연조직두께 측정기구(SDM)의 재현성에 관한 연구

장문택* · 김형섭* · 이광원**

전북대학교 치과대학 치주과학교실*, 치과보존학교실**,
구강생체과학연구소

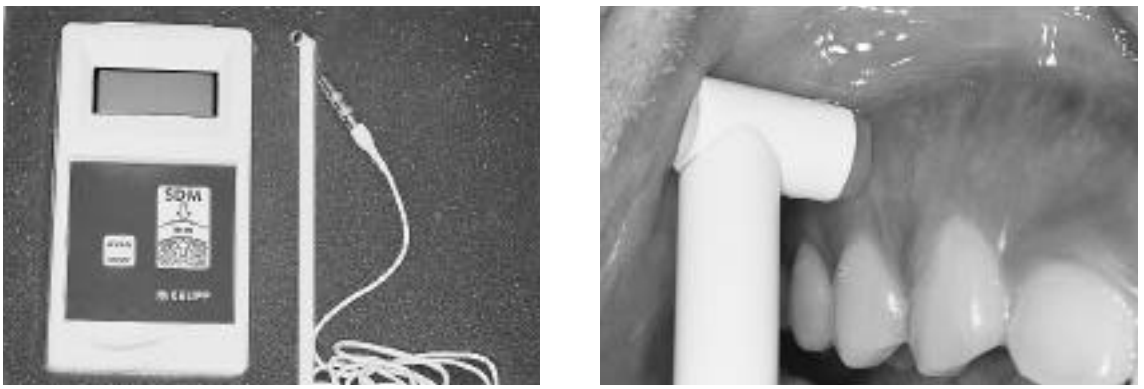
I. 서론

치주조직의 일부를 구성하는 치은은 치아를 지지하며, 다른 치주조직 - 결체조직 부착 및 치조골 - 을 적대적인 구강환경으로부터 보호한다. 이러한 기능적 역할과 더불어, 심미적 관점에서도 치은의 역할은 아주 중요하다. 즉, 치관의 모양과 길이는 변연부 치은(marginal gingiva)에 의해 결정되며, 치간 인접부의 공간은 치간부 치은에 의해 채워진다. 그러므로 과도한 잇솔질이나 치주염 등에 의한 상악 전치부의 치은퇴축은 인접치아 및 대응측방(contralateral) 치아의 치은모양과의 자연스런 조화(harmony) 및 대칭(symmetry)을 깨뜨려서 심미적 문제를 야기할 수 있다.[1] 염증이나 외부자극에 의한 손상은 치은 두께가 얇은 경우, 더 많은 치은퇴축을 일으키는 것으로 알려져 있다.[2,3] 그러므로, 심미성이 강조되는 상악전치부위의 치주치료나 보철치료시, 치은의 두께를 치료 전에 미리 평가하는 것은 좋은 심미적 치료결과를 얻기 위해서 바람직 할 것이다.

치은퇴축을 줄이기 위한 결체조직이식술후 치은 높이의 증가와 함께, 두께의 증가가 관찰되었다.[4] 이는 치아를 협측으로 이동할때 치은이 얇아지며 또한 치은 높이도 낮아지나, 반대로 설측이동시에는 치은이 두꺼워지면서 치은 높이도 따라서 증가하는 것을 관찰한 Wennstrom 등[5]의 Monkey 실험결과와 연관하여 생각할 수 있다. 이러한 의미에서 치은퇴축을 없애기 위한 치은점막성형술에서 이식공여부의 정확한 두께 측정은 적절한 두께의 이식편 채취를 가능하게 한다.[6] 또한 임플란트를 식립하려는 무치악부위의 연조직 두께를 측정한 다음, 연구모델에서 측정한 두께만큼을 제거하면 임플란트 식립부의 골 양을 예측할 수 있을 것이다.[7]

치은이나 연조직의 두께 측정에는 국소마취후, 치주탐침자, 주사침, 근관치료기구 등으로 두께를 직접 측정하는 침윤성(invasive)방법[3,6-10]이 대부분 사용되었으나, 초음파를 이용하여 조직의 손상없이 두께를 측정하는 비침윤성(non-invasive)방법[11]도 사용되었다. 하지만 환자에게 통증으로 인한 불편감을 주는 침윤성 방법이나, 복잡한 장비를 필요로 하는 초음파를 이용한 방법 모두 실용화되지 못하고 일부 연구에서만 실험적으로 사용되었다.

본 연구는 전북대학교병원 특수목적연구비의 지원에 의하여 이루어진 것임.



(a) (b)

Figure 1. 초음파를 이용한 연조직 측정기구(SDM)의 외형(a) 및 사용법(b)

최근 초음파를 이용한 새로운 연조직두께 측정 기 구 (SDM; Krupp Corp., Essen, Germany)가 개발되었다(Figure 1a). SDM의 작동원리는 방출된 초음파가 연조직을 1518 m/s의 속도로 통과 한 후, 치아나 골의 표면에서 반사되어 다시 되돌아오는 시간을 측정하여 연조직 두께를 계산하는 것이다. SDM은 0.1 mm 단위로 0.3 mm에서 8.0 mm까지 측정할 수 있다. SDM을 사용하여 Eger등[12]은 협측 각화치은의 두께를 측정하였으며, M ller등[13]도 협측 각화치은의 두께와 구개측의 저작점막의 두께를 측정하였다. 또한, Chang등[1]은 임플란트 주위의 연조직과 대응자연치의 협측 각화치은의 두께를 측정하는데 SDM을 사용하였다.

SDM의 유효성(validity)은 근관치료용 리머와 SDM에 의한 측정치를 비교한 실험에서 입증되어졌다.[12] 하지만, 24시간의 간격으로 두 번 측정 계산한 SDM의 재현성(reliability)은 측정대상 조직(협측, 설측, 구개점막)에 따라 다양한 측정오차를 보였다.[4] 그리고 SDM의 임상사용에서 종종 같은 부위의 연속 측정치가 아주 다른 경우가 관찰되며, 이 같은 현상은 구치부에서 더욱 자주 관찰된다. 측정 부위를 확인하기 어려우므로 같은 부위를 연속적으로 측정하기가 어려운 것과 구치 주변 연조직 두께의 다양한 변화가 낮은 재현성의 원인으로 생각되었다.[4] 하지만 현재까지 발표된 SDM에 관한 문헌들은 대상 조직을 대상 조직을 여러 위치에서 측정한 오차의 평균만을 보고하였으며,[4,12] 재현성에 영향을 줄 수 있는 요인에 관해서는 치아위치를 포함하여 어느 것에 대해서도 구체적으로 알려져 있지 않다.

본 연구의 목적은 비침입성 연조직두께 측정기계(SDM)의 재현성을 치아위치에 따라 측정 비교하고, 재현성에 영향을 줄 수 있는 요소를 조사하는 것이다.

II. 연구대상 및 방법

건강한 치과대학생 37명(남/녀=25명/12명, 평균 나이= 23.5±1.9 세)을 연구대상으로 하였으며, 연구대상에 포함되기 위해서는 1) 치은증식을 유발하는 약을 복용하지 않았으며, 2) 치주낭의 깊이가 4 mm 이상인 부위가 없으며, 3) 고정성 수복 보철물을 장착하지 않았으며, 4) 현재 교정치료를 받고 있지 않아야 했다. 연구대상인 학생들은 치은 두께측정 약 6 개월 전에 치석제거술 및 구강위생교육을 받았으며, 그후 철저한 구강위생관리로 측정검사시 건강한 치주상태를 유지하고 있었다.[14]

제 3 대구치를 제외한 모든 치아의 협측 가운데 치주낭의 기저부위를 치주탐침으로 확인한

후, 이 부위의 두께를 SDM으로 측정하였다(Figure 1b). 각 치아 당 모두 5회 연속으로 측정하여, 가장 높은 값과 가장 낮은 값을 기록하였다. 모든 계측은 한 명이 시행하였고, 기록은 다른 사람이 하였다.

통계 분석

치아위치에 따른 치은두께의 평균값과 표준편차, 그리고 측정오차[4] 및 두 측정값 차이의 분포를 계산하였다. 그리고 두 측정값의 상관관계를 조사하기 위해 Pearson 상관관계분석을 시행하였다. 측정오차에 영향을 주는 요소의 분석을 위해, 두 측정치의 차이를 종속변수로 사용하고, 독립변수로 치은두께, 실험대상, 치아전후위치, 상/하악, 그리고 치아좌우위치를 사용하여 다단계 다중선형회귀분석을 시행하였다. P값이 0.05보다 작을 경우 통계적 유의성이 있는 것으로 판단하였다.

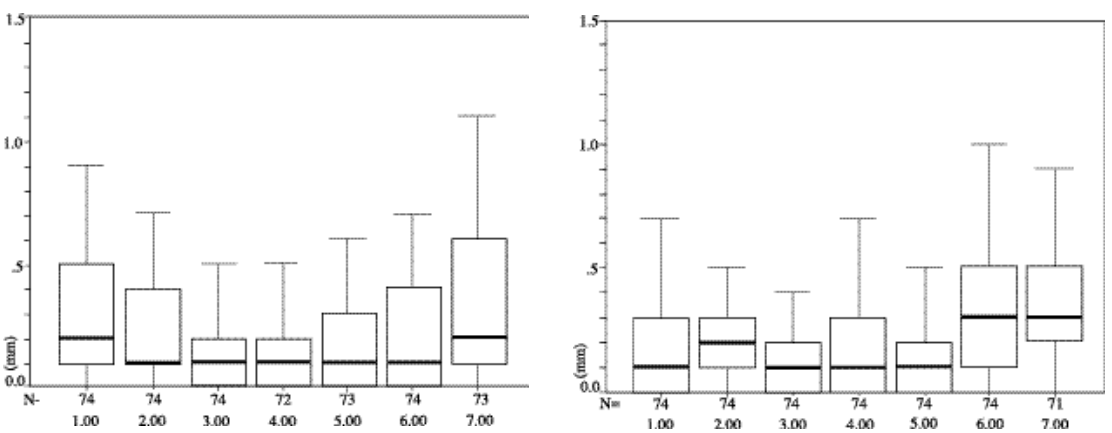
III. 결과

치아위치에 따른 치은의 두께(표준오차)와 측정오차를 보여주는 표에서 측정오차는 상악 제 2 대구치에서 제일 크고, 하악 중절치에서 제일 작음을 볼 수 있다(Table 1). 모든 치아의 협측 치은 두께의 측정오차의 평균값은 0.24 mm 였다. 치은의 두께는 상악 중절치 및 상하악 대구치 부위가 상대적으로 두꺼운 것으로 나타났다.

Box whisker plot을 사용하여 표시한 두 측정값차이의 분포는 상악에서는 중절치와 제 2 대구치에서 상대적으로 가장 넓게 분포하였으

Table 1. 치아위치에 따른 치은두께(표준오차)와 측정오차(mm)

치아위치	치은두께(표준오차)	측정오차
17/27	1.12(0.56)	0.57
16/26	1.06(0.37)	0.22
15/25	0.90(0.29)	0.20
14/24	0.88(0.27)	0.16
13/23	0.84(0.28)	0.19
12/22	0.99(0.38)	0.18
11/21	1.21(0.34)	0.21
31/41	0.70(0.21)	0.11
32/42	0.77(0.26)	0.16
33/43	0.70(0.18)	0.13
34/44	0.72(0.22)	0.23
35/45	0.77(0.18)	0.18
36/46	1.14(0.35)	0.23
37/47	1.71(0.43)	0.23
전치아	0.96(0.42)	0.24



(a) (b)

Figure 2. Box - whisker plot으로 나타낸 측정치 차이의 분포. 상악(a), 하악(b)

Table 2. 치아위치에따른두측정치의Pearson correlation

치아위치	Pearson correlation	Pearson significance
17/27	0.24	<0.05
16/26	0.56	<0.01
15/25	0.48	<0.01
14/24	0.62	<0.01
13/23	0.53	<0.01
12/22	0.68	<0.01
11/21	0.41	<0.01
31/41	0.53	<0.01
32/42	0.47	<0.01
33/43	0.39	<0.01
34/44	0.14	0.24
35/45	0.15	0.21
36/46	0.41	<0.01
37/47	0.53	<0.01

Table 3. 측정오차와 변수들간의 다단계 다중회귀분석(종속변수; 측정치 차이)

Adjusted R^2=0.297; F=88.055; P value < 0.0001

	Standardized coefficient	P value
intercept		0.001
치은두께	0.560	<0.0001
실험대상	- 0.044	0.092
치아위치	- 0.040	0.149
상악/하악	0.022	0.394
좌/우	0.003	0.921

며, 하악에서는 제 1, 2 대구치에서 가장 넓게 분포하였다(Figure 2 a, b). 전체의 25%와 50%(median)에 해당하는 값은 모든 치아에서 낮았지만 일부 75%, 그리고 대다수의 최대값은 상당히 높았으며, 차이가 1mm 이상되는 경우는 대구치부위에서 자주 관찰되었다.

두 측정치의 상관관계를 나타낸 Pearson correlation은 상악 측절치에서 제일 높은 상관관계를 보였으며, 상악 제 2 대구치와 하악 제 1, 2 소구치에서 낮은 값을 보였다. 하악 제 1, 2 소구치부위를 제외한 나머지 전 치아에서는 모두 통계적으로 유의성 있는 상관계수를 보였다(Table 2). 전체 치아를 평균한 상관계수는 0.59(P<0.01)이었다.

측정오차와 여러 변수와의 상관관계를 조사하기위해서 다단계 다중회귀분석이 시행되었다.분석결과 이 모델에서 독립변수들은 통계적으로 유의성있게(P<0.0001) 종속변수(측정차)를 29.7 % 설명할 수 있음을 보여준다. 그리고, 치은 두께만이 통계적 유의성(P<0.0001)을 갖고 측정차이와 연관이 있음을 보인다(Table 3).

IV. 총괄 및 고안

측정의 재현성(reproducibility)은 실험결과의 신뢰성(reliability)에 직접 영향을 미치는 아주 중요한 변수이다. 재현성을 측정하기 위해서 두 번 측정치 차이의 표준편차를 2의 제곱근으로 나눈 측정오차(measurement error)[4]를 계산했다. 본 연구의 측정오차 전체평균 0.24 mm와 SDM을 사용하여 협측 치은의 두께를 측정한 다른 연구들의 측정오차를 비교하면, Eger 등[12]의 측정오차 0.17 mm 보다는 높으나 M ller 등[4]의 0.26 mm와는 거의 유사했다.

본 실험에서는 협측 치은 두께를 5 회 연속 측정한 다음, 최대치와 최소치를 기록했고, 다른 실험에서는[4,12] 24시간의 간격을 두고 두 번 측정하여 그 측정오차를 계산하였다. 그러므로 실험들간 측정오차의 직접 비교는 어려우나, 치주낭의 협측 가운데 기저부를 탐침으로 확인한 후에 기구를 이 부위에 위치하여 측정하였으므로 위치변이의 가능성은 두 실험 모두 비슷하다고 할 수 있을 것이다. 하지만 협측 중앙 기저부를 임의의 계측점으로 설정하더라도, 치아풍융부 혹은 치근이개부에서는 초음파가 반사할 치면의 굴곡때문에 측정위치가 조금만 변하여도 두께 변화가 심할 것으로 생각된다.

이번 연구의 측정오차는 일회용 주사바늘(disposable sterile syringe needle)과 근관길이표시기(endodontic depth marker)를 사용하여 침윤성(invasive) 방법으로 협측 치은두

께를 측정한 Olsson 등[9]의 측정오차(0.30mm)보다는 낮은 값(0.24mm)을 나타냈다.

치아위치별로 측정오차를 비교해볼 때, 제일 오차가 큰 상악 제 2 대구치(0.57 mm)를 제외한 다른 치아위치에서는 0.11 - 0.23 mm의 오차를 보였다. 하악 역시 제 1, 2 대구치에서 측정오차가 제일 큰 것으로 볼 때 치아가 구강 내 후반부에 위치할수록 정확한 위치(협측 중앙 치주낭 기저부)에 기구측정부를 반복하여 위치시키기 어려웠던 것이 상대적으로 큰 오차의 원인으로 생각된다. M ller 등[4]은 구개점막에서의 측정오차 0.54 mm는 허용가능(acceptable)하다고 밝히고 있으나, 후구치부위(retromolar tissue)의 1.26 mm는 신뢰할 수 없다(unreliable)라고 하였다.

측정차의 분포를 보여주는 Box & Whisker plot은 50 % level과 75 % level에서는 일부 치아위치를 제외한 대부분의 치아위치에서 아주 낮았으며, 나머지 75%에서 최대치 사이에서만 아주 큰 차이를 나타낸다. 그러므로 이러한 극단의 값을 제외한다면 측정차이의 값이 대부분 아주 낮은 것을 알 수 있다(Figure 2 a, b). 측정오차 값이 제일 큰 상악 제 2 대구치의 경우, 50% level까지의 값은 다른 치아위치와 유사했지만 나머지 50%의 높은 차이 값의 분포가 평균값의 증가를 가져온 것으로 보인다.

두 측정값의 상관관계는 상악에서는 제 2 대구치에서 제일 상관관계가 낮았으며(Pearson correlation 0.24), 하악에서는 제 1, 2 소구치에서 통계적 유의성이 없는(P=0.24, Pearson correlation 0.21) 낮은 상관관계를 보였다. 구치협측의 측정위치를 반복적으로 찾기어려웠던 것이 상악 제 2 대구치의 낮은 상관관계를 설명할 수 있겠지만, 하악 소구치의 낮은 상관관계는 정확히 그 이유를 설명하기 어려웠다. 아마도 하악 소구치부위에서 자주 관찰되는 불규칙한 치아배열(malalignment)이나, 치열궁의 풍융부에 위치하므로서 발생할 수 있는 측정위치변이에 따른 급격한 치은두께의 변화가 그 이유의 일부가 될 수 있을 것이다. 상관관계의 전체 평균 계수 0.59 역시 M ller등[4]의 0.74보다는 상당히 낮았는데, 본 실험이 측정오차를 극대화하기 위해서 5회 연속측정 가운데 최대, 최소치만을 선택한 것을 다시 한번 생각해야 할 것이다.

측정오차의 원인으로 측정시 같은 부위측정의 어려움, 조직의 다양한 두께, 구개 rugae의 존재등이 그 원인으로 지적되었다.[4] 본 실험에서 측정오차에 영향을 줄 수 있는 여러 변수들과 측정오차의 상관관계를 조사하기위하여 다중회귀분석이 시행되었다. 분석결과는 치은의 두께만이 유일하게 통계적 유의성이 있는 상관관계가 있는 것으로 분석되었다. 이는 측정오차나 측정차이분포도에서도 관찰하였듯이, 치은의 평균두께가 두꺼운 곳(상악 중절치와 대구치, 하악 대구치)에서 측정오차가 큰 것이 관찰되었던 것과 일치하는 결과이다. 기구를 두꺼운 치은에 위치시킬 때 가해지는 압력에 따른 두께의 차이가 큰 측정오차의 이유가 될 수 있을 것이다.

기구의 정확한 위치가 어려운 구치부에서 전치 부위보다 측정오차가 큰 경향을 측정오차나 분포조사에서는 관찰할 수 있었지만 다중회귀분석에서는 그 경향을 볼 수 없었다. 아마도 치아위치를 전치부와 구치부로 그룹화하지 않고 중절치부터 제 2 대구치까지를 순차적인 변수로 통계처리하여 가까운 치아간에는 그 차이를 차별화하기 어려웠던 것이 이유로 생각된다.

본 실험이 임상에서 발생할 수 있는 오차를 극대화하기위하여, 5회 연속측정의 최대 및 최소치를 택하여 그 측정오차를 계산하였음에도 불구하고 전체 측정오차의 평균은 연속 2회 측정값을 분석한 다른 실험들[4,12]과 크게 다르지 않았다. 하지만 치아위치별로 분석할때 특정 치아 위치에서는 그 오차가 상당히 큰 것을 관찰할 수 있었다. 그러므로 SDM을 사용하여 많은 대상을 측정하여 전체 평균값을 얻는 경우에는 신뢰성에 큰 문제가 없으나, 적은 수를 대상으

로 같은 위치의 두께를 연속적으로 측정하고자 할 때에는 오차의 가능성이 크다고 할 수 있겠다. 이의 개선책으로 후반부의 구치부나 두꺼운 조직을 측정할때 측정부위를 지워지지 않는 펜(indelible pen)[12]으로 표시하거나, 스텐트(stent)를 사용한다면, 측정위치의 변화에 의한 오차를 줄일 수 있을 것이다. 그리고 기계 자체의 오동작으로 인한 오차를 줄이기위하여 2회 측정(duplicate)[1], 3회 측정(triplicate)[8]등의 연속 측정후 그 평균값을 취하거나, 4회 혹은 5회 측정 후 최대 및 최소치를 제외한 나머지 값의 측정평균을 취하는 것이 바람직할 것이다.[14]

V. 결론

본 연구의 목적은 비침입성 연조직두께 측정기계(SDM)의 재현성을 치아위치에 따라 측정 비교하고, 재현성에 영향을 줄 수 있는 요소를 조사하는 것이다.

건강한 치과대학생 37명을 대상으로 행하여진 연구에서 다음과 같은 결과를 얻었다:

1. 측정오차는 상악 제 2 대구치에서 제일 크고, 하악 중절치에서 제일 작았다. 모든 치아의 협측 치은 두께의 측정오차의 평균값은 0.24 mm 였다.
2. Box whisker plot을 사용하여 표시된 두 측정값차이의 분포는 상악에서는 중절치와 제 2 대구치에서 상대적으로 가장 넓게 분포하였으며, 하악에서는 제 1, 2 대구치에서 가장 넓게 분포하였다.
3. 두 측정치의 상관관계를 나타낸 Pearson correlation은 상악 측절치에서 제일 높은 상관관계를 보였으며, 상악 제 2 대구치와 하악 제 1, 2 소구치에서 낮은 값을 보였다. 전체 치아를 평균한 상관계수는 0.59(P<0.01)이었다.
4. 다단계 다중회귀분석결과 독립변수들은 통계적으로 유의성있게(P<0.0001) 측정차이를 29.7 % 설명할 수 있었다. 치은두께만이 통계적 유의성(P<0.0001)을 갖고 측정차이와 연관이 있었다.

결론적으로 초음파를 이용한 연조직 측정기구(SDM)는 종전의 침입성 방법에 비하여 높은 측정재현성, 환자의 편안감, 사용의 간편성등을 고려할 때, 임상이나 연구에서 다양하게 사용될 수 있을 것이다.

VI. 참고문헌

1. Chang, M., Wennstr m, J.L., Odman, P. & Andersson, B. Implant supported single - tooth replacements compared to contralateral natural teeth. Crown and soft tissue dimensions. Clin Oral Implants Res 10:185 - 194, 1999
2. Ericsson, I. & Lindhe, J. Recession in sites with inadequate width of the kera - tinized gingiva. An experimental study in the dog. J Clin Periodontol 11:95 - 103, 1984
3. Claffey, N. & Shanley, D. Relationship of gingival thickness and bleeding to loss of probing attachment in shallow sites following nonsurgical peri - odontal therapy. J Clin Periodontol 13:654 - 657, 1986
4. Muller, H.P., Schaller, N. & Eger, T. Ultrasonic determination of thickness of masticatory mucosa: a methodologic study. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 88:248 - 253, 1999
5. Wennstrom, J.L., Lindhe, J., Sinclair, F. & Thilander, B. Some peri - odontal tissue reactions to orthodontic tooth movement in monkeys. J Clin Periodontol 14:121 - 129, 1987

6. Studer, S.P., Allen, E.P., Rees, T.C. & Kouba, A. The thickness of masticatory mucosa in the human hard palate and tuberosity as potential donor sites for ridge augmentation procedures. J Periodontol 68:145 - 151, 1997
7. Wilson, D.J. Ridge mapping for determination of alveolar ridge width. Int J Oral Maxillofac Implants 4:41 - 43, 1989
8. Goaslind, G.D., Robertson, P.B., Mahan, C.J., Morrison, W.W. & Olson, J.V. Thickness of facial gingiva. J Periodontol 48:768 - 771, 1977
9. Olsson, M., Lindhe, J. & Marinello, C.P. On the relationship between crown form and clinical features of the gingiva in adolescents. J Clin Periodontol 20:570 - 577, 1993
10. Anderegg, C.R., Metzler, D.G. & Nicoll, B.K. Gingiva thickness in guided tissue regeneration and associated recession at facial furcation defects. J Periodontol 66:397 - 402, 1995
11. Kydd, W.L., Daly, C.H. & Wheeler, J.B.3d. The thickness measurement of masticatory mucosa in vivo. Int Dent J 21:430 - 441, 1971
12. Eger, T., Muller, H.P. & Helnecke, A. Ultrasonic determination of gingival thickness. Subject variation and influence of tooth type and clinical features. J Clin Periodontol 23:839 - 845, 1996
13. Muller, H.P. & Eger, T. Gingival phenotypes in young male adults. J Clin Periodontol 24:65 - 71, 1997
14. 강철흔, 장문택, 류성훈, 김형섭. 한국 성인의 각화치은 두께측정에 관한 연구. 대한치주과학회지 제30권(1호): 179 - 186, 2000.

- Abstract -

A Study on the Reliability of an Ultrasonic Measurement Device(SDM)

Moon - Taek Chang*, Hyung - Seop Kim*, Kwang - Won Lee**

Department of Periodontology*, Operative Dentistry**
Institute of Oral Bio - Science School of Dentistry, Chonbuk National University

The aim of this study was to analyze the reliability of an ultrasonic device(SDM) measuring soft tissue thickness in relation to tooth position, and to find factors which can influence the reliability.

The results showed that

1. measurement error was the largest in the maxillary second molar position and the smallest in the mandibular central incisor position.
2. in a box whisker plot, the difference between two measurements was most widely distributed in molar positions.
3. in Pearson correlation analysis, the relationship between two measurements was the highest in the maxillary lateral incisor position and, the lowest in the maxillary second molar, mandibular first and second premolar position.
4. a stepwise multiple regression analysis could explain the difference of two measurements with various independent variables in 29.7 %(P<0.0001). Gingival thickness was the only variable influencing the measurement difference in a statistically significant level(P<0.0001).

It can be concluded that its high reliability, ease to use and patient comfort justified the application of the SDM in measurement of soft tissue thickness.