

구강 관리용 스펀지 브러시 제품의 특성, 생체적합성 및 효력 연구

양송이¹, 최지원^{1,2}, 오상환^{3,*}

¹연세대학교 치과대학 치과생체재료공학교실 및 연구소
²연세대학교 치과대학 BK21 창의치의학융합 교육연구단
³건양대학교 의과대학 치위생학과

Study on the characterization, biocompatibility and efficacy of sponge brush products for oral care

Song-Yi Yang¹, Ji-Won Choi^{1,2}, Sang-Hwan Oh^{3,}*

¹*Department and Research Institute of Dental Biomaterials and Bioengineering,
Yonsei University College of Dentistry, Seoul, Republic of Korea*

²*BK21 FOUR Project, Yonsei University College of Dentistry, Seoul, Republic of Korea*

³*Department of Dental Hygiene, College of Medical Science, Konyang University, Daejeon, Republic of Korea*

A sponge brush is an oral hygiene product that is used to clean buccal, gingival and palatal mucosa. The aim of this study was to observe the appearance, porosity, water sorption, cytotoxicity and efficacy of sponge brush products. Seven commercially available sponge brush products were used as test materials. To observe the appearance of sponge brush, the dimension and weight were examined. The porosity was measured using the micro CT. The water sorption rate was calculated by weight change before and after immersion of sponge brush in distilled water for 5 s. The sponge brush was extracted according to the KS P ISO 10993-12, and examined the extracted solution by visual inspection. Extracted solution was then evaluated with MTT assay. Protein removal efficacy of sponge brush product from the bovine serum albumin coated sheet was tested using bicinchoninic acid assay. The results of the length and diameter range of brush were 17~24 mm and 14~24 mm respectively. The length and thickness range of the handle was 14~16 cm and 3~5 mm respectively. There were significant differences in the sponge brush weight of all products ($p < 0.05$), and porosity of the sponge was indicated to be more than 80% in all products. The water sorption rate ranged from 21 to 62% ($p < 0.05$). As the results of extraction, there were neither foreign materials nor impurities in all of sponge brush products. The cell viability was indicated to be more than 70% except for two products. After applying all sponge brush products, the protein removal rate was more than 70%. The above results will provide useful information for future development of related oral care products.

Key words: Sponge brush, Porosity, Water sorption rate, Cytotoxicity, Protein removal effect

Song-Yi Yang (ORCID: 0000-0001-6174-6947)
Ji-Won Choi (ORCID: 0000-0002-7119-1786)

Correspondence: Sang-Hwan Oh (ORCID: 0000-0002-5944-0129)
158 Gwanjeodong-ro, Daejeon 35365, Republic of Korea
Affiliation: Department of Dental Hygiene, College of Medical
Science, Konyang University, Daejeon, Republic of Korea
Tel: +82-42-600-8447, Fax: +82-42-600-8406
E-mail: dentsh27@konyang.ac.kr

Received: Feb, 19, 2021; Revised: Mar, 04, 2021; Accepted: Mar, 04, 2021

서론

현재 대한민국은 고령사회, 일본은 초고령화 사회로 진입했다고 보고하고 있다. 2018년 노인의 사망원인 통계에 따르면, 주된 원인 중 하나로 폐렴(pneumonia)을 꼽고 있다. 이는 노년기에 경험하게 되는 신체적 쇠퇴 및 이에 따른 심장 질환, 뇌혈관 질환, 그리고 폐질환 발생률의 증가와 함께 폐렴에 의한 사망률이 급격히 상승하고 있는 추세를 보인다고 보고하였다(1, 2). 특히나 노인 환자에게서 흡인성 폐렴(aspiration pneumonia)에 의한 사망률은 일반 폐렴보다 4배 이상 높기 때문에 노인 인구의 증가와 함께 이에 대한 중요성이 점차 커지고 있다(3-5).

흡인성 폐렴은 병원성 균으로 집락된 구강 인두 분비물의 대량 흡인으로 발생하는 감염성 과정이고, 높은 이환율과 사망률로 인해 주의해야 하는 임상 증후군이다. 흡인성 폐렴의 병리학적 연구 결과, 급성 폐 염증을 초래하는 주요 메커니즘은 구강 내에서 집락화된 균들의 지속적인 미세 흡인(microaspiration)으로, 이들이 폐포(pulmonary alveolus)에서 증식하여 발생한다는 보고가 있다(6). 흡인성 폐렴은 노인 환자뿐만 아니라 전신 쇠약 또는 뇌출혈 등으로 오랜 침상 생활을 해야 하는 환자에게서도 자주 발생하고, 메커니즘은 위와 비슷하며 주로 다량의 흡인(macroaspiration)이 원인이라고 보고 있다(7).

선행 연구에서는 흡인성 폐렴의 고위험 요인이 불량한 구강 위생 환경과 관련이 있다는 것을 보여주며, 흡인성 폐렴을 예방하기 위해 적절한 구강 위생 관리, 연하 반사의 개선, 기침 반사 민감도의 개선 필요를 강조하고 있다(8). 그리고 노인 환자와 더불어 병원 내 장기 입원 환자 가운데 자활 능력이 결여된 환자의 흡인성 폐렴을 예방하기 위하여 이들의 구강 위생 관리가 무엇보다 중요하고, 구강 위생을 관리할 수 있는 방법으로 칫솔질을 통한 치아의 위생관리, 구강 내 연조직의 세정, 그리고 올바른 식습관 등을 강조하고 있다(9).

노인의 구강 점막은 구강 내 콜라겐 섬유의 감소 및 열화로 인하여 점점 얇아진다. 더욱이 조직 재생은 젊은 사람들과 비교하여 덜 이루어 진다. 따라서 강한 나일론 소재의 강모 칫솔은 노인의 구강 점막에 적용하기에 적절하지 않을 수 있다(10). 또한 구강 건강 분야에서 구강 위생 용품의 중요성

은 널리 알려져 있고, 이들이 구강 관리에 효과적인 뿐만 아니라 효율적이고 경제적인지 확인하는 것도 중요하다고 보고 있다. 일본에서는 효율적이고 경제적인 구강 점막 위생 관리를 위하여 '스펀지 브러쉬'를 사용하도록 권하고 있다(11). 해당 제품의 사용 방법은 물이 없어도 사용 가능하고, 구강 건조증(xerostomia)을 호소하는 환자의 경우 구강 보습 젤(oral moisturizing gel) 또는 물을 스펀지 브러쉬에 묻혀 건조한 구강 점막을 연화 시킨 후 적용할 수 있다. 이때 협측 점막, 치은 점막, 구개부 점막, 혀를 스펀지 브러쉬로 후방 부위부터 시작해 전방 부위로 등글리며 점막을 문질러 사용하도록 권하고 있다(12, 13). 선행들은 이와 같은 사용 방법으로 비전문가도 쉽게 스펀지 브러쉬로 구강 내 잔류물을 제거하고, 연조직에 미생물이 재 부착 되는 것을 방지하며, 비교적 안정적인 위생관리 효과를 기대할 수 있다고 보고하였다(12, 14).

근래에는 우리나라에서도 구강 점막에 잔류되어 있는 음식물 잔사의 제거, 가래 제거, 그리고 박리 상피 등의 부착물 등을 제거하기 위한 스펀지 브러쉬 제품이 시장에 판매되고 있다. 그러나 국내 소비자에게는 스펀지 브러쉬 제품 및 이에 대한 임상적 효과의 정보 부족으로 인해 아직까지 널리 사용되고 있지는 않다(15, 16).

현재 시장에 유통되고 있는 스펀지 브러쉬는 국내 생산 제품은 일부이고, 일본에서 생산하는 제품의 비중이 높았다. 해당 제품은 구입이 용이하고 상대적으로 가격이 저렴하여 손쉬운 구매가 가능한 반면 노인 환자뿐만 아니라 전신이 쇠약하여 침상 생활을 해야 하는 환자들의 인체에 직·간접적으로 접촉하기 때문에 오용으로 인한 위해 가능성을 배제할 수 없어 의학적 평가 및 관리가 필요하다. 더욱이 스펀지 브러쉬는 구강 점막과 같은 연조직에 노출되는 치과 재료로서 소비자가 안심하고 사용할 수 있는 구강 위생 용품의 관리 기반 구축을 위해 스펀지 브러쉬의 특징 및 사용 목적에 부합되는 재현 가능한 시험을 진행해 이들의 특성 및 효력을 파악하는 연구가 필요하다(9).

본 연구의 목적은 시중에서 구매 가능한 구강 관리용 스펀지 브러쉬 제품의 외형, 기공도, 물 흡수율, 세포독성, 그리고 부착물 제거 능력을 평가함으로써 이를 기반으로 스펀지 브러쉬의 특징 및 효력 파악 연구를 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 연구 재료

본 연구에서 사용된 스펀지 브러쉬는 수급이 어려운 제품은 제외하고, 국내에서 구입이 용이하고, 다양한 제조사 및 특성이 반영될 수 있는 7종의 제품을 선정하여 실험에 사용하였다(Table 1).

2. 외형 및 기공도 평가

스펀지 부분의 높이와 지름, 손잡이 부분의 길이와 두께는

0.01 mm의 정확도를 나타내는 디지털 버니어 캘리퍼스 (Digital caliper, Mitutoyo Model CD-15CPX; Mitutoyo Corporation, Kawasaki, Japan)를 이용하여 측정하였다. 이때 스펀지 부분의 높이와 지름, 손잡이 부분의 두께는 mm 단위로 측정하였고, 손잡이 부분의 길이는 cm 단위로 측정하였다. 이는 최소 5번 이상의 시험을 반복 수행하여 결과를 도출하였다. 또한 스펀지 브러쉬의 외형 및 단면을 육안 관찰하여 비교 및 평가하였다. 이때 단면의 경우 스펀지 브러쉬의 스펀지 부분을 횡단면으로 절단하여 관찰하였다.

스펀지 브러쉬 무게는 0.01 mg의 정확도를 갖는 저울 (XS105, Mettler-toledo AG, Greifensee, Switzerland)을 이

Table 1. Information of the commercially available sponge brush products according to the manufacturer's instructions

Code	Product	Composition	Application Method
A	Champ stick (Korea MCD, Gyeonggi-do, Korea)	Polyurethane	Use after moistening with an appropriate amount of mouthwash.
B	OK oral (SOMOS International, Seoul, Korea)	Polyurethane	Use appropriately depending on the affected area.
C	Novelgio oral care oral swab (Amazoncare, Gyeonggi-do, Korea)	Not mentioned.	Moisten the sponge with mouth wash or water and lightly wipe off moisture. Wipe the oral mucosa. Rinse the sponge with water in the cup.
D	Huminguddo (Molten, Hiroshima, Japan)	Urethane	Not mentioned.
E	Mouth pure oral care sponges (Kawamoto-sangyo Co. Ltd., Osaka, Japan)	Urethane	Remove from the bag, and moistened with a small amount of water in the sponge part, firmly squeezed. Wipe the dirt in the oral cavity (surface of the teeth, gums, palate part, tongue etc.). Enables to remove dirt effectively by rubbing the front from the back, turning round and round.
F	Mouth pure oral care sponges (Kawamoto-sangyo Co. Ltd., Osaka, Japan)	Urethane	Remove from the bag, and moistened with a small amount of water in the sponge part, firmly squeezed. Wipe the dirt in the oral cavity (surface of the teeth, gums, palate part, tongue etc.). Enables to remove dirt effectively by rubbing the front from the back, turning round and round.
G	Gargel swab (GOODWOOD Medical Care LTD., Dalian, China)	Not mentioned.	Soak a sponge brush in water or mouthwash. Use a paper napkin or kitchen towel to soak up the moisture so that the water with the sponge brush does not drip. Wipe the dirt in the oral cavity (surface of the teeth, gums, palate part, tongue etc.).

용해 측정하였다. 이는 최소 5번 이상의 시험을 반복 수행하여 결과를 도출하였다.

스펀지 부분의 기공도는 micro-CT (SKYSCAN 1076, Bruker, Billerica, MA, USA)를 이용하여 측정하였다. 이때 모든 시편은 높이와 너비가 스캔 평면에 평행하도록 배치하였다. 또한 18 µm의 분해능, 0.5 mm 알루미늄 필터, 0.5° 회전 단계, 360° 회전 각도로 설정하여 측정하였다. 이는 최소 5번 이상의 시험을 반복 수행하여 결과를 도출하였다.

3. 물 흡수율 평가

스펀지 브러쉬의 물 흡수율 평가를 위해 다이아몬드 디스크 (Diamond-coated disk, NTI-Kahla GmbH, Kahla, Germany)가 체결된 의료용 절삭 기구(Marathon-4; Saeyang Microtech, Daegu, Korea)를 이용하여 스펀지 브러쉬의 스펀지 부분과 손잡이 부분을 분리시켰다. 분리된 스펀지 부분의 무게를 측정하기 위해 0.01 mg의 정확도를 갖는 저울을 이용하여 무게를 측정하였다(m_1). 이후 스펀지 부분을 5초 동안 증류수에 충분히 잠기도록 침지 후 곧바로 꺼내어 무게를 측정하였다(m_2). 스펀지 브러쉬의 물 흡수율은 아래와 같은 공식으로 계산하였고, 최소 5번 이상의 시험을 반복하였다.

$$\text{Water sorption rate (\%)} = \left(1 - \frac{m_1}{m_2}\right) \times 100$$

4. 용출 및 세포독성평가

스펀지 브러쉬의 세포독성평가를 위한 용출물을 준비하기 위해, 의료용 절삭 기구로 스펀지 브러쉬의 스펀지 부분과 손잡이 부분을 분리시켰다. 분리된 스펀지 부분은 에틸렌옥사이드 가스로 멸균 처리하였다. 10% 소태아혈청(FBS, Fetal bovine serum, Gibco Laboratories, Grand Island, NY, USA)이 첨가된 RPMI 1640 (Gibco Laboratories, Grand Island, NY, USA) 배지를 용출 용매로 선정하여, 멸균 처리된 스펀지를 KS P ISO 10993-12에 명시되어 있는 용출 비율에 따라 완전히 침적 시킨 후 (37±1) °C에서 24시간 동안 용출하여 용출액을 얻었다. 이와 동시에 공시험액도 시험 제품과 동일한 방법과 조건으로 용출하였다(17).

세포독성을 평가하기 위한 세포로 쥐 섬유아세포인 L929

를 사용하였다. L929 세포는 10%의 FBS와 1%의 antibiotic-antimycotic solution (Anti-Anti, Gibco Laboratories, Grand Island, NY, USA)가 포함된 RPMI 1640 배지를 사용하여 5% CO₂/air, (37±1) °C 조건인 인큐베이터에서 배양하였다. L929세포를 0.05% Trypsin-EDTA (Trypsin-EDTA, Gibco Laboratories, Grand Island, NY, USA) 용액으로 처리하여 배양 플라스크(75T flasks, SPL Life Science, Gyeonggi-do, Korea) 바닥으로부터 떼어낸 후 96-well 세포 배양용 마이크로 플레이트(Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA)에 1×10⁵ cells/mL에 해당하는 세포 부유액을 100 µL씩 분주하였다. 24시간 동안 배양한 후 조심스럽게 배양 배지를 제거하고 준비된 용출액 100 µL를 첨가하였다. 이때 공시험액을 대조군으로 사용하였다. 24시간 후 적용 물질을 제거하고, 100 µL의 DPBS (Gibco BRL, Life Technologies, NY, USA)로 세척하였다. 세척이 끝난 후 DPBS를 제거하고 1 mg/mL 농도의 MTT-tetrazolium salts (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)가 포함된 RPMI 1640 배지를 50 µL씩 넣어 2시간 동안 추가 배양하였다. 형성된 MTT (3-[4,5-Dimethylthiazol-2-yl]-2, 5-diphenyltetrazolium bromide) formazan을 용해시키기 위해서 각 well로부터 상층액을 조심스럽게 제거 후 이소프로판올 용액(Isopropanol, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)을 100 µL씩 넣어 20분 동안 빛을 차단한 채 반응시켰다. ELISA reader (Epoch, BioTek, Winooski, VT, USA)로 570 nm의 조건에서 흡광도를 측정하여 분석하였다. 결과값은 공시험액의 MTT 환원율을 100%로 표준화하여 세포생존율로 표시하였다. 이는 최소 5번 이상의 시험을 반복하여 결과를 도출하였다.

5. 단백질 제거율 평가

폴리에틸렌(PE, Polyethylene) 소재의 열가소성 고분자 시트(Easy-VAC Gasket splint, 3A MEDES, Gyeonggi-do, Korea)를 10×10×1 mm의 크기로 자른 후 유리 소재의 페트리 디쉬에 위치시켰다. 50 µL의 소 혈청 알부민(BSA, bovine serum albumin, 2 mg/mL, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)을 고분자 시트 표면에 떨어뜨린 후 표면이 BSA 용액으로 완전히 덮일 수 있도록 조심스럽게 퍼뜨렸다. 이때 BSA 용액이 페트리 디쉬에 흘러내리지 않도록

록 주의하였다. BSA 용액으로 덮인 시트는 (50±2) °C 조건 하의 드라이 오븐에 넣어 2시간 동안 건조 후, 시험에 사용하기 전까지 (25±2) °C 조건 하의 데시케이터에서 보관하였다.

BSA 용액으로 코팅된 시트의 면이 상방을 향하도록 위치 시켜 움직이지 않도록 고정하였다. 스펀지 브러쉬의 스펀지 부분이 증류수에 충분히 잠길 수 있도록 5초 동안 침지 시킨 후 꺼내어 엄지와 검지로 손잡이를 잡고 중지로 지지하여 일정한 힘으로 시트의 오른쪽부터 왼쪽으로 핸들을 등글리며 적용하였다. 이때 가능한 일정하게 반복 재현하기 위하여 한 명의 실험자에 의해 각 샘플 마다 10회의 적용 시험이 수행되었고, 실험 전 연습을 통해 일정한 힘이 지속적으로 적용될 수 있도록 훈련하였다. 스펀지 브러쉬 적용 후 시트 표면에 묻은 증류수를 건조 시키기 위해 시트를 12 well에 위치시킨 후 (50±2) °C 조건 하의 드라이 오븐에서 20분 동안 보관하였다. 단백질 정량 측정 전까지 건조된 시트를 (25±2) °C 조건 하의 데시케이터에 보관하였고, 이때 스펀지 브러쉬가 적용되지 않은 BSA 용액으로 코팅된 시트도 함께 준비하였다. 비친코닉 산(BCA, Bicinchoninic acid) 작업 시약을 만들기 위해, 시약 A (Pierce™ BCA Protein Assay Reagent A, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)와 시약 B (Pierce™ BCA Protein Assay Reagent B, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)를 50:1의 비율로 혼합하였다. 만들어진 BCA 작업 시약은 사용하기 전까지 상온에서 보관하였고, 50 µL BCA 작업 시약을 시트 표면에 떨어뜨린 후 시트가 BCA 작업 시약으로 완전히 덮일 수 있도록 조심스럽게 퍼뜨렸다. 이때 BCA 작업 시약을 퍼뜨리면서 12-well 세포 배양용 마이크로 플레이트에 흘러내리지 않도록 주의하였다. 12-well 세포 배양용 마이크로 플레이트의 뚜껑을 덮은 후, (37±1) °C 조건 하에서 30분 동안 보관 후, 시트 표면에서 반응된 BCA 작업 시약 50 µL를 마이크로피펫으로 채취하여 96-well 세포 배양용 마이크로 플레이트에 분주하였다. ELISA reader를 이용하여 반응된 BCA 작업 시약의 흡광도 값을 562 nm에서 측정 후, 다음의 공식에 대입하여 단백질 제거율을 계산하였다. OD_{562a}는 BSA 용액으로 코팅된 시트를 스펀지 브러쉬 적용 후 BCA 작업 시약으로 반응시켜 얻어진 흡광도 값을 의미하고, OD_{562b}는 BSA 용액으로 코팅된 시트에 BCA 작업 시약으로 반응시켜 얻어진 흡광도

값을 의미한다. 이는 최소 5번 이상의 시험을 반복하여 결과를 도출하였다.

$$Protein\ removal\ rate\ (\%) = (1 - \frac{OD_{562a}}{OD_{562b}}) \times 100$$

6. 통계분석

스펀지 브러쉬의 외형, 기공도, 물 흡수율, 세포독성 그리고 단백질 제거율 결과에 대한 통계 분석은 일원배치분산분석 (IBM SPSS Statistics 25.0, IBM Co., Amonk, NY, USA)과 Tukey's test로 사후 검정하였다. 또한 스펀지 브러쉬의 물 흡수 처리 전과 후의 무게를 비교하기 위하여 독립 표본 T검정을 시행하였다. 이때, 통계적 유의 수준은 0.05로 설정하였다.

결 과

1. 외형 및 기공도 평가

Figure 1은 스펀지 브러쉬의 외형 및 단면 이미지로, A, C, D, G 제품은 별 모양의 스펀지 형태 단면, B 제품은 모서리가 둥근 직사각형 단면, E와 F 제품은 빗꽃 형태의 단면을 나타내었다. 또한 A, B, C, D, G 제품은 플라스틱 소재의 손잡이, E와 F 제품은 종이 소재의 손잡이로 구성되었다.

Table 2는 스펀지 브러쉬의 치수와 무게, 그리고 기공도 평가에 대한 결과로서, 스펀지 부분의 높이가 가장 긴 것은 (24.98±0.17) mm인 G 제품이었다, 가장 짧은 것은 (20.05±0.06) mm로 F 제품이었다. 또한 A와 B 제품 간에는 유의한 차이가 나타나지 않았으며(p>0.05), 이를 제외한 모든 그룹 간에는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<0.05). 스펀지 부분의 지름이 가장 넓은 것은 (24.51±0.24) mm인 A 제품이었다, 가장 짧은 것은 (14.67±0.11) mm로 F 제품이었다. 또한 B와 E 그리고 E와 G 제품 간에는 유의한 차이가 나타나지 않았으며(p>0.05), 이를 제외한 모든 그룹 간에는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<0.05). 손잡이 부분의 길이가 가장 긴 것은 (16.25±0.06) cm인 A 제품이었다,

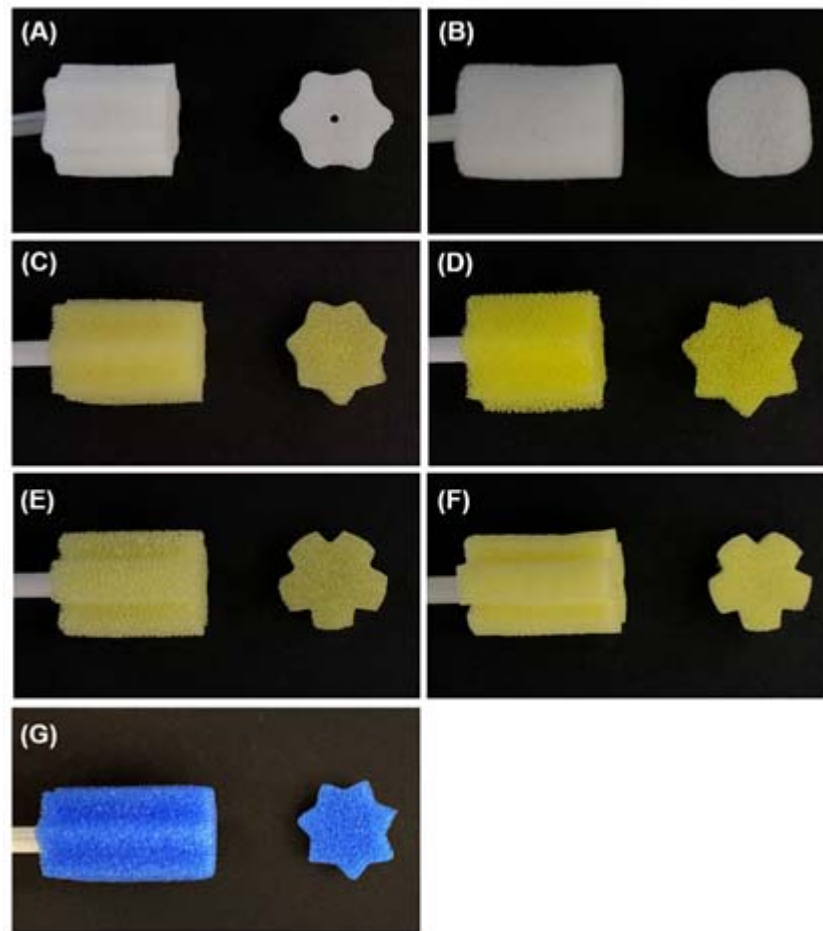


Figure 1. Appearance of outer surface and cross section of experimental sponge brush products, Each uppercase letter indicates the code of the experimental sponge brush products.

Table 2. Dimension and weight of the experimental sponge brush products

Code	Head			Stem		Weight (g)
	High (mm)	Diameter (mm)	Porosity (%)	Length (cm)	Thickness (mm)	
A	23,87±0,18 ^E	24,51±0,24 ^F	90,24±0,96 ^B	16,25±0,06 ^E	4,97±0,02 ^D	3,41±0,01 ^G
B	23,94±0,27 ^E	16,34±0,17 ^C	90,06±1,52 ^B	15,61±0,06 ^D	5,96±0,01 ^E	3,31±0,01 ^F
C	22,54±0,10 ^D	16,06±0,26 ^B	90,39±4,69 ^B	15,00±0,09 ^{AB}	3,94±0,03 ^C	1,53±0,01 ^B
D	17,94±0,06 ^A	17,98±0,05 ^E	87,99±0,68 ^B	15,03±0,02 ^B	3,80±0,02 ^A	1,77±0,02 ^C
E	20,37±0,16 ^C	16,48±0,09 ^{CD}	89,65±1,63 ^B	15,05±0,04 ^{BC}	3,85±0,02 ^B	2,10±0,01 ^D
F	20,05±0,06 ^B	14,67±0,11 ^A	80,98±0,44 ^A	14,97±0,05 ^A	3,96±0,02 ^C	2,24±0,00 ^E
G	24,98±0,17 ^F	16,56±0,14 ^D	92,63±1,63 ^B	15,12±0,06 ^C	3,97±0,01 ^C	1,13±0,01 ^A

The same capital letter shows no differences between sponge brush products ($p > 0,05$).

가장 짧은 것은 (14.97 ± 0.05) cm로 F 제품이였다. 또한 C와 D, C와 F, E와 D, E와 G 제품 간에는 유의한 차이가 나타나지 않았으며($p > 0.05$), 이를 제외한 모든 그룹 간에는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 손잡이 부분의 두께가 가장 두꺼운 것은 (5.96 ± 0.01) mm인 B 제품이었고, 가장 얇은 것은 (3.80 ± 0.02) mm로 D 제품이였다. 또한 C, F, G 제품 간에는 유의한 차이가 나타나지 않았으며($p > 0.05$), 이를 제외한 모든 그룹 간에는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.05$).

스펀지 브러쉬의 무게가 가장 무거운 것은 (3.41 ± 0.01)

g인 A 제품이었고, 가장 가벼운 것은 (1.13 ± 0.01) g로 G 제품이였다(Table 2). 또한 모든 그룹 간에는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.05$).

스펀지 브러쉬의 기공을 입체적으로 관찰한 결과 다양한 형태의 기공 양상을 확인하였고(Figure 2), G 제품은 (92.63 ± 1.63)%로 가장 높은 기공도를 보였고, (80.98 ± 0.44)%인 F 제품이 가장 낮은 기공도를 보였다(Table 2). 또한 가장 낮은 기공도를 보인 F 제품을 제외하고 다른 모든 그룹 간에는 유의한 차이가 나타나지 않았다($p > 0.05$).

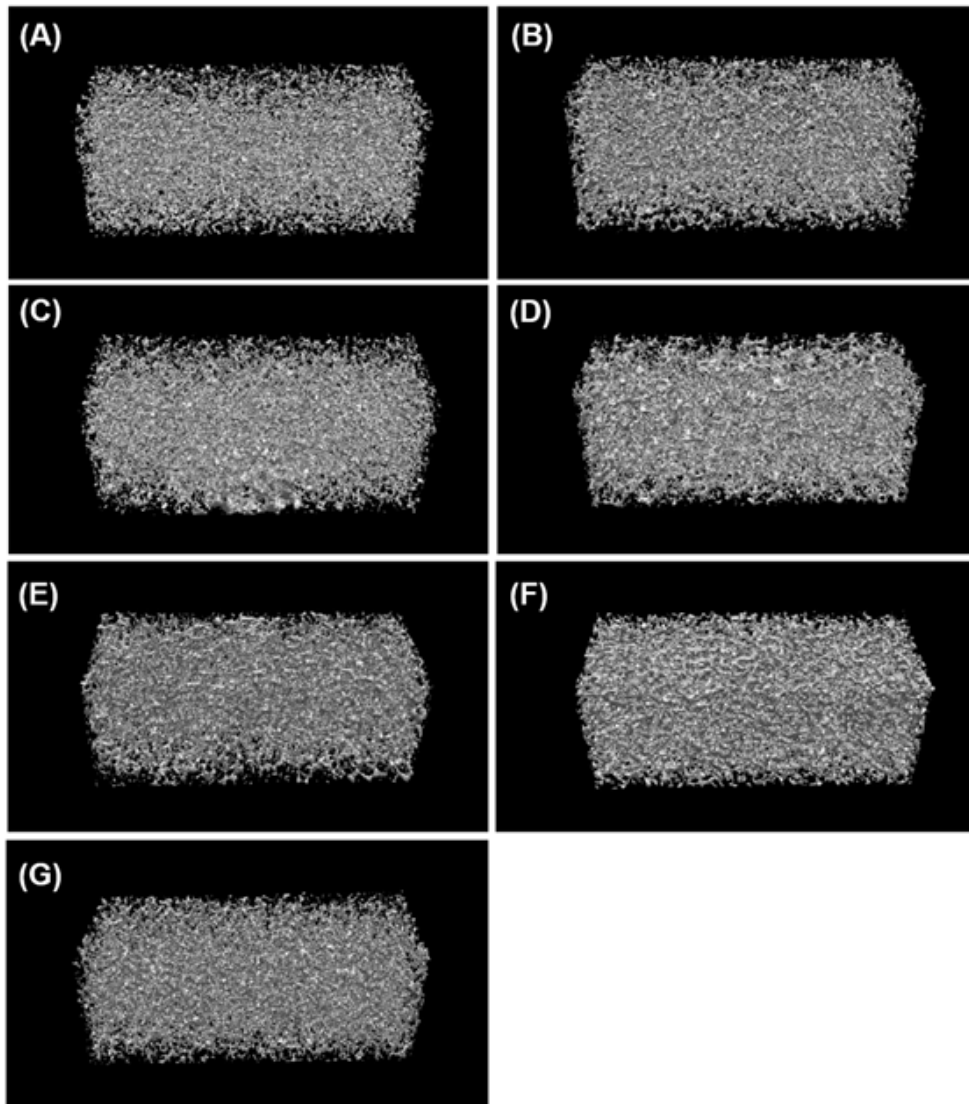


Figure 2. Micro-CT image of experimental sponge brush products. Each uppercase letter indicates the code of the experimental sponge brush products.

2. 물 흡수율 평가

Table 3은 스펀지 브러쉬의 스펀지 부위를 5초 동안 증류수에 침적 후 무게 변화를 측정하여 물 흡수율로 환산한 결과로서, D와 G 제품이 각각 (61.83±1.00)%와 (60.26±2.43)%로 가장 높은 물 흡수율을 나타내었고, F 제품은 (20.98±2.26)%로 가장 낮은 물 흡수율을 보였다. 더불어 모든 스펀지 브러쉬에서 유의한 차이로 물 흡수 전 무게에 비해 물 흡수를 한 후 증가하였다(p<0.05).

3. 용출액 및 세포독성평가

모든 스펀지 브러쉬 제품의 용출액에서는 이물질과 불순물 등이 관찰되지 않았다. Figure 3은 스펀지 브러쉬의 용출액을 I929 세포에 적용하여 세포생존율로 환산한 결과로서, D 제품이 (5.64±1.07)%로 가장 낮은 세포생존율을 나타내었고, E 제품은 (87.23±0.97)%로 가장 높은 세포생존율을 보였다(p<0.05). 그리고 C와 D 제품을 제외한 모든 제품은 70% 이상의 높은 세포생존율을 보였다.

4. 단백질 제거율 평가

Figure 4는 단백질이 코팅된 고분자 시트에 대한 스펀지 브러쉬의 단백질 제거율을 나타낸 결과로서, 모든 스펀지 브러쉬 제품은 70% 이상의 단백질 제거율을 보였다. 특히나

A 제품이 (81.85±2.51)%로 가장 높은 단백질 제거율을 보였고, B 제품은 (72.00±1.43)%로 상대적으로 낮은 단백질 제거율을 나타내었다(p<0.05).

고 찰

고령사회로 진입함에 따라 비전문가도 효율적이고 경제적으로 구강 위생 관리를 할 수 있는 방법들이 소개되어 왔고, 이때 사용되는 구강 위생 관리 용품의 시장이 급성장하고 있다. 뿐만 아니라 오랜 침상 생활을 해야 하는 환자들의 구강 위생 관리 용품 역시 지속적으로 연구되고 있는 추세이다. 이 가운데 스펀지 브러쉬는 구강 점막의 위생 관리를 목적으로 사용되는 의약외품으로, 스펀지 브러쉬의 임상 평가에 대한 연구 결과는 일부 보고된 반면 이들의 외형, 생체적합성 및 부착물 제거 효력을 반복 및 재현 가능한 시험법으로 비교 연구한 결과들은 부족한 것으로 나타났다(9, 11, 12, 14). 본 연구에서는 시중에 판매되는 구강 관리용 스펀지 브러쉬 제품들의 외형, 기공도, 물 흡수율, 세포독성 그리고 부착물 제거 효력의 비교를 통해 추후 구강 위생 관리 용품의 품질 및 효력 평가 시 활용할 수 있는 기초 자료를 제공하고자 하였다.

본 연구에서 사용된 스펀지 브러쉬는 수급이 어려운 제품

Table 3. Weight of sponge brush head before and after immersion in distilled water, and water sorption rate of the experimental sponge brush products

Code	Before (mg)	After (mg)	Water sorption rate (%)
A	562.48±18.61 ^a	975.27±33.23 ^b	42.27±2.44 ^C
B	523.00±17.59 ^a	883.83±40.82 ^b	40.75±1.98 ^{BC}
C	430.36±9.22 ^a	632.83±27.89 ^b	38.17±3.15 ^B
D	299.91±8.36 ^a	787.07±37.56 ^b	61.83±1.00 ^E
E	381.03±13.93 ^a	699.48±14.14 ^b	45.46±2.32 ^D
F	500.60±20.38 ^a	634.14±33.51 ^b	20.98±2.26 ^A
G	215.01±11.92 ^a	542.62±31.15 ^b	60.26±2.43 ^E

The same upper capital letter shows no differences between sponge brush products (p>0.05). The different lower capital letter present significant difference between before and after immersion in distilled water at each group (p<0.05).

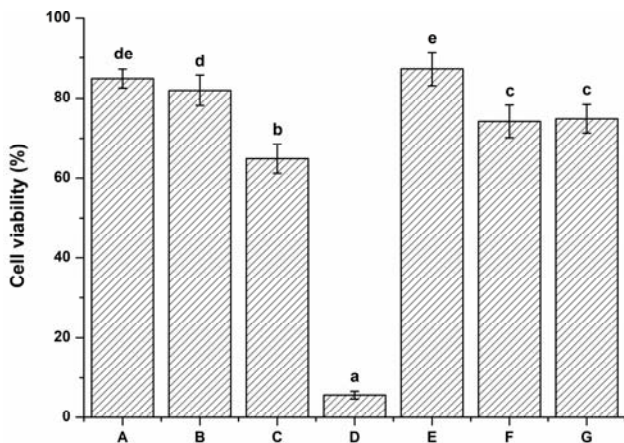


Figure 3. Cell viability of each experimental sponge brush product. The same lowercase letter shows no significant differences between the sponge brush products ($p > 0.05$).

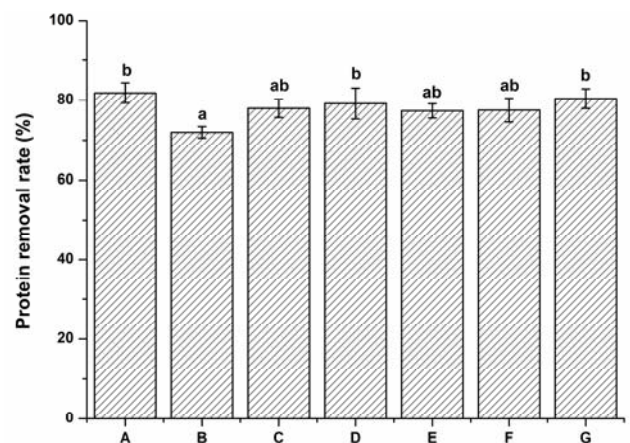


Figure 4. Protein removal rate of each experimental sponge brush product. The same lowercase letter shows no significant differences between the sponge brush products ($p > 0.05$).

은 제외하고, 국내에서 구입이 용이하고, 다양한 제조사 및 특성이 반영될 수 있는 7종의 제품을 무작위로 선정하여 실험에 사용하였다. 그 결과, 조사된 스펀지 브러쉬의 제조국은 한국, 일본 그리고 중국이었으며, 그 중 일본이 57.14%로 가장 많은 비중을 차지하였다. 2018년도 기준, 한국에서는 65세 이상이면 의치와 임플란트 치료에 한정하여 건강보험이 적용되는 반면, 일본에서는 방문 교육, 홈 케어를 통한 전문가 구강 위생 처치, 구강 기능 장애(oral dysfunction)와 구강 기능 관리(oral functional management)의 범위까지도 건강 보험이 적용되고 있었다(18-20). 이는 노인 요양 내용 중 구강 관리를 중시하는 일본의 제도로 인해(19), 국내에 비해 상대적으로 스펀지 브러쉬의 수요가 많았던 것으로 여겨지고, 이는 본 연구에 사용된 스펀지 브러쉬 제품의 제조국 현황에도 영향을 미쳤을 것으로 사료된다. 제조사가 언급한 스펀지 브러쉬의 사용방법은 대부분 물 또는 구강 보습 젤에 묻혀 사용하도록 표기하였고, 일회용 제품에 해당하기 때문에 재사용이 불가하다는 주의사항을 확인할 수 있었다. 또한 대다수의 제조사가 직사광선 및 고온 다습한 곳을 피하여 보관해야 한다고 표기하고 있었다.

이외에도 제조사가 표기한 스펀지 브러쉬 외형 내용을 바탕으로 실제 관찰되는 제품의 특징들을 비교 분석하고자 사이즈 및 무게 등을 측정하였다. 측정 결과, 스펀지 부분의 높이는 7종의 제품 중 3종의 제품(D, E, F)에서만 일치하였으

며, 나머지 4종의 제품 중 2종의 제품(A, B)은 제조사가 표기한 치수보다 더 짧은 값을 보였고, 2종의 제품(C, G)은 더 긴 치수를 보였다. 스펀지 부분의 지름은 1종의 제품에서만 일치함을 확인하였다. 나머지 6종의 제품 중 지름을 표기하지 않은 G 제품을 제외하고는 모두 제조사가 표기한 지름보다 짧은 값을 나타내었다. 제품의 전체 길이를 측정된 결과, G 제품을 제외한 제품들이 제조사가 표기한 사항과 일치하였다. 전반적으로 스펀지 부분의 높이는 (17.94~24.98) mm, 스펀지 부분의 지름은 (14.67~24.51) mm, 스펀지 브러쉬 전체 길이는 (14.97~16.25) cm, 스펀지 브러쉬 손잡이 두께는 (3.80~5.96) mm로 다양한 범위를 나타내었다. 또한 제품의 무게를 측정된 결과, (1.13~3.41) g의 범위를 보였다.

스펀지 브러쉬는 스펀지 특성 상 다수의 기공을 보이고 있었다. 이에 본 연구에서는 micro CT 장비를 이용하여 각 제품별 기공도 및 구조 관찰을 수행하였다. 해당 장비는 다공성의 스캐폴드(scaffold) 구조를 관찰할 때 다수의 연구들에서 사용된 기기로서, 미세 구조의 직접적인 정량화(quantification)를 가능하게 해주는 특징이 있다(21-24). 기공도 측정 결과, F 제품을 제외하고 모든 제품군들에서 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 이를 통해 대부분의 스펀지 브러쉬는 (87.99~92.63)%의 기공도를 갖고 있음을 알 수 있었다.

스펀지 브러쉬는 물에 적신 후 짜내어 구강 안을 닦는 방법으로 사용되는 구강 위생 용품으로, 스펀지 브러쉬의 물 흡수율 평가는 제품을 물과 함께 사용한다는 점에 있어 중요 인자로 작용될 수 있다. 이에 고분자 치과재료 관련 표준 및 문헌에 따라 물에 대한 재료의 물 흡수도 측정 방법을 참고로 스펀지 브러쉬의 물 흡수율 평가에 적용하였다(25, 26). 스펀지 브러쉬를 물에 일정 시간 동안 침지시킨 후 침지 전의 무게와 비교하여 물 흡수율을 측정할 결과, F 제품은 (20.98±2.26)%로 가장 낮은 물 흡수율을 나타내었다. 또한 F 제품은 (80.98±0.44)%의 가장 낮은 기공도를 보였다. 이를 통해 F 제품에서의 낮은 기공도는 물 흡수율에 영향을 미칠 수 있는 요인인 것으로 판단하였다.

스펀지 브러쉬는 구강 내 습윤한 환경에서 점막, 혀 및 인두 부근, 구개부에 노출되는 치과 재료로서 대상자가 안심하고 사용할 수 있는 구강 위생 관리 용품의 관리 기반 구축이 필요하다(9). 이에 구강 내에서 사용하는 의료기기의 생물학적 평가 관련 규격 및 문헌에 따라 스펀지 브러쉬의 용출 시험을 수행하였다(17, 27). 관련 규격에서는 치과 재료의 실제 임상적 사용 과정 동안 환자 또는 사용자에게 노출 가능한 용해 물질의 정도를 평가하기 위한 용출 방법을 고려하여 사용목적에 최대한 근접하면서 엄격한 조건으로 노출 조직과 온도를 고려해야 한다고 제시하고 있다. 본 연구에서는 검체의 형태 때문에 표면 면적을 결정할 수 없어 질량/부피(용출 액체의 부피)를 이용하여 용출을 진행하였고, 그 결과 모든 스펀지 브러쉬 제품의 용출액에서 이물질과 불순물 등이 관찰되지 않았다. 이는 습윤한 구강 내 환경에서 스펀지 브러쉬가 적용되는 동안 이물질이나 불순물의 발생 없이 효력을 발휘할 수 있는 재료인 것으로 판단된다. 또한 세포독성시험은 스펀지 브러쉬의 잠재적 위해를 추정하는데 유용한 평가 지표로 활용될 수 있다. 세포독성시험은 재료의 용출액을 세포에 직접 접촉시켜 배양하는 제외(*in vitro*) 시험 방법으로 포유류 세포의 생물학적 반응을 평가할 수 있다(28). 본 연구에서는 세포 배양 동안 미생물에 의한 오염을 막기 위하여 스펀지 브러쉬를 멸균 후 배양용 배지에서 용출하여 얻은 용출액으로 MTT assay를 수행하였다. MTT assay는 대사 활성을 통한 세포의 생존 능력 측정에 기반을 두고 있고, KS P ISO 10993-5에 근거하여 생존율이 공시험액의 70% 미만으로 감소되는 경

우, 잠재적으로 세포 독성이 있는 것으로 판정한다. 본 연구에서는 C와 D 제품을 제외한 모든 제품에서 70% 이상의 세포생존율을 보였다. 스펀지 브러쉬 중 D 제품의 용출액에 대한 세포생존율은 (5.64±1.07)%로 가장 낮은 값을 나타내었다. 제조사의 표기 내용에 따르면 D 제품의 스펀지 소재는 우레탄으로 언급되어 있었으나, 높은 세포생존율을 보인 E와 F 제품 또한 같은 소재로 언급되어 있었다. 완전하게 반응한 폴리우레탄 고분자는 화학적으로 비활성한 특징을 갖는다. 그러나 미 반응된 이소시아네이트(isocyanate)는 독성을 일으킬 수 있는 물질로 알려져 있고, 폴리우레탄 스펀지 제품의 제조를 위해서는 일부 기타 첨가제(점도 조절제, 기포 안정제, 반응 촉매제, 산화 방지제 등)가 포함될 수 있는데, 이러한 저분자 화합물들이 독성을 유발할 수 있는 잠재력을 갖는다(29). 따라서 세포독성을 보였던 일부 제품의 용출액 분석 및 독성 유발의 잠재적 요인에 대한 후속 연구가 필요할 것으로 사료된다.

스펀지 브러쉬는 돌봄을 필요로 하는 자, 장애인, 구강 기능 저하 환자, 경관 영양 섭취자, 양치질을 스스로 할 수 없는 자를 대상으로 구강 점막의 음식물 잔사, 가래, 박리 상피 등의 부착물을 제거할 수 있는 기능을 갖는다(30). 이때 스펀지 브러쉬를 물에 적신 후 구강 점막에 직접 접촉시켜 스펀지를 등글리며 닦도록 권고하고 있다(12, 13). 관련 선행 연구 및 국제표준을 참고로 스펀지 브러쉬의 회전 횟수와 방향을 고정해 스펀지 브러쉬의 부착물 제거 효력을 평가하였다(31-33). 이때 BCA 방법을 이용해 표면에 남아있는 BSA 성분을 정량화 하여 단백질 제거율로 환산하는 방법을 적용시켰다(34). 그 결과, 모든 스펀지 브러쉬 제품은 70% 이상의 높은 단백질 제거율을 보였다. 또한 같은 제조사에서 판매되나 크기와 기공도가 다른 두 스펀지 브러쉬의 단백질 제거율에는 유의미한 차이를 보이지 않았다. 이에 본 연구에서 사용된 스펀지 브러쉬의 외형 및 기공도의 차이는 부착물 제거 효력에 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다. 스펀지 브러쉬의 임상 평가에 대한 선행 연구 결과, 구강 위생 용품으로서 스펀지 브러쉬의 구강 내 부착물 제거 효력은 입증되어 있는 사항이다(12). 그러나 선행 연구 방법과 마찬가지로 본 연구의 방법 또한 스펀지 브러쉬 적용 시 시험자 혹은 술자의 행위로 진행하였기에 가해지는 힘을 통제하기에는 한계점이 있었다. 이전 연구에 의하면

칫솔의 마모력에 대한 실험실 평가를 위해 자동 잇솔질 기계를 사용하였고, 해당 방법은 정밀도와 재현도가 우수하여 많은 연구들에서 활용되고 있다(35-37). 추후 스펀지 브러쉬 제품의 부착물 제거 효력 평가 시, 시편에 닿는 스펀지 브러쉬의 압력과 회전 횟수를 일정하게 가해질 수 있도록 표준화시켜 실제 사용 방법과 비슷하게 작동 범위를 조정하여 평가할 수 있는 방법이 연구되어야 할 것이다.

스펀지 브러쉬를 이용하여 치아 표면을 닦아낸 후 치면세균막 제거율을 평가한 연구 결과에서는 스펀지 브러쉬의 적용이 치면세균막 지수(plaque score)를 줄일 수는 있으나 치아 사이의 치면세균막은 효과적으로 제거하지 못한다는 것을 보고하며, 스펀지 브러쉬는 구강 내 점막에 한정하여 위생 관리에 사용할 것을 제안하였다. 또한 스펀지 브러쉬는 혀의 후방 부위에 대한 기계적 세정에 효과적이므로 구취를 경험하고 있는 노인 환자의 위생 관리에 활용할 것을 추천하였다. 이와 더불어 기회 감염을 유발하는 병원체가 발견된 고령자에게 글루콘산클로르헥시딘액(chlorhexidine gluconate solution)과 스펀지 브러쉬를 함께 사용할 경우 더욱 효과적일 수 있다고 제안하였다(12).

지속해서 증가할 구강 위생 관리 용품에 대한 수요와 스펀지 브러쉬 제품의 시장 추세를 고려해 볼 때, 반복 및 재현 가능하고 표준화된 방법을 통한 스펀지 브러쉬 제품에 대한 고찰은 현 사회의 수요에 필수적인 연구가 될 수 있다. 이에 우리나라에서 의약외품으로 지정된 스펀지 브러쉬 제품의 지속적인 모니터링 강화와 구강 위생 관리 용품에 대한 특성 및 효력 평가 연구는 소비자가 안심하고 사용할 수 있는 제품이 시중에 유통될 수 있는 시대적 요구이다.

본 연구에서는 시중에 판매되는 다양한 구강 관리용 스펀지 브러쉬 제품을 선정하여 실험을 진행하였으나, 부착물 제거 효력 평가를 위한 스펀지 브러쉬 적용 시 회전 횟수와 하중을 한 명의 시험자가 반복 실험을 통해 수행하였다는 제한점을 갖고 있다. 따라서 도출된 해당 연구 결과를 통해 제품에 대한 특성을 일반화 내리는 것에 한계점이 있으므로 보다 객관적이고 재현 가능한 평가방법을 고안하여 한계점을 보완할 수 있는 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

결론

본 연구는 시중에 판매되는 구강 관리용 스펀지 브러쉬 제품의 외형, 생체적합성 및 부착물 제거 효력을 평가하기 위해 다양한 제조사 및 특성이 반영될 수 있는 7종의 제품을 선정하여 각각의 외형, 기공도, 물 흡수율, 세포독성, 그리고 단백질 제거 실험을 통해 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 스펀지 브러쉬의 외형 측정 결과, 브러쉬의 길이는 (17~24) mm, 지름은 (14~24) mm, 손잡이 부분의 길이는 (14~16) cm, 두께는 (3~5) mm의 범위를 나타내었다.
2. 스펀지 브러쉬의 무게는 모든 제품에서 유의한 차이가 나타났으며($p < 0.05$), (1.13~3.41) g의 다양한 무게 범위를 보였다.
3. 스펀지 부분의 기공도 측정 결과, 모든 스펀지 브러쉬 제품에서 80% 이상의 기공도를 보였다.
4. 모든 스펀지 브러쉬에서 유의한 차이로 물 흡수 전 무게에 비해 물 흡수 후의 무게가 증가하였고($p < 0.05$), 물 흡수율이 적게는 21% 많게는 62%로 나타났다.
5. 용출 및 세포독성 시험 결과, 모든 스펀지 브러쉬 제품의 용출액에서는 이물질과 불순물 등이 관찰되지 않았고, 7종의 제품 중 2종의 제품을 제외한 나머지 제품 모두 70% 이상의 높은 세포생존율을 보였다.
6. 단백질이 코팅된 고분자 시트에 대하여 모든 스펀지 브러쉬 제품은 70% 이상의 단백질 제거율을 보였다.

이상의 연구에서 도출된 다양한 구강 관리용 스펀지 브러쉬 제품의 외형, 기공도, 물 흡수율, 세포독성 그리고 부착물 제거 결과들은 대상자의 신체 및 구강 상태에 적합한 구강 위생 용품을 선택할 수 있는 기반을 마련하고, 제품의 효력에 부합되는 최적의 시험법 선택과 스펀지 브러쉬의 제품 개발을 위한 기초자료 제공에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

사사

이 논문은 2020학년도 하반기 건양대학교 학술연구비 지원에 의하여 이루어진 것임.

참고문헌

1. Yang EY, Lee SY. Development and validation of the self-care for aspiration pneumonia prevention scale in the community dwelling elderly with risk of dysphasia. *J Korean Acad Nurs*. 2020;50(3):474-86.
2. 전태순, 이혁준, 임진섭. 노인의 심리사회적 문제와 우울 간의 영향관계 연구: 사회적 지지의 조절효과를 중심으로. *공공정책연구(구 법정리뷰)*. 2020;37(1):291-315.
3. Rhyou KS, Yang YH. Characteristics and clinical outcomes of elders with aspiration pneumonia. *J Korean Gerontol Nurs*. 2018;20(1):45-55.
4. Park SL, Lee JY, Jung HY, Koh SE, Lee IS, Yoo KH, et al. Use of videofluoroscopic swallowing study in patients with aspiration pneumonia. *Ann Rehabil Med*. 2012;36(6):785-90.
5. Marik PE, Kaplan D. Aspiration pneumonia and dysphagia in the elderly. *Chest*. 2003;124(1):328-36.
6. Lee JS, Collard HR, Raghu G, Sweet MP, Hays SR, Campos GM, et al. Does chronic microaspiration cause idiopathic pulmonary fibrosis? *Am J Med*. 2010;123(4):304-11.
7. van der Maarel-Wierink CD, Vanobbergen JN, Bronkhorst EM, Schols JM, de Baat C. Meta-analysis of dysphagia and aspiration pneumonia in frail elders. *J Dent Res*. 2011;90(12):1398-404.
8. Koichiro U. Preventing aspiration pneumonia by oral health care. *Japan Med Assoc J*. 2011;54(1):39-43.
9. Meechumna N, Komin O, Pimkhaokham A. A Comparison of dislodged force of sponge head between initially Thai manufactured and Japan manufactured sponge brush. *RSU International Research Conference*; 2019.
10. O'Reilly M. Oral care of the critically ill: a review of the literature and guidelines for practice. *Aust Crit Care*. 2003;16(3):101-10.
11. Marino PJ, Hannigan A, Haywood S, Cole JM, Palmer N, Emanuel C, et al. Comparison of foam swabs and toothbrushes as oral hygiene interventions in mechanically ventilated patients: a randomised split mouth study. *BMJ Open Respir Res*. 2016;3(1):e000150.
12. Tashiro K, Katoh T, Yoshinari N, Hirai K, Andoh N, Makii K, et al. The short-term effects of various oral care methods in dependent elderly: comparison between toothbrushing, tongue cleaning with sponge brush and wiping on oral mucous membrane by chlorhexidine. *Gerodontology*. 2012;29(2):e870-82.
13. Ikeda M, Miki T, Atsumi M, Inagaki A, Mizuguchi E, Meguro M, et al. Effective elimination of contaminants after oral care in elderly institutionalized individuals. *Geriatr Nurs*. 2014;35(4):295-9.
14. Yonenaga K, Hoshi K, Miyamoto Y, Kitahara Y, Kamatsuka M, Fujihara Y, et al. Investigating the efficacy of intraoral wet sheets. *Tokai J Exp Clin Med*. 2019;44(1):15-9.
15. Ko SM, Lim SR. Oral hygiene care for elderly in care facility. *J Korean Dent Assoc*. 2015;53(10):678-87.
16. Lee KY, Lim SR. Effect of professional oral healthcare program on the oral status of elderly residents in long-term care facilities. *J Dent Hyg Sci*. 2016;16(6):432-41.
17. KS P ISO 10993-12:2012. Biological evaluation of medical devices—Part 12: Sample preparation and reference materials.
18. Lee MJ, Oh SH. Suggestions for the work of dental hygienists and a reflection of health insurance charges according to Demographic Changes. *J Dent Hyg Sci*. 2020;20(1):1-8.
19. Shin RH, Bae HEK, Choi SH, Park II, Ohyama T, Chung MK. Analysis of current nursing homes in Korea and to assess the role and prospect of dentists in comparison to Japanese long term care insurance system. *J Kor Acad Pros*. 2008;46(1):83-91.
20. Kim MJ, Lee HK. Relationship of dental health assessment to the number of existing permanent tooth

- in senior citizens visited a dental hospital or clinic from some regions. *J Dent Hyg Sci.* 2007;7(3):161-6.
21. Balbinot GdS, Collares FM, Visioli F, Soares PBF, Takimi AS, Samuel SMW, et al. Niobium addition to sol-gel derived bioactive glass powders and scaffolds: In vitro characterization and effect on pre-osteoblastic cell behavior. *Dent Mater.* 2018;34(10):1449-58.
 22. Al-Jawoosh S, Ireland A, Su B. Characterisation of mechanical and surface properties of novel biomimetic interpenetrating alumina-polycarbonate composite materials. *Dent Mater.* 2020;36(12):1595-607.
 23. Kim SM, Kim KM, Lee KS, Yoo CK, Lee YG. Enhanced strength of the tissue engineering scaffold. *Kor J Dent Mater.* 2011;38(4):321-7.
 24. van Lenthe GH, Hagenmüller H, Bohner M, Hollister SJ, Meinel L, Müller R. Nondestructive micro-computed tomography for biological imaging and quantification of scaffold–bone interaction in vivo. *Biomaterials.* 2007;28(15):2479-90.
 25. Müller JA, Rohr N, Fischer J. Evaluation of ISO 4049: water sorption and water solubility of resin cements. *Eur J Oral Sci.* 2017;125(2):141-50.
 26. KS P ISO 4049:2009. Dentistry-Polymer-based restorative materials.
 27. John KRS. Biocompatibility of dental materials. *Dent Clin North Am.* 2007;51(3):747-60.
 28. KS P ISO 10993-5:2009. Biological evaluation of medical devices—Part 5: Tests for in vitro cytotoxicity.
 29. Zhang JY, Beckman EJ, Piesco NP, Agarwal S. A new peptide-based urethane polymer: synthesis, biodegradation, and potential to support cell growth in vitro. *Biomaterials.* 2000;21(12):1247-58.
 30. Ishikawa A, Yoneyama T, Hirota K, Miyake Y, Miyatake K. Professional oral health care reduces the number of oropharyngeal bacteria. *J Dent Res.* 2008;87(6):594-8.
 31. Vasseý M, Budge C, Poolman T, Jones P, Perrett D, Nayuni N, et al. A quantitative assessment of residual protein levels on dental instruments reprocessed by manual, ultrasonic and automated cleaning methods. *Br Dent J.* 2011;210(9):E14.
 32. Beilenhoff U, Biering H, Blum R, Brljak J, Cimbrow M, Dumonceau JM, et al. ESGE-ESGENA technical specification for process validation and routine testing of endoscope reprocessing in washer-disinfectors according to EN ISO 15883, parts 1, 4, and ISO/TS 15883-5. *Endoscopy.* 2017;49(12):1262-75.
 33. Winter S, McDonagh G, Lappin D, Smith A. Assessing the efficacy and cost of detergents used in a primary care automated washer disinfectant. *Br Dent J.* 2018; 225(4):315-9.
 34. Biotechnology P. Pierce™ BCA Protein Assay Kit. Rockford, IL; 2013.
 35. Lee SY, Kwon HK, Kim BI. Effect of dentinal tubule occlusion by dentifrice containing nano-carbonate apatite. *J Oral Rehabil.* 2008;35(11):847-53.
 36. Neme A, Wagner WC, Pink FE, Frazier KB. The effect of prophylactic polishing pastes and toothbrushing on the surface roughness of resin composite materials in vitro. *Oper Dent.* 2003;28(6):808-15.
 37. Yang SY, Choi JW, Lee SB, Kim KM, Kwon JS. Study on the efficacy, physical and chemical properties of tooth manicure products. *Kor J Dent Mater.* 2020; 47(1):23-36.

구강 관리용 스펀지 브러쉬 제품의 특성, 생체적합성 및 효력 연구

양송이¹, 최지원^{1,2}, 오상환^{3,*}

¹연세대학교 치과대학 치과생체재료공학교실 및 연구소

²연세대학교 치과대학 BK21 창의치의학융합 교육연구단

³건양대학교 의과대학 치위생학과

스펀지 브러쉬는 음식물 잔사 및 구강 점막의 부착물을 제거하기 위해 회전시키며 사용하는 구강 위생 용품이다. 본 연구의 목적은 스펀지 브러쉬 제품의 외형, 기공도, 물 흡수율, 세포독성 및 부착물 제거 효력을 평가하는 것이며, 시중에 판매되는 7종의 스펀지 브러쉬를 시험 재료로 사용하였다. 스펀지 브러쉬의 외형 평가를 위해, 스펀지 브러쉬의 치수와 무게를 측정하였다. 또한 스펀지의 기공도 측정을 위해 micro CT를 이용하여 평가하였다. 물 흡수율은 스펀지 브러쉬를 침지 전과 증류수에 5초 동안 침지 후의 무게를 측정하여 계산하였다. 스펀지 브러쉬는 KS P ISO 10993-12에 따라 용출하였고, 용출액은 육안 검사를 통해 평가하였다. 용출액의 생체적합성을 평가하기 위해 MIT assay를 수행하였다. 부착물 제거 효력을 평가하기 위해 소 혈청 알부민으로 코팅된 시트를 스펀지 브러쉬로 제거 후 비친코닉 산 분석법으로 정량화하여 단백질 제거율을 계산하였다. 스펀지 부분의 높이는 17~24 mm, 지름은 14~24 mm, 손잡이 부분의 길이는 14~16 cm, 두께는 3~5 mm의 범위를 나타내었다. 모든 스펀지 브러쉬 제품의 무게는 유의한 차이가 있었고($p < 0.05$), 스펀지의 기공도는 모든 제품에서 80% 이상으로 나타났다. 물 흡수 후 스펀지 브러쉬의 중량은 크게 증가되었고, 물 흡수율은 21~62% 범위로 관찰되었다. 스펀지 브러쉬 용출 결과, 용출액에서 이물질이나 불순물은 관찰되지 않았고, 세포독성평가에서는 2종의 스펀지 브러쉬를 제외하고는 모든 제품에서 70% 이상의 세포생존율을 보였다. 단백질 제거 시험 결과, 소 혈청 알부민으로 코팅된 시트로부터 모든 스펀지 브러쉬는 70% 이상의 단백질 제거율을 보였다. 이상의 연구 결과는 대상자의 신체 및 구강 상태에 따라 적절한 구강 관리용 스펀지 브러쉬를 선택할 수 있는 기반을 마련하고, 향후 관련 구강 관리 제품의 개발에 유용한 정보로 활용할 수 있다.

색인 단어 : 스펀지 브러쉬, 기공도, 물 흡수율, 세포독성, 단백질 제거 효과
