

## Development of 3D Head Model for Korean Infants

Hyunjung Han\*, Ah Lam Lee\*\*

\*Research Engineer, Research Institute of Human Ecology, Chungbuk National University, Cheongju, Korea

\*\*Principal Researcher, Size Korea Business Group, KATRI Testing & Research Institute, Seoul, Korea

### [Abstract]

This study aims to develop a 3D head model for Korean infants based on the analysis of their actual head dimensions to facilitate the design and evaluation of various functional head products. A total of 1,812 children aged 1 to 6, collected from the 5th Size Korea dataset of direct measurements, were analyzed. Nine size categories were identified to create a head model sizing system, and average values for each size were calculated. Using these average values, 3D head models for each size were developed. The final 3D head models in the nine sizes were verified against five head and face measurements. The 3D head models developed in this study are expected to be utilized in diverse applications related to infant head products, including product development, evaluation, and virtual trying-on systems.

▶ **Key words:** 3D Head model, Infants, Virtual fitting, Head sizing system

### [요 약]

본 연구는 영유아의 머리에 착용되는 다양한 기능성 제품의 개발 및 평가를 위한 실제 머리 관련 치수 분석을 기반으로 한국 영유아용 3D 헤드 모델 개발을 목적으로 한다. 본 연구를 위해 사이즈코리아 5차 직접측정치 분석을 통해 만 1~6세 영유아의 1,812명의 데이터를 활용, 총 9개의 사이즈 구간을 도출하여 한국 영유아의 머리 치수체계를 개발하고, 각 사이즈별 평균 수치를 산출하였다. 산출된 수치를 바탕으로 사이즈 별 3D 헤드 모델을 설계한 후 각 모델 별 총 5부위의 치수 항목에 대한 치수적합성을 재검증하여 연구에 최종 제시하였다. 본 연구에서 제시된 한국 영유아용 3D 헤드 모델은 가상착의 및 평가를 포함한 관련 제품의 개발 및 평가, 전시 등에 다방면으로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

▶ **주제어:** 3D 헤드모델, 영유아, 가상착의, 머리 치수체계

- 
- First Author: Hyunjung Han, Corresponding Author: Hyunjung Han
  - \*Hyunjung Han (hjhan1006@cbnu.ac.kr), Research Institute of Human Ecology, Chungbuk National University
  - \*\*Ah Lam Lee (emptythingaram@gmail.com), Size Korea Business Group, KATRI Testing & Research Institute
  - Received: 2025. 01. 03, Revised: 2025. 03. 10, Accepted: 2025. 03. 10.

## I. Introduction

머리 및 얼굴 부위에 착용되는 제품군은 모자(패션모자, 안전모자), 아이웨어, 마스크 등 기존 제품을 비롯하여 최근 스마트 글라스, VR 헤드셋 등으로 영역이 확장되고 있다. 머리 형태는 두개부 뿐만 아니라 얼굴 부위와 연결된 매우 복잡한 구조를 지니고 있어[1], 관련 제품을 개발할 때 형상과 치수를 반영한 과학적인 설계가 필수적이다. 머리 관련 제품은 기능에 따라 머리보호, 시야 확보, 유해물질 차단, 스타일 구현 등으로 구분되며, 인체와의 결합방식(Head-Face Product Interface)에 따라 안경식, 턱걸고정식, 마스크식, 밴드식, 모자식 등으로도 구분된다[2][3]. 이러한 머리 및 얼굴 제품들의 성공적인 개발을 위해서는 각 제품의 착용성, 동작성, 착용의 용이성, 안전성 등을 정밀하게 평가할 수 있는 타겟 착용 층을 대표하는 3D 헤드 모델의 개발이 선행되어야 할 것이다.

출생 이후 학령기 이전인 만 6세까지로 구분되는 영유아 시기의 어린이는 움직임과 활동량은 많지만, 운동 조절 능력이 아직 미성숙하여 사고에 쉽게 노출될 가능성이 크다[4][5]. 한국소비자원의 2022년 어린이 안전사고 동향분석에 따르면[6] 최근 5년간 발달단계별 안전사고 전체 21,642건(100%) 중 '걸음마기'(38.1%)에 가장 많이 발생하였으며, 영유아 시기를 전체 합산하면 15,446건(71.4%)로 나타났다(Fig. 1). 위해 원인 상위 15개 현황을 보면 미끄러짐/넘어짐(30.3%), 추락(24.4%), 부딪힘(6.8%)의 순으로 보고되었고 이와 관련 하여 상해부위 또한 머리 및 얼굴이 12,754건(58.9%)으로 과반 이상을 차지하고 있다. 이에 어린이의 각 시기 별 발달 특성을 이해하고 대비할 필요가 있다[6][7]. 특히, 영유아 시기에는 머리와 얼굴의 경미한 부상도 영유아 발달에 치명적인 손상을 입힐 수 있다. 이러한 위험을 예방하기 위해 머리 및 얼굴 보호구의 과학적이고 체계적인 설계가 필수적이다. 그러나 영유아를 대상으로 하는 머리 및 얼굴 보호구 제품 개발 시 착용/동작 평가가 필수적임에도 불구하고, 실제 영유아를 피험자로 진행하기는 어렵다는 한계가 있다. 따라서 영유아 머리 관련 제품의 개발 및 평가에 실질적으로 활용할 수 있는, 대상의 형태 및 치수 대표성을 지닌 3D 헤드 모델의 개발이 선행되어야 한다. 더불어 산업적 활용도 향상을 위해서는 영유아 머리의 형태적 성장을 반영한 머리 사이즈 체계 설계도 동반되어야 할 것이다. 영유아의 머리 및 얼굴 대표성을 지닌 헤드 모델은 3D 가상착의, 충격테스트, 드레스폼 평가 등 다양한 환경과 조건에서 제품 개발을 위한 실증적 제품 평가를 대체할 수 있어 학계 및 산업계에서의 활용도가 높을 것으로 예상된다.

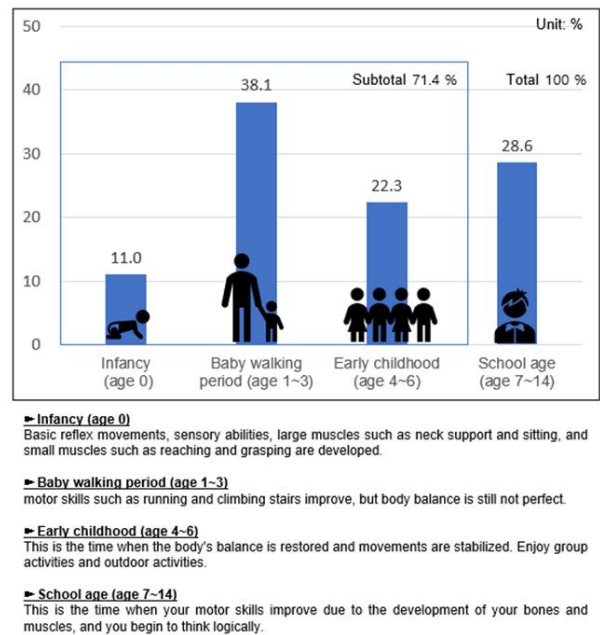


Fig. 1. Safety accident composition ratio by child development stage[6][7]

머리 및 얼굴 형태 관련 선행 연구로는 한국 성인 여성 머리 유형 분류와 입체적 분석한 연구[1], 마스크와 모자 개발을 위해 20대 남성과 여성의 얼굴 및 머리 유형을 분석한 연구[8][9], 3차원 측정에 의한 한국 성인 남자의 머리 형태를 분석한 연구[10], 20대 여성의 얼굴유형 분류 및 형태적 특성을 분석한 연구[11] 등 얼굴 및 머리 관련 부위의 측정치를 통계적 기법을 통해 유형화하는 연구가 주로 선행되었다. 그러나 이들 연구는 분류된 유형적 머리/얼굴 모델과 같은 이론적 내용을 제시하고 있으므로 실제 제품 개발을 위한 착의 및 평가 모델로 실용적으로 활용되기 어려우며, 주로 성인을 대상으로 하고 있으므로 발달에 따라 머리의 사이즈 및 형태의 변화가 큰 영유아 시기에 적용하기에는 한계가 있다.

머리 및 얼굴 형태는 인종이나 연령, 성차 뿐 아니라 개인에 따라 큰 차이를 보이는데[12], 이에 관련 제품의 과학적 설계 및 테스트를 위해서는 타겟 군집을 대표할 수 있는 실증적 모델 제시가 필요하다. 한국인의 머리와 얼굴 모델을 실증적으로 제시하고 있는 관련 선행연구로는 한국 성인의 3차원 표준 머리모형[12], 성인 머리 유한요소 모델[13], 모자 제작을 위한 유형별 성인 머리모형 제시[14] 등이 있다. 이외 산업계에서는 모자 제작을 위한 크라운(Crown), 브림(Brim) 모형 등이 있으며[15], 제품 전시를 위한 두상 마네킹, 이외 미용 분야의 실습용 두상 및 얼굴 모형 등이 일반적으로 활용되고 있다. 또한 관련 표준 규격으로는 어린이용 스포츠 보호구 안전기준에서 안전모 충격 시험에 사용되는 어린이 헤드폼 규격이 있으나[16],

여기서 참조되는 규격은 영국 표준인 BS EN960(British Standards Institution, 2006)이다[17]. 인종에 따라 머리 형상이 다르다는 점을 고려해 보았을 때[18], 영국의 인종 구성은 우리나라와 달라 해당 기준을 수정 없이 국내 영유아에 적용하는 것은 적합하지 않은 것으로 보인다[19]. 이상의 내용을 종합하여 보았을 때, 기존의 선행 연구는 주로 성인을 대상으로 하고 있으며, 영유아의 머리 및 얼굴 부위의 형태 및 치수를 반영하여 헤드 모델을 제시하고 있는 연구는 매우 부족한 상황이라 할 수 있다. 또한 현재 시판 중인 영유아 머리 모델의 경우 안면부의 세부 형상은 생략한 두개부 형태만 주로 구현되어 있어, 눈, 코, 귀 등의 위치를 필요로 하는 관련 제품의 개발 및 평가에 다양도로 활용되기에는 한계가 있다.

이에 본 연구는 한국 영유아의 머리 및 얼굴 관련 치수 항목을 분석하여 관련 제품군의 디자인 및 패턴설계 등 다양한 가상/실제 환경에서 테스트가 가능한 각 사이즈별 표준 영유아용 3D 헤드 모델을 제시하고자 한다.

## II. Methods

본 연구는 다음과 같이 구성된다(Fig. 2). 먼저, 1. 한국 영유아의 머리 및 얼굴 관련 치수 항목을 분석하여, 2. 한국 영유아 헤드 모델 구축을 위한 사이즈 체계를 제안하고, 3. 치수 적합성이 우수한 3D 헤드 모델링 방식을 적용해 각 사이즈별 표준 영유아용 3D 헤드 모델을 설계하고, 4. 이를 활용해 관련 제품(안전모)의 디자인, 평가, 전시 등으로의 활용가능성을 제시하였다.

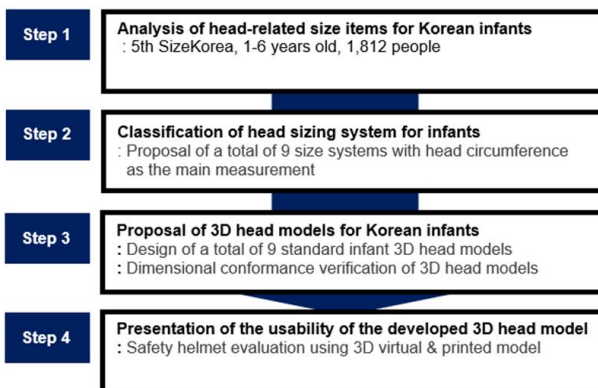


Fig. 2. Research flow chart

### 1. Data analysis

한국 영유아의 머리관련 치수의 분석을 위해 5차 사이즈코리아에서 제공하는 만 1~6세 인체치수 중 남녀 각각

906명, 총 1,812명의 데이터 선택하여 분석에 활용하였다 [20]. 이때, 5차 사이즈코리아에서 제공하는 만 1~6세 데이터는 남아 1,398명, 여아 1,387명 총 2,785명인데, 이 중 머리 관련 치수가 누락된 인원을 제외하고, 각 성별 및 연령 당 할당 인원을 랜덤 샘플링 과정을 통해 각 151명으로 선택해 최종 데이터는 1,812명으로 정의하였다.

다음으로 분석항목은 5차 사이즈코리아에서 제공하는 1~6세의 머리관련 직접 측정 항목인 Head Length, Head Breadth, Head Height, Face Length, Head Circumference의 총 5개 항목으로 선정하였으며, 각 항목의 위치 및 연령 별 데이터 현황은 Table 1과 같다. 분석을 위해 R version 4.0.5 프로그램을 사용하여 빈도분석, 기술통계 등을 통해 한국 영유아의 머리 사이즈 시스템을 제시하였다.

Table 1. Analysis items and their definitions

No.	Title	Definitions
①	Head Length	Horizontal distance from Glabella(a) to Occiput(b)
②	Head Breadth	Horizontal distance between Euryon-right and left(c.)
③	Head Height	Perpendicular distance from Vertex(d) to Menton(e)
④	Face Length	Perpendicular distance from Sellion (f) to Menton (e)
⑤	Head Circumference	Horizontal circumference from Glabella(a) to Occiput(b)

Image

### 2. 3D Head modeling

한국 영유아의 머리 관련 치수 분석을 통해 획득된 데이터를 적용하여 3D 모델링을 진행하였다. 모델링은 치수적 적합성이 높은 3D 헤드 모델 구현을 위해 연구자와 3D 인체 모델링 전문가의 논의를 통해 헤드 모델 사이즈별 평균치수를 기반으로 A.기준 아바타 제작→ B.세부 사이즈의 수정 및 보완→ C.측정 포인트 텍스처 적용→ D.최종 사이즈 검증을 거치는 총 4단계의 프로세스로 진행되었다(Fig. 3). 이때, 활용된 S/W는 CLO 3D 5.2.Ver., ZBrush 2019.1.2. Ver., MAYA 2018 programs 이다. 개발된 3D 헤드 모델의 사이즈 최종 검증은 CLO 3D Ver. 6.1에서 아바타 Import 후, “Measurement”툴을 활용하였으며, 각 사이즈의 허용 오차의 범위는  $\pm 2\text{mm}$  이내로 제한하였다.

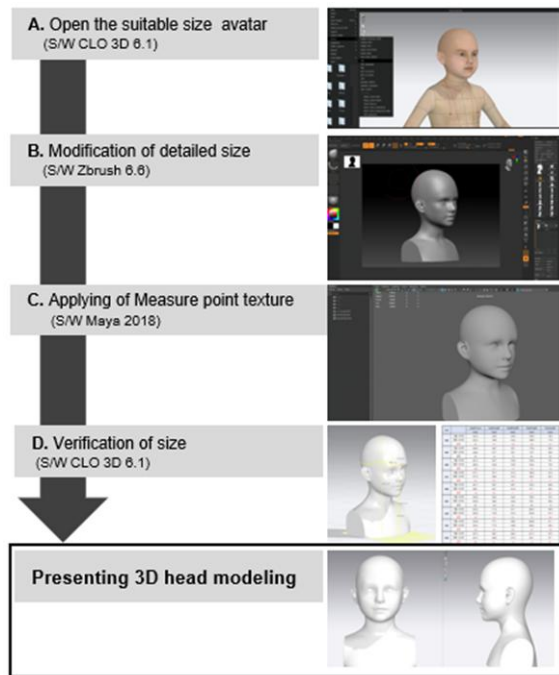


Fig. 3. 3D Modelling process

### III. Results and Discussion

#### 1. Classification of head sizing system for infants

한국 영유아의 머리 사이즈 시스템 구축에 앞서, 본 연구에서는 머리 관련 제품의 주요 사이즈 항목에 해당하는 머리 둘레의 남·여아 차이에 대한 선행 분석을 실시하였다. 분석 결과는 Table 2와 같이, 남아와 여아의 머리둘레 평균은  $488.4 \pm 25.9\text{mm}$ 로, 여아의 머리둘레가 남아보다 유의하게 ( $t = -6.04, p < .001$ ) 작은 것으로 나타났다. 하지만 본 연구에서는 남·여아를 모두 포괄할 수 있는 사이즈 체계를 구성하기 위해 남아와 여아의 사이즈 구분 없이 분석을 수행하였다.

Table 2. Descriptive statistic for head circumference items

	Male (n=906)	Female (n=906)	Total (n=1812)
Mean	492.0	484.7	488.4
S.D.	26.0	25.3	25.9
Kurtosis	330.0	405.0	330.0
Skewness	-1.3	-0.6	-0.9
10%ile	458.0	450.0	452.0
25%ile	480.0	470.0	475.0
50%ile	497.0	488.0	492.0
75%ile	508.0	502.0	506.0
90%ile	520.0	514.0	518.0

현재 KS K 0059:2009 모자의 치수[21]에서는 머리둘레를 기본 신체 부위로, 피트성이 필요한 모자류에 한해

7~13세 미만은 1cm 간격으로, 7세 미만 중 대응나이 12개월 이하는 2cm 간격, 18개월 이상은 1cm 간격의 호칭을 제시하고 있다. 이에 KS 규격에서 제안하는 머리둘레 10mm 간격 사이즈 규격을 연구 데이터에 적용하였을 때 수용율을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 분석 결과, 인구수용율 5% 이상인 셀을 머리둘레 호칭으로 활용하고자 정의하였을 때, 7개의 셀이 선택되었고 총 인구수용율은 84.0%로 관측되었다. 이때 중심 사이즈는 480~510mm 근처에 집중되어 있고, 인구수용율이 1%도 되지 않는 셀이 다수 발견되어 새로운 사이즈 체계를 위해 극단치를 제외한 평균과 표준편차에 근거하여 새로운 사이즈 체계를 구성하였다. 극단치의 기준은 10%ile인 452mm 미만, 90%ile인 518mm 초과인 데이터로 정의를 하였고 이를 제외한 1,463인의 머리둘레 평균은  $490.4 \pm 16.2\text{mm}$ 로 분석되었다. 여기서 중심 치수는 490mm로 정의하였고 사이즈 간격은 표준편차를 참고하되, 사이즈 체계 인지가 용이한 15mm로 정의하였다. 사이즈 전개는 490mm를 중심으로 상하 방향으로 15mm 간격을 설정하였다.

Table 3. Population cover rate (Set the head circumference to 10mm)

Size	Number	Cover rate	Cover rate (5% and more)
330	1	0.1%	-
350	1	0.1%	-
360	1	0.1%	-
370	1	0.1%	-
400	3	0.2%	-
410	7	0.4%	-
420	21	1.2%	-
430	34	1.9%	-
440	69	3.8%	-
450	69	3.8%	-
460	119	6.6%	●
470	106	5.8%	●
480	267	14.7%	●
490	274	15.1%	●
500	379	20.9%	●
510	232	12.8%	●
520	145	8.0%	●
530	58	3.2%	-
540	23	1.3%	-
550	2	0.1%	-
Total	1812	100.0%	84.0%

머리둘레 15mm 간격 사이즈 규격을 연구 데이터에 적용하였을 때 인구수용율을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 분석 결과, 인구수용율 5% 이상인 셀을 머리둘레 호칭으로 활용하고자 정의하였을 때 6개의 셀이 선택되었고 총 인구수용율은 92.4%로 관측되어 10mm 간격으로 정의하였을 때 인구수용율인 84.0%보다 8.4% 높은 인구수용율

을 확인할 수 있었다. 따라서 머리둘레 기준 15mm 사이즈가 사이즈의 개수를 줄이며, 인구수용율을 높이는 더욱 효율적인 사이즈 편차일 것으로 판단된다.

Table 4. Population cover rate  
(Set the head circumference to 15mm)

Size	Number	Cover rate	Cover rate (5% and more)
325	1	0.1%	-
340	1	0.1%	-
355	1	0.1%	-
370	1	0.1%	-
385	0	0.0%	-
400	7	0.4%	-
415	20	1.1%	-
430	52	2.9%	-
<b>445</b>	<b>117</b>	<b>6.5%</b>	●
<b>460</b>	<b>145</b>	<b>8.0%</b>	●
<b>475</b>	<b>296</b>	<b>16.3%</b>	●
<b>490</b>	<b>496</b>	<b>27.4%</b>	●
<b>505</b>	<b>431</b>	<b>23.8%</b>	●
<b>520</b>	<b>189</b>	<b>10.4%</b>	●
535	52	2.9%	-
550	3	0.2%	-
<b>Total</b>	<b>1812</b>	<b>100.0%</b>	<b>92.4%</b>

다음으로 Table 5와 같이 인구수용율이 낮은 구간인 325~430구간은 430사이즈로 통합하고, 535~550구간은 이후 연령대에서 다빈도로 나타날 수 있다는 점을 고려하여 535, 550사이즈는 각각의 사이즈로 두어 100%의 인구수용율을 가지는 사이즈 체계를 제시하였다. 이로써 본 연구에서는 KS K 규격과 같이 머리둘레를 기본 신체 부위로 하는 한국 영유아용 3D 헤드 모델의 총 9개의 사이즈 시스템을 제안하였으며, 중심 혹은 기준 사이즈는 가장 높은 인구출현율을 보이는 490사이즈로 하였다.

Table 5. Setting of head sizing system for Korean infants

Size	Excess	Not exceeding	Number	%
430	-	438	83	4.6
445	438	453	117	6.5
460	453	468	145	8.0
475	468	483	296	16.3
<b>490</b>	<b>483</b>	<b>498</b>	<b>496</b>	<b>27.4</b>
505	498	513	431	23.8
520	513	528	189	10.4
535	528	543	52	2.9
550	543	-	3	0.2
<b>Total</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1812</b>	<b>100.0</b>

본 연구를 통해 새로 제안된 한국 영유아용 3D 헤드 모델사이즈 시스템에서 각 사이즈에 해당되는 인구의 세부 사이즈 항목을 평균화하여 제시한 내용은 Table 6과 같다.

Table 6. Average value for each dimension

Unit: mm

Size	No.	H. C.		H. L.		H. B.		H. H.		F. L.	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
430	83	422.3	18.7	140.0	7.9	124.8	6.5	169.0	NA	78.0	NA
445	117	446.4	4.8	146.7	7.4	129.1	7.4	179.4	13.8	80.5	9.6
460	145	461.3	4.0	152.7	6.3	132.8	7.1	183.6	10.4	78.1	6.6
475	296	477.1	4.2	157.7	6.1	137.4	7.0	186.0	13.7	81.6	7.9
490	496	491.7	4.4	162.7	6.4	140.7	6.5	192.2	12.5	84.8	7.8
505	431	505.6	4.3	166.3	5.0	144.5	6.0	198.3	12.1	87.6	7.5
520	189	520.3	4.1	171.6	4.9	147.1	7.3	206.3	10.7	90.9	7.0
535	52	533.8	3.9	177.1	5.1	149.0	6.5	206.9	11.7	91.1	8.8
550	3	547.3	3.2	186.7	2.1	146.3	5.1	221.3	17.2	97.0	4.0
<b>Total</b>	<b>1,812</b>	-									

H.C.=Head Circumference, H.L.=Head Length, H.B.=Head Breadth, H.H.=Head Height, F.L.=Face Length

\*NA: SD is recorded as NA because there is only one person in that range among the population for which data was recorded.

## 2. Proposal of a 3D head model for infants

본 연구에서 제시하고자 하는 한국 영유아용 3D 헤드 모델링은 A.기준 아바타 제작→B.세부 사이즈의 수정 및 보완→C.측정 포인트 텍스처 적용→D.최종 사이즈 검증을 거치는 총 4단계의 프로세스로 진행되었다. 먼저, A.기준 아바타는 가상착의 프로그램인 CLO 3D S/W의 아동 아바타를 OBJ로 Export하여 Basemesh로 사용하여 기준 아바타를 설정하는 방식으로 진행하여, 3D 모델링을 실시 하였으므로, 수치화가 불가능한 세부 머리와 얼굴 부위의 형상의 모델링을 가능하게 하였다. B.세부 사이즈의 수정 및 보완은 Zbrush S/W를 활용해 사이즈 조정 과정을 거쳤으며, CLO 3D에서 Measure기능으로 사이즈를 확인하고 다시 수정하는 반복적인 작업을 통해 진행하였다. C.측정 포인트 텍스처 적용은 Autodesk Maya S/W를 활용하여 Measure point texture 적용 후, 제작한 Mesh를 CLO 3D에서 Import 후, Measurement툴을 사용하여, D. 주요 사이즈 총 5항목에 대한 치수적합성 검증을 실시한 후 3D 헤드 모델을 제시하였다.

본 프로세스로 각 사이즈별 총 9개의 한국 영유아용 3D 헤드 모델군을 모델링한 결과는 Fig. 4와 같으며, Fig 5는 가장 높은 인구출현율을 보인 490(기준 사이즈)의 대표 모델 형상의 이미지이다.

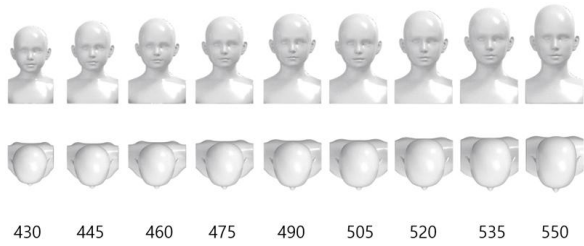


Fig. 4. Present 3D head models by size

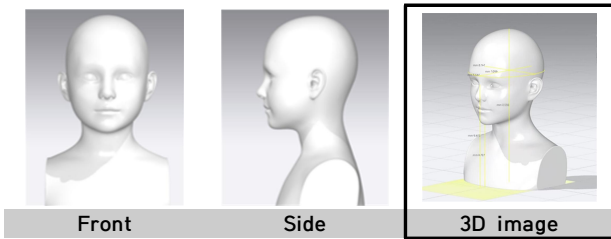


Fig. 5. Image of 3D Head Model (Size 490)

설계된 한국 영유아용 3D 헤드 모델군의 머리 관련 총 5항목에 대한 각 사이즈별 인체 평균값과 실제 모델링 형상에 대한 측정값을 비교 분석한 결과는 Table 7과 같다. 각 사이즈별 전 항목값에 대해 오차 범위가 ±2mm 내외로 나타나 본 3D 헤드 모델군의 치수적합성을 검증하였다.

Table 7. Error range of 3D Head Model

Unit: mm

Size	Item	H. C.	H. L.	H.B.	H.H.	F.L.
430	Standard	422.3	140.0	124.8	169.0	78.0
	Development	422.3	139.9	124.4	168.6	77.9
	<b>Error</b>	<b>0.0</b>	<b>-0.1</b>	<b>-0.4</b>	<b>-0.4</b>	<b>-0.1</b>
445	Standard	446.4	146.7	129.1	179.4	80.5
	Development	446.4	147.7	130.1	179.7	80.8
	<b>Error</b>	<b>0.0</b>	<b>1.0</b>	<b>1.0</b>	<b>0.3</b>	<b>0.3</b>
460	Standard	461.3	152.7	132.8	183.6	78.1
	Development	460.5	152.6	133.8	183.4	79.9
	<b>Error</b>	<b>-0.8</b>	<b>-0.1</b>	<b>1.0</b>	<b>-0.2</b>	<b>1.8</b>
475	Standard	477.1	157.7	137.4	186.0	81.6
	Development	477.3	158.0	137.9	186.7	83.3
	<b>Error</b>	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>	<b>0.5</b>	<b>0.7</b>	<b>1.7</b>
490	Standard	491.7	162.7	140.7	192.2	84.8
	Development	490.1	162.7	141.8	191.1	85.5
	<b>Error</b>	<b>-1.6</b>	<b>0.0</b>	<b>1.1</b>	<b>-1.1</b>	<b>0.7</b>
505	Standard	505.6	166.3	144.5	198.3	87.6
	Development	505.8	166.0	144.8	198.1	88.6
	<b>Error</b>	<b>0.2</b>	<b>-0.3</b>	<b>0.3</b>	<b>-0.2</b>	<b>1.0</b>
520	Standard	520.3	171.6	147.1	206.3	90.9
	Development	520.0	173.0	147.4	204.8	91.5
	<b>Error</b>	<b>-0.3</b>	<b>1.4</b>	<b>0.3</b>	<b>-1.5</b>	<b>0.6</b>
535	Standard	533.8	177.1	149.0	206.9	91.1
	Development	533.2	177.5	149.8	206.2	90.6
	<b>Error</b>	<b>-0.6</b>	<b>0.4</b>	<b>0.8</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.5</b>
550	Standard	547.3	186.7	146.3	221.3	97.0
	Development	547.3	186.8	147.6	220.1	97.1
	<b>Error</b>	<b>0.0</b>	<b>0.1</b>	<b>1.3</b>	<b>-1.2</b>	<b>0.1</b>

H.C=Head Circumference, H.L.=Head Length, H.B.=Head Breadth, H.H.=Head Height, F.L.=Face Length

### 3. Utilization of the developed 3D head model

본 연구에서는 제시된 한국 영유아용 3D 헤드 모델군은 영유아용 머리 관련 제품 개발 시, 평가 및 전시를 위한 다양한 용도로 활용될 수 있도록, 3D 가상/출력 모델을 제시하였으며, 같은 디자인과 사이즈의 안전모 개발을 위해 가상/실제 모델로 활용한 예시 이미지는 Fig. 6과 같다. 본 모델군은 먼저, 3D 가상 모델로써 어패럴 산업에서 활용되는 대표적인 가상착의 프로그램인 CLO 3D에서 아바타로 Import하여 관련 제품의 피팅, 의복압 평가 등에서 활용가능하다. 다음으로 3D 프린터(Creality Ender5 PLUS 2020)를 활용해 PLA(Poly Lactic Acid)로 출력하여 관련 제품의 디자인, 평가, 전시 등 다용도로 활용될 수 있을 것이다.

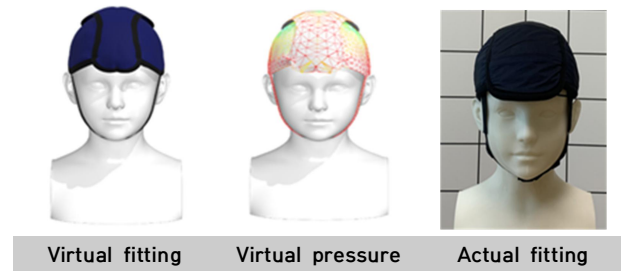


Fig. 6. Image using 3D head model

## IV. Conclusions

본 연구는 한국 영유아의 머리 관련 치수 항목을 분석하여 3D 헤드 모델 구축을 위한 사이즈 체계를 제안하고 치수적합성이 우수한 3D 모델링 방식을 적용해 각 사이즈별 영유아용 3D 헤드 모델을 제시하고자 하였다. 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 한국 영유아의 3D 헤드 모델 구축을 위한 사이즈 체계 설계를 위해, 주요 사이즈 항목인 머리둘레를 15mm 간격 사이즈 규격을 각 연구 데이터에 적용하였을 때 인구수용율(92.4%)과 사이즈 개수(6개)의 효율성이 높다고 판단되어, 본 사이즈 체계를 기준으로 인구수용율이 낮은 구간 통합과 유아동의 성장성을 고려하여 최종 인구수용율(100%)과 사이즈 개수(9개)의 헤드 모델용 사이즈 시스템을 제안하였다. 이는 머리둘레를 주요 사이즈로 하는 효율적인 한국 영유아용 헤드 모델 사이즈 시스템이라 판단되며, 기준 사이즈는 가장 높은 인구수용율을 보이는 490사이즈로 하였다.

2. 다음으로 개발된 한국 영유아용 헤드 모델 사이즈 시스템의 각 사이즈별 평균치수를 기반으로 A.기준 아바타

제작→B.세부 사이즈의 수정 및 보완→C.측정 포인트 텍스처 적용→D.최종 사이즈 검증을 거치는 과정으로 진행되는 프로세스를 통해 3D 모델링을 실시하였다. 이를 통해 9개의 각 사이즈별 한국 영유아의 3D 헤드 모델군을 구축하였으며, 각 모델의 세부 사이즈 재측정결과, 오차율이  $\pm 2\text{mm}$ 로 나타나 각 모델의 치수적합성을 검증하였다.

이상의 과정으로 본 연구에서 개발된 한국 영유아의 3D 헤드 모델은 의류 가상착의 프로그램인 CLO 3D에서 관련 제품의 피팅, 의복압 평가 등에서 활용 가능성을 확인하였다. 또한 3D 프린터를 활용해 흉상으로 출력하여 관련 제품의 디자인, 평가, 전시 등 다용도로 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 유아동을 대상으로 하는 의류 및 섬유 제품 개발 시, 치수 및 착의평가를 진행하기에 큰 어려움이 따른다. 이에 본 연구를 통해 제시하는 3D 헤드 모델은 관련 제품 개발 시 한국 유아동의 두개부의 치수 및 형태 적합성을 높임과 동시에 눈, 코, 귀 등의 세부 안면부도 형상화하여 인체와의 결합방식(Head-Face Product Interface)에 따른 착용/동작 평가에 관련 개발자와 업체에서 효율적으로 사용 가능할 것으로 판단된다.

현대사회에서의 낙상, 교통사고와 같은 안전사고뿐만 아니라 미세먼지, 자외선, 전염병 등과 같은 유해환경은 영유아 발달에 치명적인 손상을 입힐 수 있다. 이에 머리 및 얼굴 관련 보호구의 수요가 매우 증가되고 있는 현실에서, 머리 및 얼굴 형태 관련 연구가 다수 이루어지고는 있으나, 주로 성인을 대상으로 진행되고 있으며, 실질적인 모델로써 활용될 수 있는 영유아용 3D 헤드 모델에 대한 연구가 미흡한 것이 사실이다. 이에 본 연구에서 머리 부위의 치수적합성을 높일 수 있는 3D 인체모델링 프로세스를 개발, 적용하여, 한국 영유아의 머리 형태 및 사이즈를 대표할 수 있는 3D 헤드모델을 제시하는 것은 연구 및 산업적으로 큰 의의가 있다고 사료된다.

머리 및 얼굴은 뼈, 근육, 피부뿐 아니라 머리카락의 부피에 의해서도 형태, 치수에 영향이 클 수 있다[13]. 이에 추후 연구에서는 본 연구를 통해 제안된 한국 영유아의 3D 헤드 모델을 기초로 머리카락의 부피감, 스타일 등을 고려한 연구가 추가적으로 수행되어야 할 것이다. 또한 데이터의 측정시기와 머리 관련 항목의 제한된 항목 수에 따라 현재 다수의 한국 영유아를 대표하기에는 한계가 있을 수 있다. 따라서 머리와 얼굴의 계측 항목과 표본수를 다양화하고, 본 연구 프로세스를 적용하는 3D 헤드 모델의 연구가 지속적으로 진행된다면 패션분야 뿐만 아니라 메디컬, 산업안전규격테스트, 뷰티/미용 등 관련된 다양한 산업분야로 확장되어 활용될 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

## ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (No.NRF-2021R1C1C2013643).

## REFERENCES

- [1] Y. L. Choi, J. S. Kim, and Y. J. Nam, "Classification of Head Shape and 3-dimensional Analysis for Korean Women," *Fashion & Textile Research Journal*, Vol 11, No. 5, pp. 779-787, October 2009.
- [2] Almaden Design Research, "Universal design guidelines for head-related products using Size Korea", <https://sizekorea.kr/support/pds/view?bbsCntntsSeq=693>
- [3] E. Jeon, and J. Moon, "Integrating Analysis on Measurements of Head and Face for Korean Men and Women," *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, Vol 42, No. 6, pp. 988-1001, December 2018. DOI: 10.5850/JKSCT.2018.42.6.988
- [4] S. Kim, J. Kim, E. Park, and S. Han, "Early Childhood Development" Korea-Press, pp. 15-17, 2014.
- [5] H. Moon, H. Kwon, M. Seong, Y. Shin, S. An, K. Lee, H. Cheon, Y. Han, U. Han, and H. Hwang, "Childhood Development" Korea-Press, pp. 131-138, 2016.
- [6] Korea Consumer Agency, "Children's Safety Accident Prevention Guide", pp. 1, August 2018, <https://www.kca.go.kr/smartconsumer/sub.do?menukey=7800&mode=view&no=1002684540>
- [7] Korea Consumer Agency, "Analysis of trends in children's safety accidents in 2022", pp.5~13, April 2023, <https://www.kca.go.kr/smartconsumer/synapviewer.do?menukey=7301&fno=10038859&bid=00000146&did=100351144036>
- [8] S. J. Cha, "Face and Head Types Analysis of 20~24 aged Males for Mask and Hat Developmen," *Journal of Korean Traditional Costume*, Vol 25, No. 4, pp. 93-107, December 2022. DOI: 10.16885/jkct.2022.12.25.4.93
- [9] S. J. Cha, "Types of Face and Head for Mask and Hat Design in 20s Women," *Journal of Basic Design & Art*, Vol 23, No. 5, pp. 541-555, October 2022. DOI: 10.47294/KSBDA.23.5.37
- [10] H. S. Kim, K. H. Yi, and S. J. Park, "An Analysis of Craniofacial Shape for Male Adults by 3D Measurement," *Journal of the Korean Society of Costume*, Vol 55, No. 3, pp. 69-80, May 2005.
- [11] M. Y. Song, and O. L. Park, "A Study on Women's Face Types Classification and Shape Differences," *Journal of The Korean Society of Fashion Business*, Vol 08, No. 1, pp. 76-90, January 2004.
- [12] H. S. Kim, K. H. Yi, and S. J. Park, "A Study of Standard Head Model for Korean Adults by 3D Measurement," *Journal of the*

Korean Society of Clothing and Textiles, Vol. 30, No. 4, pp. 542-553, January 2006.

- [13] J. H. Chio, B. C. Park, and J. S. Kim, "Development and Validation of FE Adult Headform Impactor for Pedestrian Protection," Transactions of the Korean Society of Automotive Engineers, Vol. 20, No. 2, pp. 64-69, March 2012. DOI: 10.7467/ksae.2012.20.2.064
- [14] Y. S. Ahn and M. A. Suh, "A Study on the Head Type of Korean Women's for Headgear Pattern Making," The Research Journal of the Costume Culture, Vol. 12, No. 6, pp.1021-1030, December 2004.
- [15] J. H. Lee and W. H. DO, "Study on the Sizing System of Head Gears," Korean journal of human ecology, Vol. 12, No. 4, pp. 571-578, September 2003.
- [16] Korean Agency for Technology and Standards, "Sports Protection Equipment For Children (Protector For Roller Sports Users and Impact Protection Helmets)," Special Act On The Safety Of Children's Products C.F.R., Korea-Press, 2017.
- [17] British Standards Institution, "EN 960:2006 Headforms for use in the testing of protective helmets," England-Press, 2006.
- [18] H. Nam, N. Han, M. J. Eom, M. Kook, & J. Kim, "Cephalic Index of Korean Children With Normal Brain Development During the First 7 Years of Life Based on Computed Tomography," Annals of rehabilitation medicine, Vol. 45, No. 2, pp.141-149, April 2021. DOI: <https://doi.org/10.5535/arm.20235>
- [19] A. L. Lee, and H. Han, "Development of A New Headform Sizing System For School-Age Korean Children," Proceedings of the 2nd International Conference on Clothing and Textiles, pp. 315-316, 2022.
- [20] Korean Agency for Technology and Standards, "The 5th Size Korea," <https://sizekorea.kr/human-info/meas-report?measDegree=5>
- [21] Korean Agency for Technology and Standards, "KS K 0059:2009 Sizing systems for hat," <https://www.kssn.net/search/stdetail.do?itemNo=K001010147936>

## Authors



Hyunjung Han is a researcher in the of Research Institute Human Ecology at Chungbuk National University, Korea. She earned her Doctor of Philosophy(Ph.D.) in Clothing & Textile from Ulsan University,

Korea in 2014. She has been conducting R&D at the Korea Fashion Industry Research Institute and Chungbuk National University with research funds from the government since 2014. Dr. Han has been conducting national R&D research on ICT convergence clothing products, medical wear, and 3D human models since 2014. She is also an educator, teaching courses on human body and clothing, clothing structure, technical design, and 2D and 3D pattern CAD at universities and educational institutions. Her research interests include clothing ergonomics patterns, human body shape, ICT smart, and functional wear.



Ah Lam Lee is a Principal Researcher in the Size Korea Business Group at KATRI (Korea Apparel Testing & Research Institute). She earned her Ph.D. in department of Textiles, Merchandising and Fashion Design from

Seoul National University, Korea, in 2016. Dr. Lee has been involved in various R&D projects related to anthropometric data analysis, digital twin technology, and ergonomic clothing design, securing government-funded research grants. She has also contributed to industrial consulting and has taught courses related to digital fashion technology and clothing science at the university level. Her research interests include human body shape analysis, clothing ergonomics, and 3D digital fashion technology.