disuelta obtenida desde las gelatinas gomosas usadas como material estandarizado de prueba. Los sujetos son instruidos a masticar la gelatina gomosa con 30 golpes masticatorios en su lado preferido de masticación (izquierdo, derecho o ambos) y a expectorar el bolo de partículas trituradas lo más cuidadosamente posible. Las partículas colectadas se lavan con agua corriente por más de 30 segundos para obtener un valor exacto. Luego se remojan con 15 mL de agua destilada y se agitan. Posteriormente se toma una muestra del fluido sobrenadante de la solución y se mide la concentración de glucosa disuelta de la gelatina gomosa fraccionada con un medidor de glucosa sanguíneo portable. El rendimiento masticatorio se determina al calcular el área superficial de las partículas desde la concentración de glucosa <sup>(58,59)</sup>.

En el año 2007 M. Schimmel et al. deciden simplificar la etapa del análisis de las gomas de mascar trituradas. Proponen sustituir los complejos y caros programas computacionales usados para analizar las muestras sometidas a la masticación por uno de fácil accesibilidad comercial como lo es Adobe Photoshop®. Sus resultados avalan la utilización de este producto para el análisis de muestras <sup>(34)</sup>.

Otro método para evaluar la función masticatoria es la medición de la fuerza masticatoria. Este es un método indirecto basado en el supuesto de que la función se correlaciona con la fuerza masticatoria <sup>(8)</sup>. Un estudio reciente mide la fuerza masticatoria usando láminas sensibles a la presión (Dental Prescale® 50H; GC Co. Ltda., Tokyo, Japón) que muestran variaciones en el color dependiendo de la fuerza de presión oclusal aplicada. La fuerza oclusal se determina con la suma de los distintos

grados de coloración y la zona en cada punto de contacto (Occluzer® FPD703; GC Co. Ltda.)<sup>(6)</sup>.

En 1989 A. Nakasima, K. Higashi y M. Ichinose diseñaron un método en que el material de prueba debe tener propiedades físicas constantes, ser insoluble en agua y que el grado de fraccionamiento puede ser claramente establecido. Además todo el material masticado en boca debe poder recuperarse fácilmente. Posteriormente el análisis de laboratorio debe ser simple<sup>(13)</sup>.

Los autores propusieron utilizar una cápsula de látex rellena de un granulado sintético que es masticada por el paciente con 15 golpes masticatorios (uno por segundo); así los gránulos se fracturan y se libera el pigmento rojo dentro de la cápsula en proporción a la energía usada. Luego se calcula el rendimiento masticatorio midiendo la concentración de colorante contenida en las cápsulas en una solución de agua mediante un espectrofotómetro<sup>(13)</sup>.

Los gránulos especialmente diseñados para el estudio, tienen propiedades físicas estables y permanecen inmunes a la humedad dentro de las cápsulas de caucho, así se puede recuperar para ser medido el 100% de la masa original. La cápsula es insípida e inodora y se parece a goma de mascar, pudiendo ser masticada por personas con distintas condiciones dentales y orales. Lamentablemente la cápsula de caucho no representa todos los alimentos de varios tamaños, formas y rigidez, por lo tanto, sólo se puede evaluar un aspecto de la masticación<sup>(13)</sup>.

## FACTORES QUE AFECTAN LA FUNCIÓN MASTICATORIA

Los test masticatorios nos han permitido conocer el grado en que se ve afectada la función masticatoria por distintos factores.

### **Piezas Dentarias**

Muchos factores relacionados con la dentición se conocen por tener una considerable influencia en el rendimiento masticatorio, como son el número de dientes y la pérdida y restauración de los dientes posteriores <sup>(3,58)</sup>. Existe una clara correlación entre el estado de la dentición y el rendimiento masticatorio determinado a través de test de masticación <sup>(3)</sup>.

Usando cuestionarios G. Agerberg y G. E. Carlsson (1981) encontraron que la función masticatoria está estrechamente relacionada al número de dientes residuales. <sup>(3,8)</sup>. Se encontró que la habilidad masticatoria disminuye significativamente con el aumento de pérdida de dientes <sup>(3)</sup>. T. Uchida (1991) señala que la habilidad masticatoria está subjetivamente asociada con la calidad de la dentición <sup>(8)</sup>.

### **Oclusión**

El número de pares de dientes en oclusión han sido correlacionados positivamente con el rendimiento masticatorio. El área oclusal funcional es un determinante de rendimiento masticatorio aún más importante que la superficie oclusal <sup>(60)</sup>.



Un estudio llevado a cabo por J. D. English, P. H. Buschang y G. S. Throckmorton (2002) evaluó el efecto de la maloclusión sobre el rendimiento masticatorio. Ellos concluyeron que la maloclusión afecta negativamente la habilidad para procesar y triturar los alimentos <sup>(40,61)</sup>. En un estudio posterior realizado por A. Toro et al. (2006) con niños de 6, 9, 12 y 15 años de edad observaron que la maloclusión afecta negativamente el rendimiento masticatorio, pero que los índices oclusales no son buenos predictores de rendimiento masticatorio <sup>(42,62)</sup>.

P. I. Ngom et al. (2007) concluyen que además de las consideraciones estéticas, una indicación de tratamiento ortodóncico puede ser corregir las relaciones oclusales para mejorar la función masticatoria <sup>(63)</sup>.

### **Articulación Temporomandibular**

Uno de los problemas más importantes en pacientes con desórdenes temporomandibulares (TMD) es el decaimiento de la función masticatoria <sup>(3)</sup>. En un estudio realizado por I. Peroz y S. Tai (2002) en pacientes con desplazamiento discal anterior sin reducción se observó que presentaron menor rendimiento masticatorio que el grupo control <sup>(64)</sup>. También M. B. Duarte Gavião et al. (2006) investigando en niños demostró que aquellos con TMD obtuvieron menores valores de rendimiento masticatorio que su grupo control <sup>(65)</sup>.

Pero pacientes con TMD por más de 3 años tendieron a mostrar una menor reducción en su rendimiento masticatorio <sup>(3)</sup>.

El puntaje de la habilidad masticatoria está significativamente relacionado con el dolor temporomandibular y la capacidad de apertura bucal, pero no con el ruido temporomandibular y la suavidad muscular <sup>(3)</sup>.

### **Fuerza Masticatoria**

Fontijn-Tekamp et al. (2000) reportaron una correlación significativa entre la fuerza masticatoria máxima y eficiencia masticatoria entre todos los individuos investigados (sobredentaduras, prótesis totales y dentición natural). S. Okiyama, K. Ikebe y T. Nokubi (2003) señalan que una mayor fuerza oclusal máxima está asociada con un mayor rendimiento masticatorio <sup>(31)</sup>. T. Uchida (1991) señala que la habilidad masticatoria está subjetivamente asociada con la fuerza de apriete máxima <sup>(8)</sup>.

Estudios previos han mostrado que los individuos usualmente usan sólo un cierto porcentaje de su máxima fuerza masticatoria durante la masticación; así, un sujeto con una gran fuerza muscular va también a utilizar más fuerza mientras mastica, especialmente alimentos duros. Esto indica que una gran fuerza masticatoria puede conducir a una mejor fragmentación de los alimentos <sup>(3)</sup>.

M. Tatematsu et al. (2004) señalaron en su trabajo que la fuerza masticatoria tuvo una significativa correlación con el número de piezas remanentes y que la fuerza masticatoria de un grupo de individuos con 20 o más dientes y 10-19 dientes fue significativamente mayor a la del grupo de sujetos con 1-9 dientes y edéntulos <sup>(6)</sup>. Así se podría establecer una relación entre fuerza y función masticatoria, al haberse

demostrado anteriormente la relación existente entre número de piezas dentarias y función masticatoria.

### **Género y Edad**

M. Tatematsu et al. (2004) señalan también que los hombres producen una fuerza masticatoria (283.0 N) significativamente mayor que las mujeres (191.6 N), pero que no hay diferencias significativas en la habilidad masticatoria determinada en mujeres y hombres. El valor promedio de máxima fuerza masticatoria en sujetos de 80 años de edad fue de 230.1 N, lo que corresponde a cerca de un tercio del valor obtenido de adultos dentados completos sanos <sup>(6)</sup>.

En un estudio realizado por J. P. Hatch (2001) y F. A. Fontijn-Tekamp (2004) se demostró que el rendimiento masticatorio se influencia significativamente por la dentición y la fuerza muscular, pero no por edad o género <sup>(3,40,66)</sup>.

J. D. English, P. H. Buschang y G. S. Throckmorton (2002) señalan en un estudio en el que tomaron pacientes entre 7 y 37 años que no hubo diferencias estadísticamente significativas en los valores de rendimiento masticatorio obtenidos al dividir su muestra por edad e índice de masa corporal <sup>(61)</sup>.

En el estudio realizado por A. Toro et al. (2006) (en niños) observaron que el rendimiento masticatorio aumenta con la edad y que tendría una relación con el tamaño corporal. Las variaciones con la edad estarían parcialmente relacionadas con la maduración dental. No hallaron diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento masticatorio registrado al dividir los grupos por género <sup>(62)</sup>.

La influencia de la edad en la función masticatoria se ve actualmente como el resultado de una acumulación de alteraciones sobre las estructuras y la función orofacial <sup>(58)</sup>.

### **Secreción Salival y Características del Alimento**

Las características de los productos y la cantidad de saliva afectan el rendimiento masticatorio <sup>(3)</sup>.

Se ha observado que la tasa de secreción salival se correlaciona significativamente en forma inversamente proporcional con el número de golpes masticatorios requeridos para triturar algunos alimentos <sup>(67)</sup>. A. van der Bilt et al. (2007) agregan fluidos a los alimentos y observan que con ello se reduce significativamente el número de golpes masticatorios antes de deglutir <sup>(68)</sup>.

El número de golpes masticatorios y, por lo tanto, el tiempo requerido en boca para deglutir, aumenta significativamente luego de secar experimentalmente la boca <sup>(3,58,68)</sup>. En alimentos secos como galletas, la adición de 5 mL de agua a la comida reduce significativamente la actividad muscular y el número de ciclos masticatorios hasta deglutir <sup>(3)</sup>.

La comida tiene una influencia considerable en la masticación. Se ha reportado una clara relación entre la actividad muscular y las propiedades de los alimentos. El número de ciclos masticatorios que preceden la primera deglución están también relacionados con el tipo de comida <sup>(3)</sup>.

Las comidas duras y secas requieren más ciclos masticatorios y mayor tiempo de permanencia en boca antes de tragar para que exista una suficiente trituración y suficiente saliva para formar un bolo apropiado para deglutir <sup>(3,67,69)</sup>.

Se puede sospechar que el sabor de la comida también tiene una influencia considerable en el proceso masticatorio; es desilusionante encontrar que existe una falta de estudios y, por lo tanto, de información relacionada con este tema. Un estudio reciente mostró que un incremento en el sabor amargo de un gel hecho de gelatina causa una disminución significativa del número de ciclos masticatorios. Esto sugiere que la influencia del sabor en el proceso masticatorio tiene una relación con la tasa de secreción salival <sup>(3)</sup>.

La textura de la comida modifica las fuerzas masticatorias, los movimientos mandibulares, la duración del ciclo masticatorio y el número de ciclos que preceden la primera deglución. La tasa de secreción salival puede estar también relacionada a la textura de la comida <sup>(3)</sup>.

En un sujeto, para un tipo específico de comida, el número de ciclos masticatorios requeridos para preparar la comida para deglutir se ha visto que es preferentemente constante, mientras que se ha visto entre distintos individuos amplias variaciones en el número de ciclos masticatorios antes de tragar. También se ha observado que individuos que usan un pequeño número de ciclos masticatorios para un alimento, también usan un pequeño número para todos los demás tipos de alimentos <sup>(3)</sup>.

Además respecto al tamaño del bolo alimenticio y a la velocidad de masticación, P. H. Buschang et al. (1997) demuestra que al disminuir el tamaño del bolo y la velocidad de masticación se incrementa el rendimiento masticatorio <sup>(70)</sup>. El tamaño del bolo no influencia el rendimiento masticatorio si el número de ciclos masticatorios por gramo se mantiene constante <sup>(11)</sup>. La reducción del tamaño de la partícula disminuye exponencialmente con el aumento del tamaño del bolo <sup>(70)</sup>.

El rendimiento masticatorio también determina el tipo de alimentos que escoge una persona para comer <sup>(70)</sup>.

### **Prótesis Removible**

Diversos estudios demuestran que la función masticatoria se reduce en los individuos portadores de prótesis removible, los que alcanzan sólo un 25% del rendimiento masticatorio de los dentados <sup>(3,40)</sup>. Los portadores de prótesis totales requieren sobre 7 veces más golpes masticatorios que los que necesita un individuo con dentición natural completa para reducir el alimento a la mitad de su tamaño original <sup>(71)</sup>.

K. K. Kapur y S. D. Soman (1964) encontraron que los portadores de prótesis tienen cerca de un sexto del rendimiento masticatorio de los individuos con dientes naturales <sup>(10,72)</sup>. Bates et al. (1976) señala que la eficiencia masticatoria disminuye con el deterioro de la oclusión natural y que el menor rendimiento se registra en sujetos portadores de prótesis totales <sup>(8)</sup>. M. R. Heath (1982) ha reportado que la eficiencia masticatoria de los pacientes con prótesis totales es de sólo un 16% a un 50% de la de

los individuos dentados completos. W. A. Mahmood et al. (1992) señala que los sujetos dentados tienen significativamente mayor eficiencia masticatoria que los portadores de prótesis totales <sup>(8)</sup>.

Un estudio realizado por E. Helkimo, G. E. Carlsson y M. Helkimo (1978) también demuestra que los portadores de prótesis poseen una significativa menor eficiencia masticatoria que los pacientes con dentición natural, y que los primeros necesitan más tiempo para masticar antes de tragar el bolo, lo que también es anunciado en los estudios realizados por H. S. Gunne (1985) quien reporta que los individuos con prótesis totales y parciales compensan la menor eficiencia masticatoria aumentando el número de golpes masticatorios <sup>(8)</sup>.

L. J. Pereira, M. B. Duarte Gaviao y A van Der Bilt (2006) explican en su artículo que se ha pensado que individuos con dentición incompleta y, por lo tanto, con un reducido rendimiento masticatorio, en promedio usan más golpes masticatorios para preparar la comida para deglutirla que sujetos con una dentición natural completa. Ellos compensarían su reducida capacidad al masticar por más tiempo, pero esto podría no prevenirles deglutir partículas de comida más grandes. Sin embargo, se ha visto recientemente que sujetos con un bajo rendimiento masticatorio no necesariamente mastican por más tiempo antes de deglutir que individuos que tienen un mejor rendimiento masticatorio. Como consecuencia, los sujetos con un rendimiento masticatorio alto van, en promedio, a deglutir partículas de comida más finas (de tamaño medio cercano a 1 mm) que las personas con un menor rendimiento (partículas de tamaño medio de 3 mm aprox.) <sup>(3,68)</sup>.

B. Liedberg, K. Stoltze y B. Owall (2005) concluyen en su trabajo que el número de golpes masticatorios hasta deglutir es el mismo en pacientes portadores de prótesis removible parcial y dentados completos <sup>(72)</sup>.

Estudios que midieron la fuerza masticatoria demostraron que pacientes portadores de prótesis en comparación con pacientes dentados completos poseen una fuerza masticatoria sustancialmente menor <sup>(6,8)</sup> y por ende de la función masticatoria. Las fuerzas masticatorias máximas, medidas bilateralmente a nivel de premolares alcanzan en promedio 220 N en sujetos con prótesis convencionales y cerca de 340 N en individuos portadores de prótesis implanto soportadas. Las personas con dentición completa tienen un máximo de fuerza masticatoria de cerca de 500 N <sup>(3)</sup>.

P. Vinton y R. S. Manly (1955) demostraron que durante los primeros 6 meses luego de instalar prótesis totales a pacientes desdentados completos mejoró algo el rendimiento y la eficiencia masticatoria. Esta mejora, no obstante, no se encontró en pacientes que portaban previamente prótesis. H. S. Gunne et al. (1982) no encontró diferencias significativas cuando los pacientes cambiaron sus prótesis antiguas por unas nuevas durante los primeros 18 meses post instalación. L. W. Lindquist y G. E. Carlsson (1982) estudiaron la eficiencia y habilidad masticatoria en pacientes con problemas en la adaptación de sus prótesis; estos pacientes fueron tratados con prótesis nuevas y óptimas, pero así como con la mayoría de otros investigadores no se observaron mejoras significativas en la habilidad masticatoria <sup>(8)</sup>.



El área basal de la base protésica influencia enormemente la eficiencia masticatoria, sugiriendo que la eficiencia masticatoria en portadores de prótesis totales se limita por el propio reborde residual, tanto por su área basal como por su volumen y altura <sup>(73)</sup>.

Características propias de la confección de las prótesis logran influenciar el rendimiento masticatorio. Se ha reportado que la posición vestibulo-lingual y súpero-inferior y la inclinación antero-posterior de la plataforma masticatoria respecto a la cresta del reborde mandibular influencia el rendimiento masticatorio, obteniéndose mayores valores de rendimiento al situar esta plataforma por vestibular de la cresta del reborde alveolar <sup>(74)</sup>.

Las prótesis implanto soportadas mejoran la función y satisfacción oral en pacientes edéntulos <sup>(3)</sup>. Se ha visto que el rendimiento y la eficiencia masticatoria son significativamente mejores en pacientes con sobredentaduras sobre implantes que en pacientes con prótesis totales <sup>(3,71)</sup>.

Luego de un tratamiento con implantes, la fuerza y el rendimiento masticatorio casi se doblan. Los individuos calificaron su confort y habilidad masticatoria mejor luego de un tratamiento con implantes <sup>(3)</sup>.

La fuerza masticatoria máxima de sujetos con prótesis mandibulares soportadas con implantes es de un 60% a 200% mayor que la de sujetos con prótesis convencionales. Los sujetos después de la instalación de los implantes requieren tan

sólo de la mitad del número de ciclos masticatorios de los que necesitaban antes del tratamiento para triturar su alimento <sup>(75)</sup>.

K. Fueki et al. (2007) realizan una revisión sistemática de la literatura y concluyen que si bien se han realizado un gran número de estudios de rendimiento masticatorio en pacientes con distintos diseños de prótesis implanto-soportadas e implanto-retenidas, muchos de éstos carecen de un alto nivel de evidencia que soporten las mejorías observadas. Se han comprobado eso sí beneficios objetivos en el rendimiento masticatorio de prótesis implanto-soportadas e implanto-retenidas frente a prótesis convencionales en prótesis mandibulares de pacientes edéntulos con reborde alveolar reabsorbido y/o con dificultad de adaptación de prótesis completas convencionales <sup>(76)</sup>.

### VALIDACIÓN DE UN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

R. Hernández, C. Fernández y P. Baptista (2003) definen un instrumento de medición como un recurso que utiliza el investigador para registrar información o datos sobre las variables que tiene en mente; así un instrumento adecuado es aquel que registra datos observables que representan verdaderamente los conceptos o las variables que el investigador pretende analizar <sup>(27)</sup>.

Toda medición o instrumento de recolección de datos debe reunir tres requisitos esenciales: confiabilidad, validez y objetividad <sup>(27)</sup> y R. Sánchez y J. Echeverry (2004) agregan sensibilidad al cambio y utilidad <sup>(28)</sup>. La confiabilidad se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo sujeto u objeto produce resultados iguales o la capacidad de un instrumento para producir resultados consistentes cuando se repite en las mismas condiciones y se interpreta sin conocer sus resultados previos <sup>(29)</sup>, validez se refiere al grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir, mientras que objetividad se refiere al grado en que el instrumento es permeable a la influencia de los sesgos y tendencias de los investigadores que lo administran, califican e interpretan <sup>(27)</sup>. Sensibilidad al cambio hace alusión a si el instrumento detecta modificaciones de la realidad que mide y utilidad a la aplicabilidad del instrumento en el escenario real (si es fácil de confeccionar, aplicar y procesar) <sup>(28)</sup>.

A su vez la validez es un concepto del cual pueden tenerse diferentes tipos de evidencia:

a) Evidencia relacionada con el contenido: se refiere al grado en el que la medición representa al concepto o variable medida <sup>(27)</sup>.

b) Evidencia relacionada con el criterio: establece la validez de un instrumento de medición comparándola con algún criterio externo (gold estándar) que pretende medir lo mismo <sup>(27)</sup>.

c) Evidencia relacionada con el constructo: se refiere al grado en el que las mediciones del concepto proporcionadas por el instrumento se relacionan de manera consistente con otras mediciones de otros conceptos <sup>(27)</sup>.

d) Evidencia relacionada con la apariencia o validez de expertos: grado en que aparentemente un instrumento de medición mide la variable en cuestión, de acuerdo con “voces calificadas” <sup>(27)</sup>. R. Sánchez y J. Echeverry (2004) la definen como la aceptabilidad que puede tener la escala en el escenario de aplicación y depende de los juicios de expertos <sup>(28)</sup>.

En un estudio realizado el año 2003 por S. Sato et al. se determinó la validez y confiabilidad de un método para evaluar función masticatoria. En este trabajo señalan que los investigadores que desarrollan un nuevo método de medición deben considerar la validez y confiabilidad de él. Indican que la validez se puede probar a través de métodos no empíricos, que prueban la validez de apariencia y contenido y empíricos, que prueban la validez de criterio y constructo <sup>(14)</sup>.

Por otro lado los autores explican que la confiabilidad se comprueba a través de la existencia de ciertas consistencias:

- consistencia inter-examinador: que exista una correlación de los valores obtenidos entre distintos examinadores <sup>(14)</sup>.

- consistencia intra-examinador: correlación entre los valores determinados repetidas veces en una misma instancia por un único examinador <sup>(14)</sup>.

- consistencia de prueba-reprueba: que haya una correlación entre los valores obtenidos por un examinador en distintos momentos <sup>(14)</sup>.

- consistencia de medición: correlación de los valores medidos en varias muestras de un mismo sujeto por un único examinador <sup>(14)</sup>.

Para establecer la confiabilidad evaluaron la consistencia inter-examinador utilizando tres examinadores distintos que desarrollaron el nuevo test tres veces sucesivamente con tres sujetos distintos, probaron la consistencia intra-examinador permitiéndole a un único examinador realizar el nuevo test tres veces sucesivamente con tres sujetos, demostraron la consistencia de prueba re-prueba con un examinador que aplicó el nuevo test dos veces con un intervalo de 1 semana en tres sujetos y la consistencia de medición con tres muestras masticadas medidas tres veces por un solo examinador <sup>(14)</sup>.

La objetividad de un instrumento de medición se refuerza mediante la estandarización en la aplicación del instrumento (mismas instrucciones y condiciones para todos los participantes) y en la evaluación de los resultados; así como al emplear personal capacitado y experimentado en el instrumento <sup>(27)</sup>.

El procedimiento más usado para evaluar la sensibilidad al cambio consiste en comparar una puntuación inicial con una posterior, en un momento en el cual se haya modificado la condición clínica <sup>(28)</sup>.

Si bien la utilidad no depende de la aplicación de procedimientos estadísticos, en la validación de un instrumento de medición debe describirse el tiempo promedio requerido para aplicar el instrumento, la necesidad de condiciones particulares en las cuales haya que poner al sujeto antes de iniciar el procedimiento, el grado de capacitación o calificación profesional que requieren quienes se encargarán de aplicar el instrumento y la forma, método y tiempo requerido para calificar el puntaje <sup>(28)</sup>.

Para determinar la validez de apariencia y contenido, al no poder ser probados empíricamente, S. Sato et al. (2003) se basaron en una revisión de la literatura (reportaron que su índice de habilidad masticatoria se corresponde con el juicio subjetivo de mezcla de color por parte de la inspección visual) <sup>(14)</sup>.

La validez de criterio se estima al correlacionar la medición con el criterio externo (puntuaciones de un instrumento frente a las puntuaciones del criterio), y este coeficiente se toma como coeficiente de validez. Cuanto más se relacionen los resultados del instrumento de medición con el criterio, la validez de criterio será mayor <sup>(27)</sup>. S. Sato et al. (2003) correlacionaron la escala estudiada con otra medición de la característica estudiada, un gold estándar usado y aceptado en el campo de la evaluación de la característica (usaron una variante del test de R. S. Manly y L. C. Braley, 1950); establecieron la correlación entre los valores medidos con el nuevo método desarrollado con aquellos del gold estándar al mismo tiempo <sup>(14)</sup>.

La validez de constructo es probablemente la más importante, sobre todo desde una perspectiva científica. A esta validez le concierne en particular el significado del instrumento, esto es, qué está midiendo y cómo opera para medirlo. Integra la

evidencia que soporta la interpretación del sentido que poseen las puntuaciones del instrumento <sup>(27)</sup>. Esta validez incluye tres etapas:

- Se establece y especifica la relación teórica entre los conceptos (sobre la base del marco teórico) <sup>(27)</sup>.

- Se correlacionan los conceptos y se analiza cuidadosamente la correlación <sup>(27)</sup>.

- Se interpreta la evidencia empírica de acuerdo con el nivel en el que clarifica la validez de constructo de una medición en particular <sup>(27)</sup>.

El proceso de validación de constructo está vinculado con la teoría. Son necesarias investigaciones que hayan demostrado que los conceptos se relacionan. Tenemos mayor confianza en la validación de constructo de una medición cuando sus resultados se correlacionan significativamente con un mayor número de mediciones de variables que, en teoría y de acuerdo con estudios antecedentes, están relacionadas <sup>(27)</sup>.

La validez de un instrumento de medición se evalúa sobre la base de todos los tipos de evidencia. Cuanto mayor evidencia de validez de contenido, de validez de criterio y de validez de constructo tenga un instrumento de medición, éste se acercará más a representar las variables que pretende medir. Si el instrumento prescinde de validez, confiabilidad y/o de objetividad no es útil para llevar a cabo un estudio <sup>(27)</sup>.

## **HIPÓTESIS**

El test colorimétrico de rendimiento masticatorio es un instrumento de medición válido en pacientes desdentados completos portadores de prótesis totales.

## **OBJETIVO GENERAL**

Establecer la objetividad, utilidad, validez de contenido y constructo del test colorimétrico de rendimiento masticatorio elaborado en Chile en pacientes desdentados completos portadores de prótesis totales.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

a. Elaborar y adaptar a las condiciones chilenas el test Colorimétrico para evaluar el rendimiento masticatorio descrito por A. Nakasima, K. Higashi y M. Ichinose (1989).

b. Determinar el mínimo de golpes masticatorios requeridos para obtener una medición de rendimiento con el test en pacientes desdentados completos portadores de prótesis totales.



c. Establecer el rango de medición del rendimiento masticatorio con el nuevo test.

d. Establecer el error neto de medición intrínseco de este instrumento de medición.

e. Determinar el rendimiento masticatorio de una muestra seleccionada de pacientes desdentados completos portadores de prótesis convencionales mediante el test Colorimétrico.

f. Determinar la correlación entre el número de golpes masticatorios y la liberación de colorante.

## MATERIAL Y MÉTODO

### LISTADO DE INSTRUMENTAL Y MATERIALES UTILIZADOS

Componentes de granulado (ver Tabla II.)

Incubadora (LabTech, DAIHAN LABTECH CO., LTD., General Incubator Covers Model LIB-030M)

Mezclador en pantalón

Amasador

Granulador

Tamiz nº 10 (U.S. Standard Sieves)

Estufa de secado

Paila de recubrimiento

Balanza (Precisa Type 300-9206/G 125A S)

Contenedores plásticos para masado

Aspersor plástico

Espectrofotómetro (UNICAM UV/Vis Spectrometer UV2, Type UV2-100)

Cubetas espectrofotométricas

Espátula de acero inoxidable

Adhesivo instantáneo de cianocrilato Proarte®

Tijeras

Pinza Miller

Regla milimetrada

Lápiz marcador

Cronómetro

Matraces de vidrio de 100 mL

Papel absorbente

Vasos precipitados de vidrio de 100 mL

Pipeta de vidrio de 25 mL

Pizetas plásticas de 1 L

Embudos plásticos de 75 mm

Mortero y pistilo

Parafilm®

Papel filtro Mundolab® para filtración rápida de poro de 8.3  $\mu\text{m}$

Agua destilada

Guantes de procedimientos clínicos de látex para examinación hipoalergénicos

Supermax® calidad Premium talla medium

Instrumental de examen

Cinta articular Arti-Fol® de 8  $\mu\text{m}$

Instrumental rotatorio con escobillas profilácticas y puntas de silicona

Pechera plástica

## ELABORACIÓN DEL TEST COLORIMÉTRICO

### **Elaboración del Granulado**

Basándose en la fórmula descrita por A. Nakasima, K. Higashi y M. Ichinose (1989) (ver Tabla I.), en el Departamento de Ciencias y Tecnología Farmacéuticas de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, se formuló un granulado específico como material de prueba con reactivos y materiales disponibles en nuestro país. Los componentes del granulado obtenido se detallan en la Tabla II.

Tabla I. Composición del granulado original de A. Nakasima, K. Higashi y M. Ichinose (1989) <sup>(13)</sup>.

Compuesto	Masa (%)
<b>Centro del Pigmento</b>	
Lactosa	12.29
Celulosa cristalina	22.06
Almidón de maíz	10.20
Sucrosa	10.20
Aceite hidrogenado	4.82
Hidroxipropilcelulosa	4.82
Eritrosina (pigmento rojo comestible 106)	0.08
<b>Sustancia Cobertora</b>	
Hidroxipropilmetilcelulosa	35.53
<b>Total</b>	<b>100.0</b>

Tabla II. Composición del granulado final.

Compuesto	Masa (g)	Masa (%)
Centro del Pigmento		
Lactosa	12.29	15,02
Celulosa microcristalina (AVICEL)	22.06	26.97
Almidón de maíz	10.2	12.47
Sacarosa	10.2	12.47
Aceite de ricino hidrogenado (Cutina HR)	6	7.33
Hidroxipropilmetilcelulosa 5%	20.92	25.57
FDC Rojo 40	0.132	0.16
<b>Total</b>	<b>81,80</b>	<b>100</b>
Sustancia Cobertora		
Copolímero a base de etilacrilato, metilmetacrilato y sales de amonio cuaternario (Eudragit RS 100)	15	13.04
Alcohol Isopropílico	50	43.48
Acetona	50	43.48
<b>Total</b>	<b>115</b>	<b>100</b>

*Granulado:*

1. Se mezclaron celulosa microcristalina, lactosa, sacarosa, almidón de maíz, aceite hidrogenado y colorante en el mezclador en pantalón (ver Imagen 1).
2. Se colocó la mezcla en el amasador y se adicionó la solución de hidroxipropilmetilcelulosa poco a poco hasta formar una masa húmeda (ver Imagen 2).
3. Se tamizó esta masa con un granulador (ver Imágenes 3 y 4) y tamiz N° 10 (ver Imagen 5) y se secó en estufa a 40° C hasta llegar a humedad constante.

*Recubrimiento:*

1. Se mezclaron todos los componentes de la solución de recubrimiento agitando hasta homogeneidad (ver Imagen 6).
2. Se colocó la solución en equipo aspersor.
3. Se colocó el granulado en una paila de recubrimiento y se adicionó la solución en forma de spray, secando con aire caliente después de cada añadidura (ver Imagen 7). Esta operación se repitió una cierta cantidad de veces hasta que, al tomar una porción de 730 mg de granulado y colocarla en un vaso precipitado con 100 mL de agua destilada, no hubo liberación de pigmento en al menos 50 minutos controlando mediante inspección visual y medición espectrofotométrica.

**Envoltura del Granulado**

Terminado el proceso de elaboración del granulado se comenzó con la búsqueda de un material capaz de envolver los gránulos sin desgarrarse al ser sometido a la masticación. Fue así como se determinó utilizar una doble envoltura de

látex obtenido de guantes de procedimiento clínicos confeccionados en este material. Las puntas de los dedos meñique y anular del guante fueron cortadas con una tijera a una longitud aproximada de 25 mm desde su extremo y luego se introdujo 730 mg ( $\pm$  20 mg) de gránulos (ver Imagen 8) en cada uno de ellos. El extremo abierto de los saquitos de látex fue doblado hacia el interior con la ayuda de una sonda de caries (ver Imagen 9) y luego sellado con adhesivo en base a cianocrilato. Se esperó a que el adhesivo seicara (ver Imagen 10) y posteriormente se procedió a cortar con la misma tijera el extremo de los dedos medio e índice del guante a una longitud aproximada de 25 mm y con ellos se les dio envoltura a los saquitos confeccionados previamente, introduciendo estos últimos con el borde sellado hacia el fondo del saquito de envoltura externa. Los extremos abiertos de los sacos también fueron sellados con cianocrilato doblándolos hacia el interior. Con un lápiz marcador se rotularon los saquitos para su identificación. Así se obtuvo el material de prueba constituido por granulado envuelto en doble capa de látex de dimensiones aproximadas de 25 x 20 x 10 mm<sup>3</sup> (ver Imagen 11).

### **Sacos de Entrenamiento**

Se confeccionaron unos sacos de entrenamiento (cuya utilidad será mencionada posteriormente) usando para ello la punta del dedo gordo del guante de procedimiento. Se cortó el látex a 25 mm desde el extremo del dedo y su interior fue relleno con huinchas de látex enrolladas (ver Imagen 12). Posteriormente el extremo

libre del saco fue doblado hacia el interior y sellado con adhesivo de cianocrilato. Se procuró mantener las dimensiones de 25 x 20 x 10 mm<sup>3</sup>.

### MUESTREO: CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

Se seleccionaron 18 pacientes, de ambos sexos (9 hombres y 9 mujeres), de entre 50 y 85 años, capaces de leer y comprender un consentimiento informado, desdentados completos portadores de prótesis totales removibles bimaxilares convencionales, rehabilitados en el Departamento de Prótesis de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile, usándolas por un período superior a 6 meses y que utilizaran ambas prótesis permanentemente. Las prótesis debieron hallarse en buen estado, manteniendo su estabilidad cuando el paciente realizó movimientos excéntricos, además de no causarle dolor ni lesiones orales.

Las características oclusales y el estado de las mucosas, encías, lengua y prótesis fueron analizadas el mismo día de la aplicación del test sentando al paciente en un sillón de la Clínica Odontológica del Adulto. Para ello se utilizó instrumental de examen y cinta articular.



### CONSENTIMIENTO INFORMADO

Con el fin de tener un respaldo legal de la participación del paciente en la aplicación del test, se elaboró y aplicó a cada uno de ellos un consentimiento informado (Ver Anexo 1).

### APLICACIÓN DEL TEST

El test colorimétrico fue llevado a cabo en la Clínica Odontológica del Adulto de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile posterior al examen clínico y a la aplicación del consentimiento informado. La aplicación del test fue ejecutada por el mismo operador que realizó la envoltura del granulado, el examen clínico y aplicó el consentimiento informado y que posteriormente procesó las muestras y analizó los resultados.

Estando el paciente sentado en un sillín en posición cómoda, se le solicitó que escoja una hemiarcada de la boca según su masticación habitual. Se consignó el lado escogido (ver Imagen 13). A continuación se le pidió someter a 20 golpes masticatorios el saco de entrenamiento (ver Imagen 14); se le indicó masticar de forma normal. El paciente se preocupó de contar los golpes, los que fueron cerciorados también por el instructor. Después de 1 minuto, impuesto para reducir el efecto de la fatiga, se le entregó al paciente un saco con granulado en su interior que debió masticar en el mismo lado de la boca que escogió anteriormente 20 veces, pero no fue considerado en los valores del test. Transcurrido otro minuto se le entregaron 6 sacos; el primero de

ellos lo debió masticar en el lado de la boca escogido con 10 golpes masticatorios. El saco fue recuperado, secado con papel absorbente, registrado y conservado en medio libre de humedad. Un minuto después el paciente procedió a masticar el segundo saco 15 veces, siguiendo posteriormente con la recuperación, secado, registro y conservación del saco en un ambiente seco. Se repitió el proceso descrito anteriormente con los 4 sacos restantes, pero sometiéndolos esta vez a 20, 25, 30 y 35 golpes masticatorios. Finalmente se llevaron al laboratorio los 6 sacos triturados para su análisis.

Se alternó el orden de los golpes masticatorios entre cada paciente.

Posterior a la aplicación del test se higienizaron las prótesis de los pacientes que lo requerían usando para ello instrumental rotatorio con escobillas profilácticas y puntas de silicona.

### PROCESAMIENTO DE MUESTRAS

El test colorimétrico fue analizado en el Laboratorio de Química de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile.

#### **Obtención de Soluciones**

Se cortaron los sacos y los gránulos contenidos en cada uno de ellos fueron depositados en distintos vasos precipitados con 2 mL de agua destilada. Posteriormente los sacos fueron lavados por dentro con 38 mL de agua desde una

pizeta para arrastrar las partículas que pudieron haber quedado en el interior de ellos hacia los mismos vasos precipitados (se completaron 40 mL de agua en cada vaso precipitado) (ver Imagen 15). Se agitaron los vasos levemente por 30 segundos y se dejaron reposar por 3 minutos (ver Imagen 16). Transcurrido el tiempo se agitaron nuevamente por 10 segundos y el líquido en cada uno de ellos se vertió en matraces de 100 mL, a través de embudos con papel filtro (ver Imagen 17). Todos los restos de los vasos precipitados fueron arrastrados hacia los embudos con 50 mL de agua destilada desde una pipeta de 25 mL de capacidad (ver Imagen 18). Se dejó reposar 6 minutos (ver Imagen 19) y cuando todo el líquido hubo pasado por los papeles filtro, se procedió a aforar a 100 mL agregando agua destilada con una pizeta directamente en los matraces (ver Imagen 20) y luego se tapó la boca de cada matraz con una cubierta de Parafilm®. Con ello se logró obtener las soluciones de cada muestra sometida a la masticación (ver Imagen 21).

### **Determinación de la Longitud de Onda de Trabajo y Curva de Calibración**

Se decidió realizar una curva de calibración con el colorante Rojo # 40 partiendo de un estándar de colorante de  $0.1 \times 10^{-2}$  mg/mL. Se realizaron las diluciones correspondientes para obtener concentraciones de 0.01, 0.05, 0.1, 0.2, 0.4 y  $0.6 \times 10^{-2}$  mg/mL. Con un espectrofotómetro se realizó un barrido del espectro visible entre 400 y 800 nm con la solución de  $0.2 \times 10^{-2}$  mg/mL, pues es la dilución más cercana a la media de la curva de calibración; se estableció que 511 nm es la longitud de onda ideal (peak de la curva) para analizar este colorante. Luego se leyeron las 6 soluciones a la

longitud de onda determinada (511 nm) para determinar la absorbancia de cada una de ellas. Con ello se obtuvo la curva de calibración (ver Tabla III.).

Tabla III. Curva de calibración.

<i>Muestra</i>	<i>Concentración mg/mL</i>	<i>Absorbancia</i>
1	$0.01 \times 10^{-2}$	0.0067
2	$0.05 \times 10^{-2}$	0.028
3	$0.1 \times 10^{-2}$	0.0545
4	$0.2 \times 10^{-2}$	0,1056
5	$0.4 \times 10^{-2}$	0,2101
6	$0.6 \times 10^{-2}$	1,3115

Ecuación de la curva:  $Abs = 0 \times Conc^2 + 0,5167 \times Conc + 0,002271$

Coefficiente de correlación: 0.9999

### **Definición Operacional de Rendimiento Masticatorio**

En el presente trabajo se definió rendimiento masticatorio como la liberación de colorante desde el granulado, medido por su concentración en solución, alcanzada al someter dicho granulado a un número determinado de golpes masticatorios, en términos de porcentaje, en relación a una muestra triturada completamente.

### **Fórmula para Determinar Rendimiento Masticatorio**

Se realizó un estándar de trituración de los gránulos moliendo al máximo los gránulos de tres sacos, mediante mortero y pistilo (ver Imagen 22). Con el espectrofotómetro se determinó la concentración de colorante con el gránulo 100%

molido de cada uno de los saquitos y permitió así determinar un porcentaje de masticación de las muestras respecto al promedio de éstos (ver Tabla IV.).

Tabla IV. Estándar de trituración.

<i>Muestra</i>	<i>Masa (g)</i>	<i>Concentración (mg/mL)</i>	<i>Conc/masa</i>	<i>Porcentaje</i>
1	0.7286	0.7098	0.9742	
2	0.7327	0.7233	0.9872	
3	0.7304	0.7175	0.9823	
<i>Promedio</i>	<b>0.7306</b>	<b>0.7169</b>	<b>0.9812</b>	100%

Fórmula para determinar el % de eficiencia masticatoria del Nuevo Test

$$\frac{\text{Concentración/Masa} \times 100}{0.9812}$$

0.9812 corresponde a la Concentración/Masa del gránulo 100% molido

### Medición de Soluciones

Cada matraz, con las soluciones obtenidas de las muestras sometidas a la masticación por parte del paciente, fue agitado en vaivén 20 veces (cubiertos con Parafilm®), luego se eliminó el primer chorro de la solución; se llenó una cubeta de espectrofotómetro hasta 4/5 de su capacidad eliminándose su contenido (2 veces), luego de la tercera vez fue leída con el espectrofotómetro (ver Imagen 23).

### Error Neto de Medición

Para conocer el error de medición intrínseco de nuestro test se decidió determinar el valor de liberación de pigmento que experimenta una muestra no

masticada sometida al proceso de procesamiento de muestras, se tomaron 3 saquitos que no fueron triturados, siendo a continuación procesados de la misma forma como lo fueron aquellos masticados por los pacientes. Con ello se pudo establecer el error neto de medición y el valor a partir del cual el nuevo instrumento es capaz de detectar cambios en el rendimiento masticatorio (sensibilidad) (ver Tabla V.).

Tabla V. Valores de muestras no masticadas procesadas para calcular el error neto.

<i>Muestra</i>	<i>Masa (g)</i>	<i>Absorbancia</i>	<i>Concentración</i>	<i>Rendimiento</i>
1	0.7290	0.012	0.0188	2.6327
2	0.7305	0.012	0.0188	2.6327
3	0.7320	0.012	0.0188	2.6327
<i>Promedio</i>	0.7305	0.012	0.0188	<b>2.6327</b>

### EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS RESULTADOS

Se utilizó un análisis de regresión simple para establecer la relación entre el número de golpes masticatorios y el rendimiento obtenido. Luego se realizó un análisis de distribución de residuos y posteriormente un análisis de correlación en base a los promedios de rendimiento obtenidos por los pacientes a número de golpes masticatorios dados. Para ello se usó el programa de análisis estadístico de datos Stata® (v 9.0).

## RESULTADOS

El nuevo test colorimétrico se aplicó en una muestra compuesta por 18 pacientes, de ambos sexos (9 hombres y 9 mujeres), de entre 50 y 85 años.

La representación de los valores de rendimiento obtenidos por número de golpes masticatorios por paciente se presenta en el Gráfico 1. En la Tabla VI. se entregan los valores de los coeficientes de determinación, correlación y el valor de t calculado por paciente obtenidos con regresión simple. Obsérvese los bajos valores alcanzados por el paciente 12.

La regresión de los datos (ver Gráfico 2 y Tabla VII.) nos indica que el número de golpes masticatorios influye significativamente en el rendimiento masticatorio de los pacientes por un t calculado de 5.18 ( $P = 0.000$ ). Además, dicho modelo de regresión presenta un estadístico F de 26.83 (1 grado de libertad en el numerador y 106 grados de libertad en el denominador). Comparado con el valor de la distribución F de Fisher correspondiente de 2.73, tenemos que el número de golpes masticatorios explica de manera significativa el rendimiento masticatorio ( $P = 0.0000$ ).

En el Gráfico 3 se aprecia la distribución de los residuos. La línea trazada dentro de las cajas representa la mediana de la distribución, cuyo valor (en rendimiento) se incrementa al aumentar el número de golpes masticatorios, salvo al pasar de 30 a 35 golpes. Las cajas que incluyen el 50% de los valores centrales de los datos también muestran un comportamiento en aumento.

En el Gráfico 4 se observa el histograma de los residuos estandarizados y la normal ajustada que permite observar gráficamente la hipótesis de normalidad. En este caso vemos que la distribución es campaniforme, lo que indica normalidad en la distribución de los residuos.

Para saber analíticamente si los residuos tienen una distribución en forma normal se aplicó el test de Shapiro-Whilk (ver Tabla VIII.) y el resultado obtenido indica que sí se da una distribución normal.

En el Gráfico 5, confeccionado en base al promedio de valores de rendimiento masticatorio en pacientes según número de golpes dados, se aprecia una correlación positiva entre el número de golpes masticatorios y el rendimiento masticatorio, se observa que el rendimiento aumenta al incrementarse el número de golpes masticatorios. El modelo de regresión simple que aparece en la tabla IX. realizado con los promedios arroja que el número de golpes masticatorios influye significativamente en el rendimiento masticatorio de los pacientes por el t calculado de 8.08 ( $P = 0.001$ ). El coeficiente de correlación es muy alto ( $r = 0,9707$ ) indicando una gran fuerza de asociación entre las dos variables.



Gráfico 1. Relación entre rendimiento y número de golpes masticatorios por paciente.

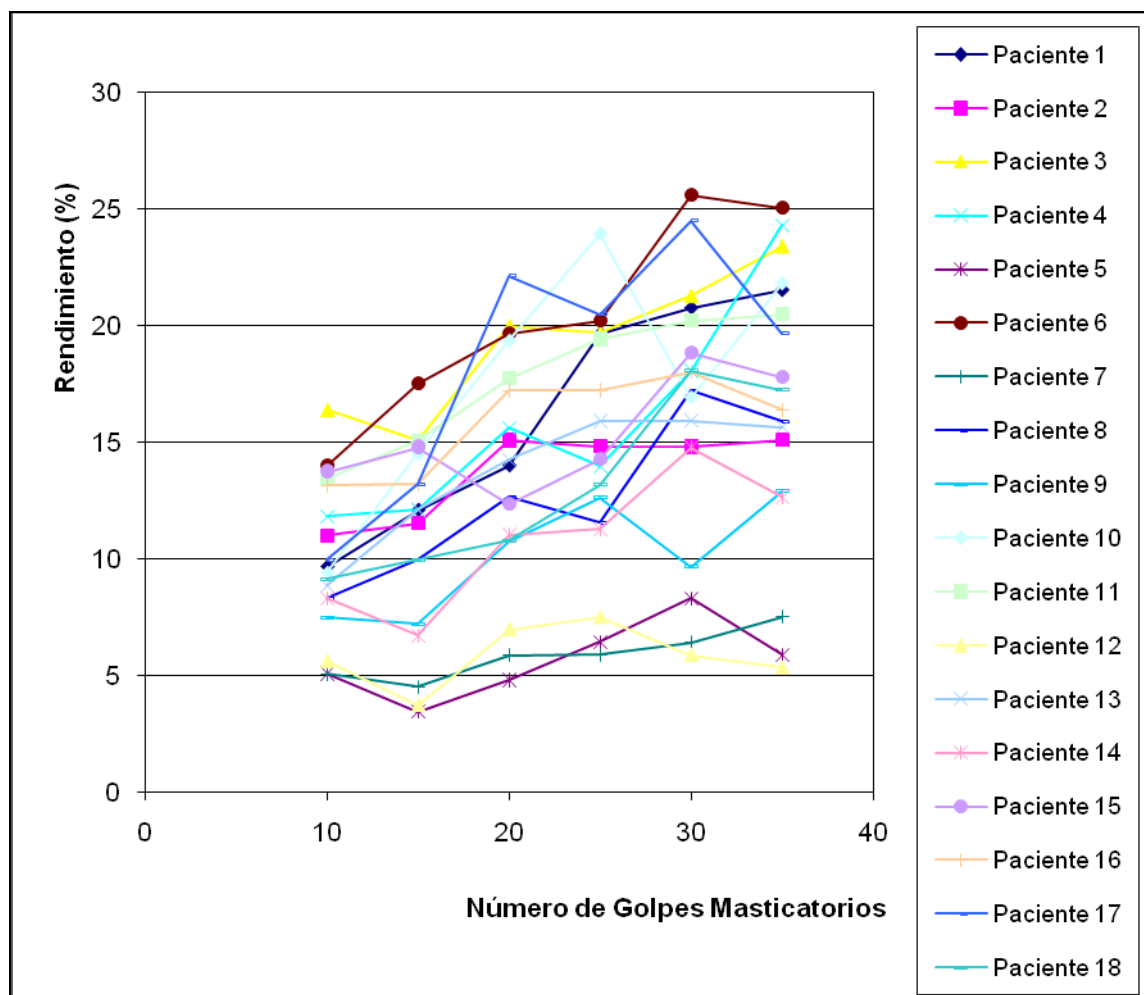


Tabla VI. Valores de coeficiente de determinación ( $R^2$ ), coeficiente de correlación (R), coeficiente de pendiente de regresión y los estadísticos correspondientes obtenidos por paciente.

Paciente	Edad	Género	$R^2$	R	Coef. Pendiente	t	P>  t
1	64	F	0.942	0.971	0.5198	8.06	0.001
2	70	M	0.701	0.837	0.1710	3.07	0.037
3	68	M	0.853	0.924	0.3046	4.83	0.008
4	75	M	0.803	0.896	0.4492	4.04	0.016
5	64	F	0.431	0.657	0.1156	1.74	0.157
6	76	M	0.930	0.964	0.4568	7.30	0.002
7	70	F	0.843	0.918	0.1023	4.64	0.010
8	70	F	0.837	0.915	0.3351	4.53	0.011
9	54	M	0.627	0.792	0.2069	2.60	0.060
10	59	F	0.563	0.750	0.4221	2.27	0.085
11	50	F	0.928	0.963	0.2985	7.19	0.002
12	56	F	0.050	0.224	0.0319	0.46	0.668
13	62	F	0.794	0.891	0.2678	3.93	0.017
14	61	F	0.717	0.847	0.2634	3.19	0.033
15	66	M	0.540	0.735	0.1965	2.17	0.096
16	67	M	0.581	0.762	0.1748	2.36	0.078
17	60	M	0.598	0.773	0.4610	2.44	0.071
18	85	M	0.887	0.942	0.3852	5.62	0.005

Gráfico 2. Modelo de regresión simple y recta de regresión.

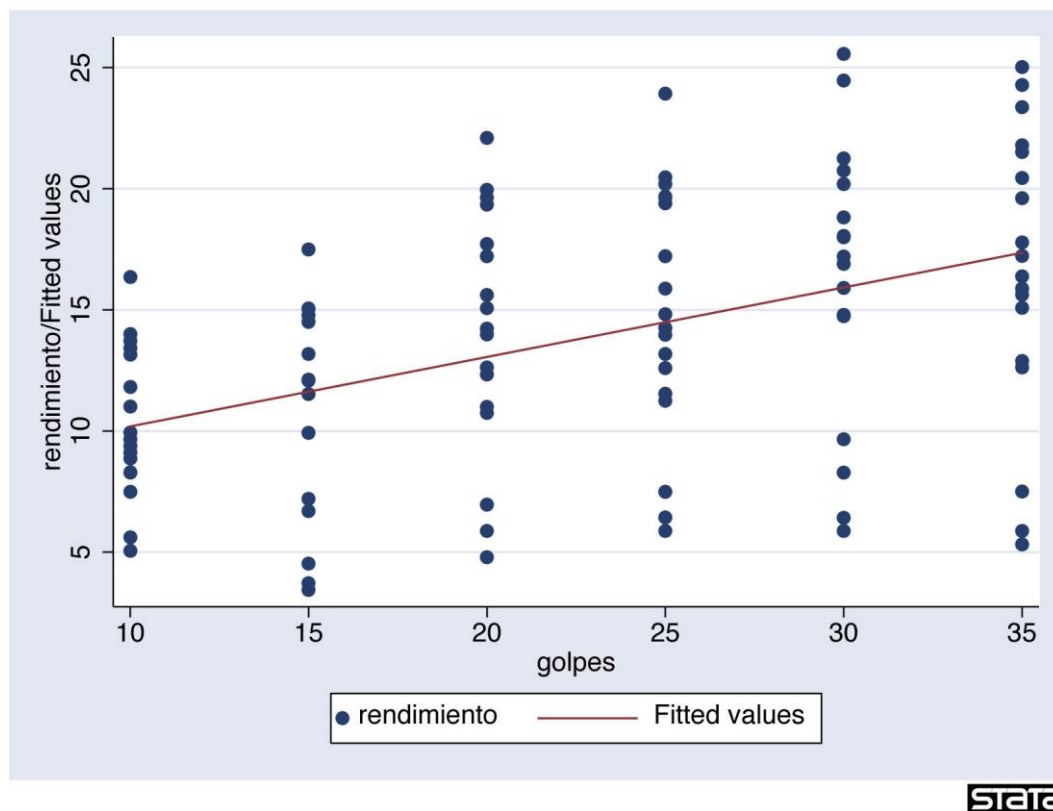


Tabla VII. Valores de modelo de regresión simple.

Source	SS	df	MS	Number of obs = 108		
Model	647.851798	1	647.851798	F( 1, 106) =	26.83	
Residual	2559.63886	106	24.1475364	Prob > F =	0.0000	
Total	3207.49065	107	29.9765482	R-squared =	0.2020	
				Adj R-squared =	0.1945	
				Root MSE =	4.914	

Rendimiento	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Golpes	.2868221	.0553747	5.18	0.000	.1770364	.3966077
_cons	7.320173	1.33264	5.49	0.000	4.678084	9.962262

Gráfico 3. Representación de residuos

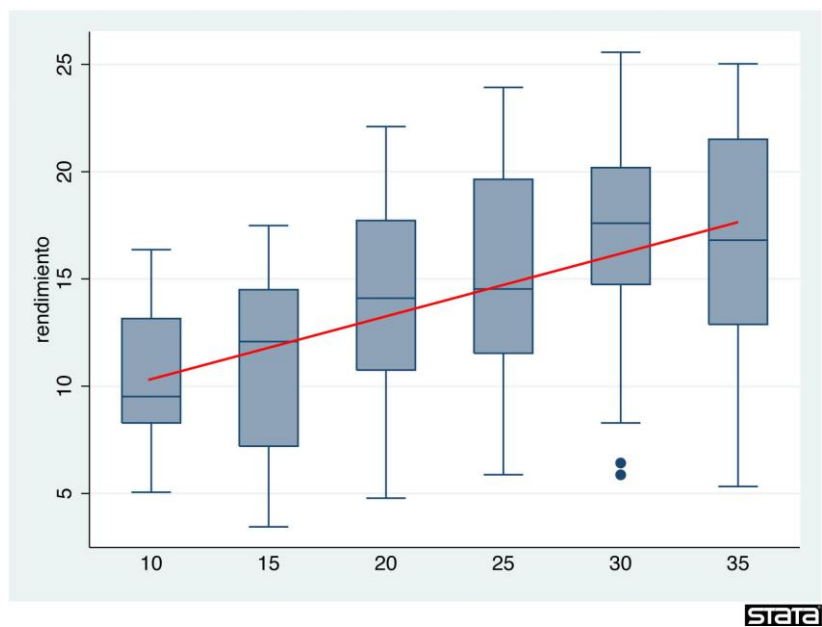


Gráfico 4. Histograma de residuos y normal ajustada.

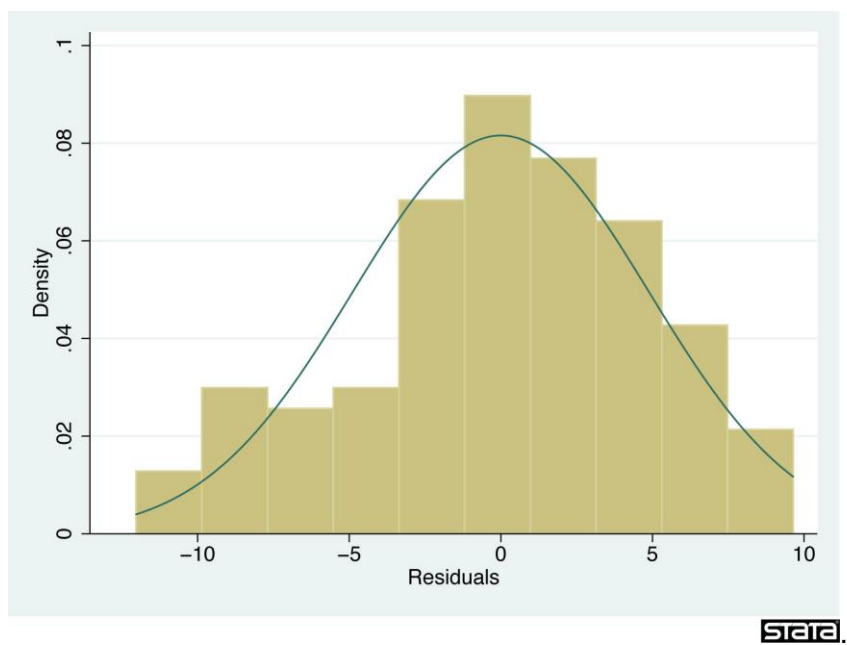


Tabla VIII. Prueba de Shapiro-Wilk de distribución normal de residuos.

Variable	Shapiro-wilk w test for normal data				
	Obs	W	V	Z	Prob>z
r	108	0.99040	0.845	-0.374	0.64575

Gráfico 5. Promedio de valores de rendimiento masticatorio en pacientes según número de golpes dados.

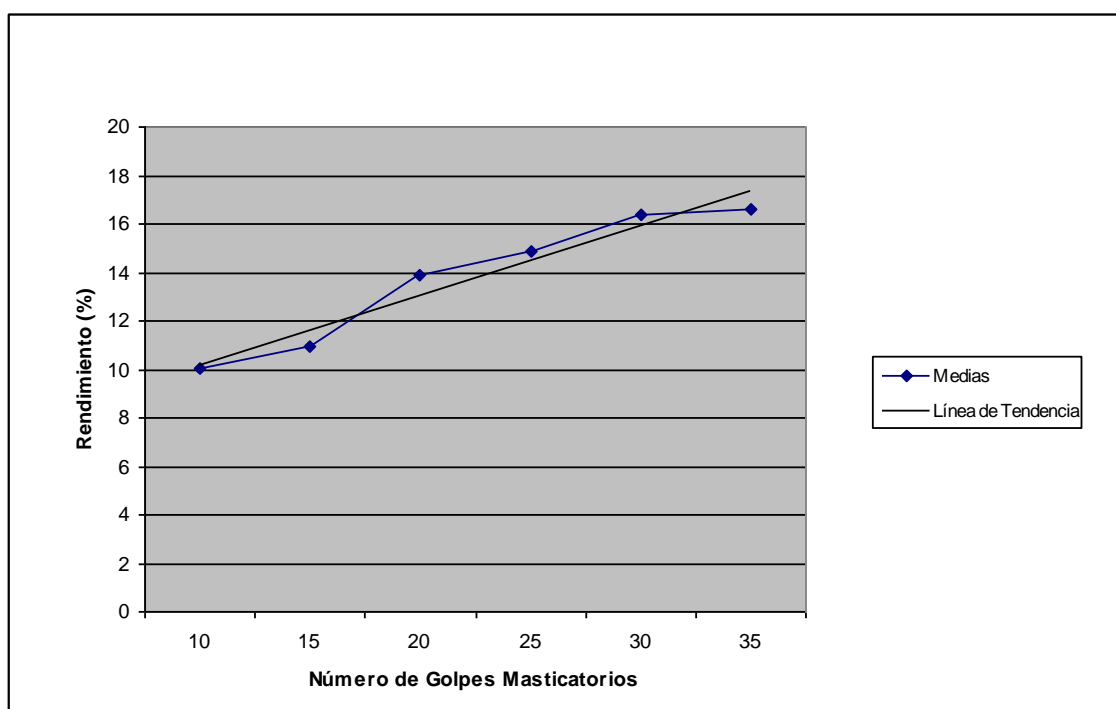


Tabla IX. Modelo de regresión simple del promedio de valores de rendimiento masticatorio en pacientes según número de golpes dados.

Source	SS	df	MS	Number of obs = 6		
Model	35.9917204	1	35.9917204	F( 1, 4) =	65.36	
Residual	2.20270375	4	.550675938	Prob > F =	0.0013	
Total	38.1944241	5	7.63888483	R-squared =	0.9423	
				Adj R-squared =	0.9279	
				Root MSE =	.74208	

Promedio_R~o	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
golpes	.2868219	.035478	8.08	0.001	.1883192	.3853246
_cons	7.320178	.8538091	8.57	0.001	4.949624	9.690732

## DISCUSIÓN

La finalidad de este estudio fue la de validar en una primera etapa un test basado en la metodología propuesta por A. Nakasima, K. Higashi y M. Ichinose (1989) adaptado a las condiciones de nuestro país para evaluar el rendimiento masticatorio, de fácil aplicación clínica que permita al clínico y al investigador realizar una evaluación objetiva de los tratamientos odontológicos restauradores y ortodóncicos.

Los investigadores que deseen desarrollar un nuevo test de medición deben validar su método imprescindiblemente <sup>(14)</sup>. En nuestro estudio utilizamos una muestra de pacientes desdentados completos portadores de prótesis totales convencionales para verificar la objetividad, utilidad, validez de contenido y constructo del nuevo test, dejando para investigaciones futuras la opción de determinar la validez de criterio y apariencia, sensibilidad al cambio y confiabilidad de éste.

En función de lo expuesto analizaremos la evidencia de objetividad, utilidad y validez de contenido de la prueba. Finalmente determinaremos la validez de constructo a la luz de los resultados.

Nuestro instrumento de medición posee el requisito de tener una gran objetividad, puesto que fue y es posible emplear una rigurosa estandarización en los procedimientos necesarios para su aplicación, procesamiento y evaluación de los resultados. Además, el personal que se requiere para realizar estos procedimientos no necesita tener profundos conocimientos en el tema. Para la aplicación del test basta

con seguir los pasos descritos para la toma del test lo cual es fácilmente realizable por parte de un investigador, dentista o asistente dental; el procesamiento y evaluación de los resultados de las muestras pueden ser realizados sin inconvenientes por cualquier investigador o laboratorista, pues los instrumentos y procedimientos empleados son de uso común en cualquier laboratorio. Asimismo, la aplicación del test puede hacerlo una persona distinta a la que realiza el procesamiento y la evaluación de las muestras, lo que otorga aún más objetividad. También las indicaciones dadas a los pacientes son sencillas y mostraron no ser sometibles a interpretaciones erradas por parte de éstos durante la aplicación del test.

Los estudios que utilizan cuestionarios o entrevistas para medir la función masticatoria carecen de objetividad <sup>(7,8)</sup>.

Refiriéndonos ahora a la utilidad del test colorimétrico debemos reconocer un grave problema en cuanto a la confección del granulado se refiere, el cual es el mucho tiempo empleado para recubrir el granulado base con la solución de recubrimiento en forma de spray en la paila de recubrimiento, llegándose a necesitar alrededor de 50 horas de trabajo constante hasta lograr recubrir 100 g de granulado hasta el nivel deseado. Existe además una pérdida de cerca de 10 g de gránulo en este proceso. Esto impediría la obtención del granulado a gran escala por los costos en mano de obra requeridos para su confección. Eso sí, este proceso sólo requiere de un entrenamiento básico de un par de minutos. La obtención del gránulo sin recubrir es rápida y requiere un trabajo rutinario que puede ser efectuado a gran escala.



Los componentes del granulado están disponibles en nuestro país, carecen de cualquier toxicidad y son de bajo costo. El pigmento utilizado en su formulación (FDC Rojo 40) es declarado como colorante artificial que puede ser ingerido sin riesgos para la salud, en cambio el pigmento utilizado por A. Nakasima, K. Higashi y M. Ichinose (1989) (eritrosina) es considerado tóxico. Esto adquiere relevancia al pensar que si por un acontecimiento accidental, como el desgarramiento de las envolturas de látex, el paciente llegase a ingerir los gránulos, éstos no causarían ningún daño a su salud.

El envasado del granulado en la doble envoltura de guante, la preparación y la aplicación del test al paciente y luego el procesamiento de las muestras no consumen mucho tiempo y requieren de un corto y sencillo entrenamiento.

El envasado del material de prueba le otorga a este test una gran ventaja por sobre los test que no lo hacen y se debe a que las propiedades físicas del material de prueba permanecen inalterables dentro de su envoltura de látex. Al aislarse del medio ambiente el material no sufre alteraciones como con el contacto con saliva o humedad, lo que permite que las muestras masticadas puedan ser procesadas mucho tiempo después de ser trituradas. Con ello el escenario del procesamiento de las muestras puede ser distinto al de aplicación del test. Además, el 100% del material de prueba que se somete a la masticación se recupera, al impedir que parte del alimento de prueba se disuelva o sea deglutido. No se presentan casos en los que fragmentos del alimento de prueba triturado se introducen entre o sobre los dientes o en sectores retentivos de las prótesis o entre las bases protésicas y encías y mucosas.

Este test cumple con los requisitos señalados hace ya varios años por B. Dahlberg (1942) de un material de prueba ideal <sup>(36)</sup>, pues:

I. se asemeja a un alimento natural, es decir, no es tan fácil de masticar como para poder ser triturado por los rebordes alveolares, pero tampoco tan difícil como para que las personas con una pobre dentición no puedan participar del test.

II. No se abulta ni disuelve en agua o saliva y se pulveriza de tal manera que el grado de pulverización se puede establecer claramente.

III. No se fragmenta a través de líneas de clivaje predeterminadas ni es muy duro o pegajoso.

IV. Es posible de estandarizar, es no perecible y es insípido.

La validez de contenido la probamos con los estudios realizados por A. F. Käyser y J. S. Hoeven (1977), H. S. Gunne (1983) y A. Nakasima, K. Higashi y M. Ichinose (1989), cuando al usar un método fotométrico para determinar el área superficial incorporando una tinción al material de prueba, establecen que la medición del área puede ser fisiológicamente relevante para evaluar la función masticatoria, porque el objetivo más importante de la masticación es fragmentar la comida en pequeñas partículas y así aumentar la superficie disponible para la digestión. Estrictamente hablando la superficie o área no es una unidad de trabajo como sí lo es la energía utilizada para masticar, pero desde una visión física, fisiológica y citológica, la energía usada para la masticación es proporcional al aumento del área superficial de la comida como se ha evidenciado en estudios anteriores (Ohta, 1966). Estos autores

comprueban la existencia de una relación proporcional entre área superficial y liberación de tinte, así como también la de una relación proporcional entre el número de golpes masticatorios y la absorción/liberación de tinte <sup>(13,38,46)</sup>. Trabajos más modernos como los realizados por S. Sato et al. (2003), A. Ohara et al. (2003) y M. Schimmel et al. (2007) también establecen que la función masticatoria aumenta al incrementar el número de golpes masticatorios <sup>(14,34,77)</sup>.

Para verificar el requisito de la validez de constructo en nuestro instrumento de medición antes que nada fue necesario indagar la teoría relacionada con las variables estudiadas (rendimiento y número de golpes masticatorios). Diversos estudios (descritos en el marco teórico) demostraron que estos conceptos se relacionan. Luego, fue necesario correlacionar estos conceptos y analizar esta relación. Cuando deseamos estudiar la asociación de dos variables, normalmente intervalares, y queremos establecer como varía una con respecto de la otra, y hablamos de una variable dependiente y una independiente, el test estadístico más indicado para establecer dicha asociación es el análisis de regresión simple. La regresión de los datos nos arrojó un t calculado de 5.18 ( $P = 0.000$ ) y la regresión del promedio de valores de rendimiento masticatorio en pacientes según número de golpes dados un t calculado de 8.08 ( $P = 0.001$ ); esto comprueba la significancia de la pendiente, lo cual demuestra la significancia de la correlación entre número de golpes v/s rendimiento masticatorio. El valor F (F-ratio), en la tabla de análisis de varianza es usado para demostrar la hipótesis que la pendiente es 0. F es grande cuando la variable independiente ayuda a

explicar la variación en la variable dependiente. Aquí hay una relación lineal significativa entre número de golpes y rendimiento masticatorio. Por lo tanto, rechazamos la hipótesis que la pendiente de la línea de regresión es 0 ( $F = 26.83$ ,  $P = 0.0000$ ), vale decir a medida que aumenta el número de golpes masticatorios el rendimiento aumenta <sup>(78)</sup>.

Generalmente uno no está satisfecho con saber si existe una relación, además quiere saber qué tan fuerte es. Una relación fuerte es mejor. Generalmente la vemos con el valor de  $R$  y el  $R^2$ .  $R$  (o  $r$ ) es el coeficiente de correlación de Pearson, indica la fuerza de la asociación entre las dos variables, puede variar entre -1 y 1. El signo indica la dirección de la correlación (positiva o negativa) y el valor numérico la magnitud de la correlación, de tal forma que <sup>(79)</sup>:

1: correlación perfecta

0.9: correlación muy fuerte

0.75: correlación considerable

0.5: correlación media

0.1: correlación muy débil

0: no existe correlación alguna entre las variables

Usando la media de los valores de rendimiento masticatorio alcanzados por los pacientes según número de golpes dados, de la misma forma como lo realiza A. Ohara (2003) <sup>(77)</sup> obtenemos un coeficiente de correlación de 0.9707, valor de correlación considerado entre muy fuerte y perfecto. Como el signo es positivo podemos decir que

también la correlación lo es, es así como entonces se debe leer “a mayor número de golpes masticatorios mayor rendimiento”<sup>(80)</sup>.

$R^2$  corresponde al coeficiente de determinación y es la proporción de la variación total de la variable dependiente que se explica por la variable independiente, en este caso el número de golpes masticatorios y el rendimiento, respectivamente. El valor obtenido es de 0.9423 y quiere decir que un 94.23 % de la variabilidad de los datos puede ser explicada por las diferencias en el número de golpes masticatorios. El 5.77 % restante podría deberse a otros factores como lo son la fuerza masticatoria, el estado del reborde residual y el de las articulaciones temporomandibulares, la ubicación exacta de la plataforma masticatoria, la secreción salival o menos probablemente el género y la edad<sup>(79)</sup>.

Una de las hipótesis básicas del modelo de diseño de experimentos es que los residuos del modelo siguen una distribución normal, es por esto que se le aplicó a los resultados obtenidos una prueba de normalidad de residuos que arrojó condiciones de normalidad.

Al observar los datos de la Tabla VI. vemos que hay un paciente (número 12) cuyos valores de  $R^2$ , R, Coeficiente de Pendiente y t son muy bajos. Se desconoce la causa de este comportamiento. Se sugiere analizar con detención otras variables que puedan explicar la conducta apreciada en este individuo.

Se encontró así la correlación entre el número de golpes masticatorios y el rendimiento lo que prueba la validez de constructo.

Dentro de las pruebas a las que se sometió el granulado hubo una de ellas que se realizó con el fin de conocer el error neto de medición y la sensibilidad del test, es decir, establecer el valor a partir del cual el nuevo instrumento es capaz de detectar cambios en el rendimiento masticatorio. El resultado obtenido (2.6327 %) nos indica que todos nuestros resultados obtenidos poseen intrínsecamente esta cifra de error y que cualquier valor bajo esta cifra que arroje nuestro test puede deberse más bien al error neto de nuestro instrumento debido al propio proceso de medición, más que al valor real de rendimiento conseguido por el paciente, o sea que nuestro test es sensible a partir de 2.6327 % de rendimiento. A. Nakasima, K. Higashi y M. Ichinose (1989) determinaron este valor en 2.1 %, cifra muy parecida a la nuestra. Todos los valores alcanzados por los pacientes de nuestra muestra se sitúan por encima de 2.6327 %, siendo la cifra más baja 3.4441 %, lo que indica que nuestro instrumento fue capaz de medir correctamente (con este error neto incluido) a la totalidad de los sujetos sometidos a la prueba.

Así mismo podría pensarse que es posible que con una serie de golpes masticatorios escurra progresivamente cada vez menos tinta con cada cargamento subsecuente, pero en vista de los resultados (ver Gráfico 5.) podemos afirmar que en los distintos rangos de golpes masticatorios (entre 10 y 15, 15 y 20, 20 y 25, 25 y 30 y 30 y 35) el rendimiento aumenta en semejante proporción. Esto conlleva la posibilidad de permitir efectuar posteriormente el test con cualquier cifra de entre 10 y 35 golpes masticatorios.

## CONCLUSIONES

1. El test colorimétrico es un instrumento de medición de rendimiento masticatorio válido en pacientes desdentados completos portadores de prótesis totales.

2. El nuevo test posee objetividad, utilidad, validez de contenido y constructo.

3. Nuestro método tiene un bajo valor de error neto de medición y es altamente sensible. Es capaz de arrojar resultados con 10 golpes masticatorios, pudiendo medir también con hasta inclusive 35 golpes.

4. A medida que aumenta el número de golpes masticatorios, aumenta el rendimiento masticatorio.

## SUGERENCIAS

1. Se sugiere continuar en un nuevo estudio con las etapas pendientes necesarias para validar un instrumento de medición que son establecer validez de criterio y apariencia, sensibilidad al cambio y confiabilidad del test.
2. Analizar la composición y forma de elaboración del granulado de manera de simplificar y acortar los tiempos en la obtención de éste y conjuntamente desarrollar un sistema para su producción a gran escala.
3. Aplicar el nuevo test colorimétrico en pacientes dentados completos y analizar su comportamiento.
4. Emplear el nuevo test colorimétrico en pacientes antes y después de que vayan a ser rehabilitados, sometidos a tratamientos ortodóncicos o quirúrgicos para determinar su mejoría en la función masticatoria.
5. Determinar con qué cantidad de golpes masticatorios (bajo 10 golpes o sobre 35 golpes) el test colorimétrico ya no es capaz de medir correctamente.
6. En pacientes con bajo rendimiento masticatorio utilizar la metodología de adición estándar de colorante en las muestras obtenidas para mejorar la sensibilidad de la medición.



## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue validar un nuevo método para evaluar el rendimiento masticatorio basado en la metodología propuesta por A. Nakasima, K. Higashi y M. Ichinose (1989) adaptado a las condiciones de nuestro país.

Se prepararon unos gránulos con un formulado especial y un colorante biocompatible los que fueron recubiertos con doble envoltura de látex y utilizados como material de prueba. La masticación y trituración de los gránulos los fractura y libera el pigmento dentro del saco de látex. El rendimiento masticatorio fue calculado midiendo la concentración del colorante liberado por la trituración en una solución de agua, mediante un análisis espectrofotométrico y expresado en términos de porcentaje.

Se usó una muestra de pacientes desdentados completos portadores de prótesis removibles totales convencionales para verificar la objetividad, utilidad, validez de contenido y constructo del nuevo test. La validez de constructo fue establecida mediante regresión simple y correlación solicitándole a los sujetos de la muestra masticar el material de prueba con 10, 15, 20, 25, 30 y 35 golpes masticatorios.

Los resultados obtenidos confirman con una correlación significativa que al aumentar el número de golpes masticatorios aumenta el rendimiento obtenido. La objetividad, validez de contenido, apariencia y utilidad del nuevo test fueron demostradas por métodos no empíricos.

Se concluye que el método es válido para medir rendimiento masticatorio se sugiere establecer en estudios próximos la validez de criterio y apariencia, sensibilidad al cambio y confiabilidad del nuevo test.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

1. van der Bilt A, Olthoff LW, Bosman F, Oosterhaven SP. "Chewing performance before and after rehabilitation of post-canine teeth in man." *J Dent Res.* 73(11):1677-83. Nov 1994
2. van der Bilt A, Olthoff LW, Bosman F, Oosterhaven SP. "The effect of missing postcanine teeth on chewing performance in man." *Arch Oral Biol.* 38(5):423-9. May 1993
3. Pereira LJ, Duarte Gavião MB, van der Bilt A. "Influence of oral characteristics and food products on masticatory function." *Acta Odontol Scand.* 64(4):193-201. Review. Aug 2006
4. Manns, A., Díaz, G. "Sistema Estomatognático", Facultad de Odontología - Universidad de Chile, 1995, 249 p. p.59-90, Capítulo II
5. van der Bilt A, van der Glas HW, Olthoff LW, Bosman F. "The effect of particle size reduction on the jaw gape in human mastication." *J Dent Res.* 70(5):931-7. May 1991
6. Tatematsu M, Mori T, Kawaguchi T, Takeuchi K, Hattori M, Morita I, Nakagaki H, Kato K, Murakami T, Tuboi S, Hayashizaki J, Murakami H, Yamamoto M, Ito Y. "Masticatory performance in 80-year-old individuals." *Gerodontology.* 21(2):112-9. Jun 2004

- 
7. Sato H, Fueki K, Sueda S, Sato S, Shiozaki T, Kato M, Ohyama T. "A new and simple method for evaluating masticatory function using newly developed artificial test food." *J Oral Rehabil.* 30(1):68-73. Jan 2003
  8. Boretti G, Bickel M, Geering AH. "A review of masticatory ability and efficiency." *J Prosthet Dent.* 74(4):400-403. Oct 1995
  9. Demers M, Bourdages J, Brodeur JM, Benigeri M. "Indicators of masticatory performance among elderly complete denture wearers." *J Prosthet Dent.* 75(2):88-93. Feb 1996
  10. Kapur KK, Soman SD. "Masticatory performance and efficiency in denture wearers." 1964. *J Prosthet Dent.* 95(6):407-11. Jun 2006
  11. Manly RS, Braley LC. "Masticatory performance and efficiency." *J Dent Res.* 29(4):448-62. Aug 1950
  12. Yurkstas A, Manly RS. "Value of different test foods in estimating masticatory ability." *J Appl Phys.* 3:45-53. Jul 1950
  13. Nakasima A, Higashi K, Ichinose M. "A new, simple and accurate method for evaluating masticatory ability." *J Oral Rehabil.* 16(4):373-80. Jul 1989

- 
14. Sato S, Fueki K, Sato H, Sueda S, Shiozaki T, Kato M, Ohyama T. "Validity and reliability of a newly developed method for evaluating masticatory function using discriminant analysis." J Oral Rehabil. 30(2):146-51. Feb 2003
  15. Bolivar Figueroa, Javiera. "Test de Manly y área masticatoria funcional en pacientes infantiles con problemas de oclusión." Trabajo de investigación Requisito para optar al título de Cirujano-Dentista. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Fac. de Odontología, 1968
  16. Pozo F., Marcela. "Valoración clínica de eficiencia masticatoria en pacientes portadores de prótesis parcial removible." Trabajo de investigación Requisito para optar al título de Cirujano-Dentista. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Fac. de Odontología, 1968
  17. Castro G., Juan Carlos. "Rendimiento masticatorio en la rehabilitación del paciente desdentado completo, según tipo de superficie masticatoria." Trabajo de investigación Requisito para optar al título de Cirujano-Dentista. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Fac. de Odontología, 1988
  18. Hermosilla Gamero, Álvaro. "Análisis comparativo del rendimiento masticatorio en pacientes desdentados parciales de extremo libre inferior, rehabilitados en base a tres técnicas distintas de impresiones funcionales." Trabajo de investigación Requisito

---

para optar al título de Cirujano-Dentista. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Fac. de Odontología, 1993

19. León Araya, Soraya. "Estudio comparativo de rendimiento masticatorio entre el plano de oclusión superior y el plano de oclusión inferior." Trabajo de investigación Requisito para optar al título de Cirujano-Dentista. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Fac. de Odontología, 1993

20. Schulz Rosales, Rolando. "Piezografía en la rehabilitación del desdentado completo: su influencia sobre la función masticatoria." Trabajo de investigación Requisito para optar al título de Cirujano-Dentista. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Fac. de Odontología, 1993

21. Fantela González, Branco Stephan. "Evaluación del rendimiento masticatorio en pacientes portadores de sobredentaduras mandibulares retenidas por implantes oseointegrados." Trabajo de investigación Requisito para optar al título de Cirujano-Dentista. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Fac. de Odontología, 1996

22. Palma Saavedra, Isabel Andrea. "Rendimiento masticatorio en pacientes rehabilitados con prótesis fija dentosoportada." Trabajo de investigación Requisito para optar al título de Cirujano-Dentista. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Fac. de Odontología, 2001

- 
23. Salazar Muñoz, Cecilia de las Mercedes. "Rendimiento masticatorio en pacientes rehabilitados con prótesis fija implanto soportada." Trabajo de investigación Requisito para optar al título de Cirujano-Dentista. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Fac. de Odontología, 2001
24. Schiattino Cueto, Fiorella María. "Eficiencia masticatoria en dentición natural en relación a la pérdida de unidades funcionales oclusales." Trabajo de investigación Requisito para optar al título de Cirujano-Dentista. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Fac. de Odontología, 2001
25. Quinteros M., María Elisa. "Estudio comparativo del rendimiento y la fuerza masticatoria máxima funcional en pacientes portadores de prótesis parcial removible dentomucosoportadoras y dentoimplantosoportadoras." Trabajo de investigación Requisito para optar al título de Cirujano-Dentista. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Fac. de Odontología, 2001
26. Cuevas Alvarado, Marcia Alejandra. "Evaluación del rendimiento masticatorio e impacto en la calidad de vida en pacientes portadores de sobredentaduras mandibulares retenidas por implantes Tramonte (R) de carga inmediata." Trabajo de investigación Requisito para optar al título de Cirujano-Dentista. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Fac. de Odontología, 2003

- 
27. Hernández Sampieri, R., Fernández-Collado, C., Baptista Lucio, P. "Metodología de la Investigación", Cuarta Edición, McGraw-Hill, México, 2006. 850 p. p.276-292. Cap. 9
28. Sánchez, Ricardo y Echeverry, Jairo. "Validación de escalas de medición en salud." Rev. salud pública, nov. 2004, vol.6, no.3, p.302-318
29. Riegelman, R. K., Hirsch R. P. "Cómo estudiar un estudio y probar una prueba: lectura crítica de la literatura médica.", Segunda Edición, Organización Panamericana de la Salud, Washington D.C., 1992. 260 p. p.98-120
30. Escudeiro Santos C, de Freitas O, Spadaro AC, Mestriner-Junior W. "Development of a colorimetric system for evaluation of the masticatory efficiency." Braz Dent J. 17(2):95-9. 2006
31. Okiyama S, Ikebe K, Nokubi T. "Association between masticatory performance and maximal occlusal force in young men." J Oral Rehabil. 30(3):278-82. Mar 2003
32. Al-Ali F, Heath MR, Wright PS. "Simplified method of estimating masticatory performance." J Oral Rehabil. 26(8):678-83. Aug 1999
33. van der Bilt A, Fontijn-Tekamp FA. "Comparison of single and multiple sieve methods for the determination of masticatory performance." Arch Oral Biol. 49(3):193-8. Mar 2004



- 
34. Schimmel M, Christou P, Herrmann F, Müller F. "A two-colour chewing gum test for masticatory efficiency: development of different assessment methods." *J Oral Rehabil.* 34(9):671-8. Sep 2007
  35. Ikebe K, Morii K, Matsuda K, Nokubi T. "Discrepancy between satisfaction with mastication, food acceptability, and masticatory performance in older adults." *Int J Prosthodont.* 20(2):161-7. Mar-Apr 2007
  36. Krysinski Z, Ludwiczak T, Mucha J., "Comparative investigations of selected methods of evaluating the masticatory ability." *J Prosthet Dent.* 46(5):568-74. Nov 1981
  37. Edlund J, Lamm CJ. "Masticatory efficiency." *J Oral Rehabil.* 7(2):123-30. Mar 1980
  38. Käyser AF, van der Hoeven JS. "Colorimetric determination of the masticatory performance." *J Oral Rehabil.* 4(2):145-8. Apr 1977
  39. Helkimo E, Carlsson GE, Helkimo M. "Chewing efficiency and state of dentition. A methodologic study." *Acta Odontol Scand.* 36(1):33-41. 1978
  40. Gambarelli FR, Serra MD, Pereira LJ, Duarte Gavião MB. "Influence of measurement technique, test food, teeth and muscle force interactions in masticatory performance." *Journal of Texture Studies.* 38(1):2–20. Feb 2007

- 
41. Albert TE, Buschang PH, Throckmorton GS. "Masticatory performance: a protocol for standardized production of an artificial test food." *J Oral Rehabil.* 30(7):720-2. Jul 2003
42. Omar SM, McEwen JD, Ogston SA. "A test for occlusal function. The value of a masticatory efficiency test in the assessment of occlusal function." *Br J Orthod.* 14(2):85-90. Apr 1987
43. Heath MR. "The effect of maximum biting force and bone loss upon masticatory function and dietary selection of the elderly." *Int Dent J.* 32(4):345-56. Dec 1982
44. Anastassiadou V, Heath MR. "The development of a simple objective test of mastication suitable for older people, using chewing gums." *Gerodontology.* 18(2):79-86. Dec 2001
45. Gunne H.S., Bergman B., Enbom L., Högström J. "Masticatory efficiency of complete denture patients. A clinical examination of potential changes at the transition from old to new dentures." *Acta Odontol Scand.* 40(5):289-97. 1982
46. Gunne H.S. "Masticatory efficiency. A new method for determination of the breakdown of masticated test material." *Acta Odontol Scand.* 41(5):271-6. Oct 1983
47. van der Bilt A, Olthoff LW, van der Glas HW, van der Weelen K, Bosman F. "A mathematical description of the comminution of food during mastication in man." *Arch Oral Biol.* 32(8):579-86. 1987

- 
48. Slagter AP, Olthoff LW, Bosman F, Steen WH. "Masticatory ability, denture quality, and oral conditions in edentulous subjects." *J Prosthet Dent.* 68(2):299-307. Aug 1992
49. Olthoff LW, van der Bilt A, Bosman F, Kleizen HH. "Distribution of particle sizes in food comminuted by human mastication." *Arch Oral Biol.* 29(11):899-903. 1984
50. Slagter AP, Olthoff LW, Steen WH, Bosman F. "Comminution of food by complete-denture wearers." *J Dent Res.* 71(2):380-6. Feb 1992
51. Slagter AP, Bosman F, van der Bilt A. "Comminution of two artificial test foods by dentate and edentulous subjects." *J Oral Rehabil.* 20(2):159-76. Mar 1993
52. van der Bilt A, van der Glas HW, Mowlana F, Heath MR. "A comparison between sieving and optical scanning for the determination of particle size distributions obtained by mastication in man." *Arch Oral Biol.* 38(2):159-62. Feb 1993
53. Mowlana F, Heath R. "Assessment of masticatory efficiency: new methods appropriate for clinical research in dental practice." *Eur J Prosthodont Restor Dent.* 1(3):121-5. Mar 1993
54. Mowlana F, Heath MR, van der Bilt A, van der Glas HW. "Assessment of chewing efficiency: a comparison of particle size distribution determined using optical scanning and sieving of almonds." *J Oral Rehabil.* 21(5):545-51. Sep 1994

- 
55. Huggare J, Skindhöj B. "A new method for assessing masticatory performance: a feasibility and reproducibility study." *J Oral Rehabil.* 24(7):490-5. Jul 1997
56. Matsui Y, Ohno K, Michi K, Hata H, Yamagata K, Ohtsuka S. "The evaluation of masticatory function with low adhesive colour-developing chewing gum." *J Oral Rehabil.* 23(4):251-6. Apr 1996
57. Hayakawa I, Watanabe I, Hirano S, Nagao M, Seki T. "A simple method for evaluating masticatory performance using a color-changeable chewing gum." *Int J Prosthodont.* 11(2):173-6. Mar-Apr 1998
58. Ikebe K, Matsuda K, Morii K, Furuya-Yoshinaka M, Nokubi T, Renner RP. "Association of masticatory performance with age, posterior occlusal contacts, occlusal force, and salivary flow in older adults." *Int J Prosthodont.* 19(5):475-81. Sep-Oct 2006
59. Ikebe K, Amemiya M, Morii K, Matsuda K, Furuya-Yoshinaka M, Yoshinaka M, Nokubi T. "Association between oral stereognostic ability and masticatory performance in aged complete denture wearers." *Int J Prosthodont.* 20(3):245-50. May-Jun 2007
60. Owens S, Buschang PH, Throckmorton GS, Palmer L, English J. "Masticatory performance and areas of occlusal contact and near contact in subjects with normal

- 
- occlusion and malocclusion." *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 121(6):602-9. Jun 2002
61. English JD, Buschang PH, Throckmorton GS. "Does malocclusion affect masticatory performance?" *Angle Orthod.* 72(1):21-7. Feb 2002
62. Toro A, Buschang PH, Throckmorton G, Roldán S. "Masticatory performance in children and adolescents with Class I and II malocclusions." *Eur J Orthod.* 2006 Apr;28(2):112-9. Epub 2005 Nov 4.
63. Ngom PI, Diagne F, Aïdara-Tamba AW, Sene A. "Relationship between orthodontic anomalies and masticatory function in adults." *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 131(2):216-22. Feb 2007
64. Peroz I, Tai S. "Masticatory performance in patients with anterior disk displacement without reduction in comparison with symptom-free volunteers." *Eur J Oral Sci.* 110(5):341-4. Oct 2002
65. Duarte Gavião MB, Durval Lemos A, Diaz Serra M, Riqueto Gambareli F, Nobre Dos Santos M. "Masticatory performance and bite force in relation to signs and symptoms of temporomandibular disorders in children." *Minerva Stomatol.* 55(10):529-39. Oct 2006

- 
66. Hatch JP, Shinkai RS, Sakai S, Rugh JD, Paunovich ED. "Determinants of masticatory performance in dentate adults." *Arch Oral Biol.* 46(7):641-8. Jul 2001
67. Engelen L, Fontijn-Tekamp A, van der Bilt A. "The influence of product and oral characteristics on swallowing." *Arch Oral Biol.* 2005 Aug;50(8):739-46. Epub 2005 Feb 26.
68. van der Bilt A, Engelen L, Abbink J, Pereira LJ. "Effects of adding fluids to solid foods on muscle activity and number of chewing cycles." *Eur J Oral Sci.* 115(3):198-205. Jun 2007
69. Peyron MA, Blanc O, Lund JP, Woda A. "Influence of age on adaptability of human mastication." *J Neurophysiol.* 92(2):773-9. Aug 2004
70. Buschang PH, Throckmorton GS, Travers KH, Johnson G. "The effects of bolus size and chewing rate on masticatory performance with artificial test foods." *J Oral Rehabil.* 24(7):522-6. Jul 1997
71. van Kampen FM, van der Bilt A, Cune MS, Fontijn-Tekamp FA, Bosman F. "Masticatory function with implant-supported overdentures." *J Dent Res.* 83(9):708-11. Sep 2004
72. Liedberg B, Stoltze K, Owall B. "The masticatory handicap of wearing removable dentures in elderly men." *Gerodontology.* 22(1):10-6. Mar 2005

- 
73. Koshino H, Hirai T, Ishijima T, Ohtomo K. "Influence of mandibular residual ridge shape on masticatory efficiency in complete denture wearers." *Int J Prosthodont.* 15(3):295-8. May-Jun 2002
74. Kapur KK, Soman S. "The effect of denture factors on masticatory performance part III. The location of food platforms." 1965. *J Prosthet Dent.* 95(4):265-73. Apr 2006
75. van der Bilt A, van Kampen FM, Cune MS. "Masticatory function with mandibular implant-supported overdentures fitted with different attachment types." *Eur J Oral Sci.* 114(3):191-6. Jun 2006
76. Fueki K, Kimoto K, Ogawa T, Garrett NR. "Effect of implant-supported or retained dentures on masticatory performance: A systematic review." *J Prosthet Dent.* 98(6):470-7. Dec 2007
77. Ohara A, Tsukiyama Y, Ogawa T, Koyano K. "A simplified sieve method for determining masticatory performance using hydrocolloid material." *J Oral Rehabil.* 30(9):927-35. Sep 2003
78. Norman, G., Streiner, D. "Bioestadística", Primera Edición, Mosby/Doyma Libros, Madrid-España, 1996. 260 p. p.100-107

---

79. Hernández Sampieri, R., Fernández-Collado, C., Baptista Lucio, P. "Metodología de la Investigación", Cuarta Edición, McGraw-Hill, México, 2006. 850 p. p.453-456. Cap. 10

80. Brunette, D. "Critical thinking: understanding and evaluating dental research", Primera Edición, Quintessence Publication Co., Londres.; 1996. p.99-109



## ANEXO 1, CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo \_\_\_\_\_  
 identificado(a) con RUT \_\_\_\_\_ he sido debidamente informado(a) acerca de la investigación titulada “Validación de un método para evaluar rendimiento masticatorio en pacientes portadores de prótesis totales.”, en la cual he sido invitado(a) a participar y soy libre de firmar mi compromiso con el equipo investigador a cargo de la Dra. Katica Peric Cáceres. (RUT.: 8.616.952-5), así como tengo plena libertad de dejar la investigación.

Al respecto se me han notificado los siguientes puntos:

1. He sido informado que el objetivo de este estudio es establecer si sirve un nuevo método para medir la capacidad de pulverizar el alimento mientras mastico, cuya función es la de permitir una evaluación práctica de tratamientos odontológicos restauradores.
2. Entiendo que por tratarse de un proyecto de investigación tendré que asistir a por lo menos 1 cita en la que me será remunerada la movilización.
3. Tengo claro, que los costos que demande la investigación corren por cuenta de los investigadores.
4. Acepto voluntariamente participar con los compromisos que la investigación requiere y sin mayor beneficio que los aceptados previamente.

Para constancia firmo el presente consentimiento informado en la ciudad Santiago,

Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre del Paciente: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Rut del Paciente: \_\_\_\_\_ Teléfono: \_\_\_\_\_

Firma \_\_\_\_\_

Nombre de un Testigo: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Rut del Testigo: \_\_\_\_\_ Teléfono: \_\_\_\_\_

Firma \_\_\_\_\_

## ANEXO 2, IMÁGENES

Imagen 1. Mezclador en pantalón.

Imagen 2. Adición de solución de hidroxipropilmetilcelulosa en amasador.

Imagen 3. Granulador.

Imagen 4. Granulado obtenido desde granulador.

Imagen 5. Tamizado de granulado.

Imagen 6. Solución de recubrimiento en agitación.

Imagen 7. Equipo de recubrimiento: secador, paila de recubrimiento y aspersor.

Imagen 8. Masado de granulado.

Imágenes 9 y 10. Envoltura del granulado.

Imagen 11. Material de prueba terminado.

Imagen 12. Sacos de entrenamiento rellenos con huinchas de látex.

Imagen 13. Instrucciones antes de aplicación del test.

Imagen 14. Ejecución del test por paciente.

Imagen 15. Vaso precipitado con granulado en su interior.

Imagen 16. Agitación de partículas.

Imagen 17. Vertido de partículas en suspensión en matraz a través de embudo con papel filtro.

Imagen 18. Arrastre de partículas desde vaso precipitado a matraz con pipeta.

Imagen 19. Solución con colorante filtrando hacia matraz.

Imagen 20. Aforado de matraz con agua destilada.

Imagen 21. Soluciones obtenidas.

Imagen 22. Trituración de gránulos mediante mortero y pistilo.

Imagen 23. Introducción de solución en espectrofotómetro.

