

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Faculdade de Medicina
Programa de Pós-Graduação em Medicina: Ciências Médicas

Reprodutibilidade de Medições Antropométricas Nasais Obtidas por
Estereofotogrametrias Tridimensionais

Humberto Lopes Camargo Junior

Orientador: Prof. Dr. José Faibes Lubianca Neto

Dissertação de Mestrado

Porto Alegre

2011

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Faculdade de Medicina
Programa de Pós-Graduação em Medicina: Ciências Médicas

Reprodutibilidade de Medições Antropométricas Nasais Obtidas por
Estereofotogrametrias Tridimensionais

Humberto Lopes Camargo Junior

Orientador: Prof. Dr. José Faibes Lubianca Neto

Dissertação de Mestrado

Porto Alegre

2011

C172r Camargo Junior, Humberto Lopes

Reprodutibilidade de medições antropométricas nasais obtidas por estereofotogrametrias tridimensionais / Humberto Lopes Camargo Junior; orient. José Faibes Lubianca Neto. – Porto Alegre, 2011.

94 p.; 21 x 30 cm.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Medicina. Programa de Pós-Graduação em Medicina: Ciências Médicas. Porto Alegre, RS, 2011.

I. Camargo Junior, Humberto Lopes II. Lubianca Neto, José Faibes. III. Título. 1. Antropometria nasal. 2. Imagem. 3. Estereofotogrametria tridimensional.

NLM : WV301

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha esposa Lilian, que me manteve sempre motivado. Boa parte desta pesquisa é fruto do teu carinho, apoio e compreensão. Muito obrigado pelo teu amor e por compartilhar o precioso tempo da nossa gestação com o desenvolvimento deste projeto. Te Amo.

Dedico também aos meus pais Humberto e Djalмира por sempre acreditarem em mim e me mostrarem a importância da educação.

AGRADECIMENTOS

Este projeto é fruto do sonho de poder coletar dados objetivos na medição do nariz, contribuindo com a medicina baseada em evidências na minha área. Todo projeto pioneiro seria impraticável sem ajuda. Por isso meus sinceros agradecimentos:

Ao Prof. Dr. José Faibes Lubianca Neto, grande incentivador da pesquisa no nosso serviço de otorrinolaringologia, por sua coragem de permitir e motivar o início de uma desafiadora e nova linha de pesquisa.

Ao colega Márcio de Menezes por fornecer todas as informações iniciais para a estruturação e desenvolvimento deste projeto, e pelo seu constante suporte e críticas construtivas.

A acadêmica de Medicina Luísi Rabaioli, por sua contribuição inestimável à aquisição da ampla literatura utilizada nesta pesquisa.

Ao Wander Rodrigues e Dennis O'Neal por suas disponibilidades e importante suporte técnico.

Aos colegas de bloco cirúrgico das quartas-feiras, Eduardo Granzotto e Fernando Hermes, por todo apoio e principalmente pela amizade.

E por fim, meu especial agradecimento aos voluntários deste estudo, que com muita boa vontade dispuseram do seu tempo e viabilizaram a pesquisa.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

2D	Bidimensional
3D	Tridimensional
al	Alar
al'	Alar'
c'	Ponto mais alto da columela
ca	Curvatura (ou crista alar)
CC	Coefficiente de confiança
D	Domus
en	Endocanto
ETM	Erro técnico de medição
g	Glabela
ls	Labial superior
MAD	Média absoluta das diferenças
mf	Maxilofrontal
MRE	Magnitude relativa do erro
n	Násio (Nasion, n)
or	Orbital
prn	Pronasal
RNM	Ressonância Nuclear Magnética
RX	Raio X
sbal	Subalar
sn	Subnasal
se	Subnásio (Sellion)
sn'	Subnasal'
ST	Supratip
t	Tragus
TC	Tomografia Computadorizada
tn	Pontos terminais das narinas
X	Base óssea

RESUMO

Objetivo: Testar a reprodutibilidade de medições antropométricas nasais obtidas com um sistema de imagem de estereofotogrametria tridimensional. **Métodos:** Pontos antropométricos tridimensionais do nariz foram obtidos da face de 40 voluntários saudáveis com o uso de um sistema de estereofotogrametria 3D (Vectra[®], Canfield Scientific, Fairfield, NJ) num intervalo mínimo de 30 dias. Trinta e três medidas lineares, uma tangencial, três angulares e uma volumétrica foram obtidas a partir destes pontos. Os erros sistemáticos e aleatórios entre as duas medidas realizadas pelo mesmo observador (tempo 1 e tempo 2) foram calculados. **Resultados:** Três medidas lineares e uma angular apresentaram erro sistemático ($p > 0,05$, teste t pareado). As medidas foram repetíveis, com uma precisão moderada naquelas menores de 11 mm. **Conclusão:** A antropometria nasal realizada com a estereofotogrametria se mostrou reprodutível. Entretanto isso só é possível com uma acurada localização dos pontos antropométricos. Pequenas medidas, menores que 11 mm, devem ser usadas com cuidado porque seus pequenos erros, podem contribuir sub ou superestimando os resultados de estudos.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO DA LITERATURA	11
2.1 ANTROPOMETRIA NASAL	11
2.2 PONTOS ANTROPOMÉTRICOS DO NARIZ.....	14
2.2.1 Classificação	14
2.2.2 Definição e localização dos pontos antropométricos	15
2.2.3 Medidas entre os pontos antropométricos	17
2.2.3.1 Medidas lineares simples perpendiculares.....	17
2.2.3.2 Medidas lineares horizontais	17
2.2.3.3 Medidas lineares pareadas	18
2.2.3.4 Medidas tangenciais.....	19
2.2.3.5 Medidas angulares	19
2.3 ANÁLISE DE DADOS EM ANTROPOMETRIA.....	19
2.3.1 Média absoluta das diferenças	20
2.3.2 Magnitude do erro relativo	20
2.3.3 Erro técnico de medição	21
2.3.4 Coeficiente de confiança	22
2.4 MÉTODOS DE MEDIÇÕES ANTROPOMÉTRICOS.....	22
2.4.1 Antropometria Direta	22
2.4.2 Antropometria indireta	24
2.4.2.1 Métodos bidimensionais	24
2.4.2.1.1 <i>Cefalometria</i>	24
2.4.2.1.2 <i>Fotogrametria 2D</i>	26
2.4.2.2 Métodos tridimensionais.....	28
2.4.2.2.1 <i>Contato</i>	29
<u>2.4.2.2.1.1 Ultrassonografia</u>	29
<u>2.4.2.2.1.2 Digitalizadores eletromagnéticos e eletromecânicos</u>	29
2.4.2.2.2 <i>Sem Contato</i>	31
<u>2.4.2.2.2.1 Tomografia computadorizada e ressonância nuclear magnética</u>	31

<u>2.4.2.2.2 Digitalizador/escâner a laser</u>	32
<u>2.4.2.2.3 Estereofotogrametria</u>	33
2.5 PONTOS ANTROPOMÉTRICOS E MÉTODOS 3D DIGITAIS	41
3 OBJETIVOS	43
4 REFERÊNCIAS	44
5 ARTIGO	54
6 CONSIDERAÇÕES GERAIS	87
ANEXOS	88
ANEXO A	88
ANEXO B	90

1 INTRODUÇÃO

A antropometria nasal fornece dados objetivos aos cirurgiões (1-9). Na prática clínica, as dimensões do nariz, sua relação com estruturas vizinhas, assim como sua posição e proporção são de extrema importância para o planejamento terapêutico, para correção de alterações, e de deformidades, além de ser a base para avaliação dos resultados (10,11).

A antropometria direta realizada com uso de instrumentos foi considerada o padrão-ouro na aquisição das medidas antropométricas (9). Porém, com a evolução das técnicas, cedeu lugar a métodos indiretos, com os quais não ocorre a deformação das partes moles e a rápida aquisição dos dados causa menores distúrbios aos pacientes. Além disso, estes métodos possibilitam arquivar os dados tridimensionais (3D) para futuros estudos (10,12-26).

Amplamente utilizada como método de documentação, as fotografias bidimensionais (2D) são também utilizadas para avaliar os resultados pós-operatórios do nariz. Entretanto, como são uma representação 2D de uma estrutura 3D, não permite que se realizem todas as medições (27). Mesmo com métodos padronizados tais fotografias apresentam diferenças de tamanho nas imagens de pré e pós-operatório, sendo necessária a utilização de escalas de proporção ou ângulos para expressar os resultados (10,11,16).

Existem vários métodos 3D, como a Tomografia Computadorizada (TC) e a Ressonância Nuclear Magnética. Devido ao alto custo, às longas sessões para obtenção dos dados 3D, à exposição à radiação (TC) e à falta de uma representação fiel da superfície, tais exames não são frequentemente utilizados para a avaliação do nariz externo. Cedem lugar para técnicas de digitalização 3D como os digitalizadores eletromagnéticos e eletromecânicos (21,25,28), os escaners a laser (12,15) e a estereofotogrametria (19,20,22-24,26).

A necessidade de contato, a possibilidade de artefatos causados pela movimentação, a ausência de um banco de dados que permita medições de novos pontos e o fato dos dados obtidos serem apenas a localização dos pontos selecionados sem fornecer a morfologia, têm limitado o uso dos digitalizadores eletromagnéticos e eletromecânicos (21,25,28). Mesmo fornecendo a morfologia do

nariz, os escaners a laser podem apresentar artefatos nesta área, tanto pelo atraso do escaneamento do laser em relação às capturas das câmeras quanto pela alteração do reflexo da luz que ocorrem nos orifícios (narinas) e nas áreas com grandes angulações e com alterações de coloração da pele (12,29-33).

A estereofotogrametria tem se demonstrado o método de escolha atual para mensurar objetivamente mudanças no nariz. Definida entre os antropometristas como um método para obter dados 3D através de estereofotografias (obtidas de um par de fotos 2D), a estereofotogrametria tem como vantagem a instantânea e sincronizada captura das imagens, diminuindo a formação de artefatos gerados por pequenos espasmos musculares ou movimentação do paciente. Os dados armazenados fornecem uma realística representação da morfologia do nariz com detalhes da sua superfície, sendo possível avaliar áreas e volumes. Além disso, novos pontos podem ser posteriormente identificados e utilizados para outras medidas no computador sem necessitar nova visita do paciente (10,31,34,35). Os novos métodos de estereofotogrametria passiva, onde não há a necessidade de projeção de pontos ou fonte luminosa sobre a superfície, oferecem uma melhor acurácia do método para imagens do nariz e são menos sujeitos a artefatos.

Os pontos antropométricos são a principal ligação entre a antropometria tradicional e a digital, sendo que a precisão está intimamente relacionada à capacidade de uma acurada localização dos mesmos repetidas vezes. Erros de medição existem em todos os métodos antropométricos, porém os erros ao identificar repetidas vezes os pontos podem comprometer muito os resultados de estudos (10,31,34-36).

Apesar de já existirem estudos avaliando precisão e repetibilidade dos pontos antropométricos utilizando estereofotogrametria, eles são direcionados à face (37-47). Carece-se na literatura de uma análise mais detalhada, utilizando pontos antropométricos nasais em estudos com adequado tamanho amostral. Tal análise se faz necessária para avaliar a confiança da estereofotogrametria como método para seguimento dos pacientes submetidos à cirurgia reparadora e estética do nariz.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ANTROPOMETRIA NASAL

Nos animais a cabeça é a estrutura mais complexa do corpo. Isto é especialmente importante nos humanos, não somente porque a cabeça abriga o sistema nervoso central, olhos, orelha interna e a porção inicial do aparelho digestivo e respiratório, mas também porque nela está localizada a face, que é provavelmente a mais importante fonte de comunicação e interação com o ambiente. A face fornece informações importantes que identificam o indivíduo (10).

Nos séculos XVII e XVIII, antropologistas europeus propuseram vários sistemas para classificar as populações de acordo com a cor da pele, tipo de cabelo e medidas de crânios. No século XIX e início do século XX, já era de grande interesse categorizar as raças de acordo com o formato e tamanho do nariz (13).

No início do século passado, Thomson e Buxon (48) utilizaram o índice nasal para estudar a associação de vários grupos étnicos com a temperatura e a umidade da região de origem destas populações. O índice nasal expressa a relação entre a largura (entre as cartilagens alares) e a altura (da sutura nasofrontal até a porção medial dos bordos das narinas) do nariz. Concluíram que um nariz com índice alto (nariz largo) era associado com climas quentes e úmidos e o com índices menores (nariz estreito) com clima frio e seco. Os estudos sobre o nariz étnico e as diferenças raciais continuaram. Ohki (49), ao comparar achados de rinometria com dados antropométricos de diferentes grupos raciais, encontrou significantes diferenças entre as dimensões do nariz e o fluxo de ar do nariz humano, demonstrando a utilidade da antropometria na pesquisa, principalmente quando associada a outros métodos. Porém as diferenças raciais e suas respectivas proporções nasais tem uma importância mais estética (50-52) do que funcional ao rinologista (51).

Nas décadas de 70 e 80 do século passado, o avanço das técnicas cirúrgicas, a necessidade de avaliar resultados, de conhecer a morfometria nasal da população e de auxiliar o planejamento terapêutico impulsionaram Lindsay e Farkas

e Farkas et al. (3-7) a aperfeiçoar a antropometria da face. Foi então que muitos dos pontos antropométricos do nariz foram descritos e definidos.

Com seu avanço e popularização no meio acadêmico, a antropometria nasal se demonstrou de grande utilidade na área de pesquisa, uma vez que a opinião do especialista e a avaliação subjetiva do paciente são sujeitas a viés e não são sustentadas por dados concretos. As medidas objetivas, por outro lado, fornecem elementos que podem quantificar resultados, trazendo o paradigma da medicina baseada em evidências para um campo ainda carente de validação científica, como é o caso da avaliação das intervenções cirúrgicas estéticas nasais.

Segundo Farkas (9), estimativas antropométricas intuitivas da face humana fazem parte da prática clínica diária, nas quais os cirurgiões plásticos decidem o que é “normal ou anormal”, “bonito ou esteticamente desfavorável”, “melhorado ou não melhorado” e assim por diante, este processo, contudo, abre uma nova abordagem, no qual comparações no tempo, comparações com “indivíduos ideais”, e construções/reconstruções faciais são possíveis.

Portanto as medidas antropométricas são úteis para “quantificar” o julgamento estético coletivo e fornecer dados sobre os padrões na população, o que é importante no adequado planejamento cirúrgico dos pacientes (1,2).

Lindsay e Farkas (3) publicaram o primeiro estudo antropométrico avaliando a evolução dos pacientes com lábio fendido submetidos à cirurgia corretiva das deformidades nasais. Salyer (53), utilizando a antropometria, observou que, ao contrário do que se pensava, a rinoplastia realizada conjuntamente com a reparação da fenda não altera o crescimento nasal e permite um melhor balanço durante o crescimento. A antropometria direta era a técnica mais utilizada e, como descrito por Mulliken (54), era feita nas crianças menores de 4 anos sob anestesia geral. Atualmente outras medidas estão sendo utilizados para obter com segurança os dados destes pacientes (15,17,23,55,56).

Na mesma direção, a cirurgia corretiva do desvio do septo nasal não era indicada na população pediátrica e deveria ser evitada até que o paciente atingisse um maior crescimento (57). Utilizando a antropometria direta, Bejar et al. (58) sustentavam a teoria das alterações nasais, principalmente no dorso do nariz, decorrentes da septoplastia em crianças. El-Hakim et al. (59) utilizando a

antropometria direta constataram que 26 crianças submetidas à septoplastia externa, onde a cartilagem quadrangular foi remodelada e recolocada, não apresentaram alterações no crescimento nasal e facial. Dados como estes sustentam a importância da antropometria nasal, pois permitem levantar questionamentos e, através dos seus resultados, realizar uma avaliação das melhores técnicas cirúrgicas e suas evoluções.

A melhora da aparência facial é o objetivo comum de várias áreas da medicina. O planejamento desta melhora necessita de um conhecimento das proporções faciais tidas como ideais (1). O desenvolvimento da habilidade de análise facial pode aprimorar os resultados cirúrgicos, principalmente nos pacientes submetidos à rinoplastia (11). A antropometria nasal sistematizada pode ser muito útil na cirurgia plástica nasal, pois se pode ter acesso aos dados referentes à população e às mais variadas etnias (12,14,60-64). Este conhecimento facilita o planejamento das cirurgias de reconstrução e de estética, pois fornece os padrões encontrados e esperados em cada população.

Por ser uma ferramenta objetiva que serve para avaliação do formato da face e do nariz, a antropometria revela mudanças do indivíduo ao longo do tempo, faz comparação entre as pessoas e analisa suas diferenças quantitativas e qualitativas. Ou seja, auxilia no entendimento das alterações que ocorrem na face e no nariz nas diferentes faixas etárias, demonstrando o crescimento e envelhecimento na população para futuras correlações, tanto em cirurgias como na prática forense de identificação de pessoas desaparecidas (21,65). A antropometria indireta 3D está sendo estudada para o reconhecimento automatizado da face. Afinal, seria de grande utilidade um banco de dados antropométricos para imediata identificação de pessoas para uso nos departamentos de polícia e em hospitais, assim como para acesso em lugares de segurança (66).

As evoluções antropométricas do nariz incorporaram novas medidas diante das crescentes necessidades e tecnologias. Atualmente pode-se também avaliar as alterações volumétricas do nariz (22,23).

Portanto, as evoluções nas técnicas cirúrgicas, a necessidade de um adequado seguimento destes pacientes, o acompanhamento do crescimento e envelhecimento de populações, a identificação de dismorfias e a utilização na

prática forense levaram à uma necessidade de evolução também na identificação e reprodução dos pontos antropométricos. Como consequência, surgiu a necessidade do desenvolvimento de novos métodos que pudessem medir e as dimensões não somente lineares como também volumétricas do nariz, reproduzindo toda a sua complexidade 3D.

2.2 PONTOS ANTROPOMÉTRICOS DO NARIZ

2.2.1 Classificação

Segundo Sforza et al. (67), os pontos antropométricos, tanto os identificados nas partes moles quanto os relacionados às estruturas ósseas, possuem uma definição espacial e um nome com homologia à sua correspondência biológica. Estes pontos devem estar na mesma posição entre os componentes de uma mesma espécie. Também devem ser identificados de forma repetida e consistente com boa acurácia.

Vários tipos de pontos antropométricos de referência são utilizados (67):

Tipo I, ou pontos de referência anatômicos, são posicionados no encontro entre dois tipos de tecido (exemplo da borda dos lábios) ou no encontro de duas estruturas (como limite inferior da base alar, onde ela desaparece na pele acima do lábio superior).

Tipo II são os pontos estruturais, definidos geometricamente no máximo contorno de uma estrutura, como os posicionados nos pontos mais laterais das curvaturas das alares.

Tipo III são os pontos externos, pertencentes a curvas ou superfícies, cujas localizações são definidas de acordo com as características geométricas das estruturas anatômicas vizinhas, como a maior projeção ponta do nariz, por exemplo.

Com a introdução da antropometria digital novos pontos surgiram. Os pseudo-pontos estão interpostos entre os já conhecidos ou contornam uma superfície e são criados para uma avaliação mais ampla da estrutura ou locais de interesse (68).

2.2.2 Definição e localização dos pontos antropométricos

Farkas apresenta uma detalhada descrição dos pontos, no nariz e estruturas adjacentes, úteis para a antropometria nasal (9). São estes:

Tragus (Tragion, t): no limite do bordo superior do tragus.

Glabela (Glabella, g): localizado na linha média do ponto mais proeminente entre as sobrancelhas.

Orbital (Orbitale, or): ponto mais inferior da margem óssea de cada órbita, é identificado por palpação.

Endocanto (en): ponto interno da comissura do olho.

Labial superior (Labiale superius, ls): ponto na linha média do bordo do lábio superior.

Násio (Nasion, n): ponto médio da sutura nasofrontal. Pode ser palpado pela unha do observador. Situado acima da linha entre os cantos internos das pálpebras. O násio ósseo e de partes moles são coincidentes.

Subnásio (Sellion, subnasion, se): ponto mais profundo do ângulo nasofrontal, muitas vezes confundido com o násio que se encontra mais superiormente.

Maxilofrontal (Maxillofrontale, mf): base da raiz nasal, medialmente a cada endocanto, próximo ao osso maxilofrontal medial a margem de cada órbita onde as suturas maxilofrontal e nasofrontal se encontram.

Alar (Alare, al): ponto mais lateral de cada contorno da asa nasal.

Pronasal (Pronasale, prn): ponto mais projetado da ponta do nariz. Visto em posição lateral. Difícil se a ponta é plana. No caso de ponta bífida será escolhido o lado mais projetado.

Subnasal (Subnasale, sn): ponto medial do ângulo da base da columela onde está a porção mais inferior do septo nasal, e a superfície do lábio superior. Não é idêntico ao subnasal ósseo (nasoespinal) que é o ponto central das margens anteriores das aberturas piriformes. O subnasal é identificado numa visão da base do nariz.

Subalar (sbal): limite inferior de cada base das alares. Onde as alares desaparecem na pele do lábio inferior. Estes pontos indicam a inserção labial da base da alar.

Curvatura ou Crista Alar (ca): ponto mais lateral na linha de base de cada alar. Indica a inserção facial da base da asa.

Ponto mais alto da columela (c'): também chamado de Ponto de transição columelar de Daniel. É o ponto onde a crista da columela, se nivela com o topo de cada narina correspondente. O c' está na linha média, entre os seus correspondentes laterais.

Alar' (al'): marcado no ponto médio de cada alar nas suas faces internas e externas, onde medimos a espessura de cada alar.

Subnasal' (sn'): onde a espessura da columela é medida. Indica o ponto médio da crista da columela.

Pontos terminais das narinas (tn): são os limites superiores e inferiores de cada narina.

Com a introdução de novos instrumentos antropométricos, como a antropometria digital (67), outros tipos de pontos foram introduzidos para contornar ou interpolar pontos clássicos (65,68).

Também, conforme a necessidade dos especialistas de estudos mais detalhados em regiões anatômicas específicas (8), novos pontos foram introduzidos. Daniel (8), ciente da utilidade das medidas antropométricas no planejamento e evolução da rinoplastia, utilizou os mesmos pontos antropométricos descritos acima e introduziu novos, porém com terminologia usada em cirurgia estética. A nomenclatura muda para os termos utilizados pelos cirurgiões e a letra que abrevia o ponto se torna maiúscula.

Base óssea (X): ponto localizado na ponta mais lateral da base da parede óssea nasal.

Domus (D): ponto mais lateral da ponta nasal.

E por fim, um ponto localizado numa região anatômica de conhecimento dos cirurgiões nasais (69) também pode ser utilizado.

Supratip (ST): ponto localizado no final do dorso cartilaginoso, na transição com o bordo cefálico do domus.

2.2.3 Medidas entre os pontos antropométricos

A partir de todos os pontos descritos acima, pode-se obter medidas lineares, angulares (8,9), e atualmente superficiais e volumétricas.

2.2.3.1 Medidas lineares simples perpendiculares

Altura do nariz (n-sn): é a distância entre o násio e o subnásio.

Comprimento da ponte nasal (n-prn): é a distância entre o násio e pronasal.

Protusão nasal (sn-prn): é a distância do subnásio ao pronasal.

Comprimento da columela (sn-c'): é a distância do subnásio até o columelar central.

Distância infralobular (c'-prn): é a distância do columelar central até o pronasal.

2.2.3.2 Medidas lineares horizontais

Distância intercantal (en-en): é a distância entre os endocantos.

Largura da raiz nasal (mf_d-mf_e): anatômicamente entre os maxilofrontais.

Largura da base óssea (X_d-X_e): é a distância entre os pontos da base óssea.

Largura do nariz ou largura morfológica nasal de Farkas (al_d-al_e): é a distância entre os pontos mais laterais das alares.

Largura anatômica do nariz (ca_d-ca_e): é a largura entre as inserções facial das bases das alares.

Largura entre as inserções das bases alares (sbal_d-sbal_e): é a distância entre os pontos onde as alares desaparecem na pele do lábio superior.

Largura da ponta nasal (D_d-D_e): distância interdomal, é a distância entre os pontos laterais da ponta nasal na transição com a porção lateral da alar.

Largura da columela ($sn'_d-sn'_e$): espessura da columela, é a distância entre os pontos na porção medial das cristas da columela.

2.2.3.3 Medidas lineares pareadas

Medidas lineares pareadas são medidas realizadas entre o ponto na sua posição à direita ou à esquerda com outro situado na linha média, ou nas porções extremas de estruturas anatômicas situadas bilateralmente, como as narinas ou parede da alar.

Espessura de cada alar ($al'-al'$): é a distância entre os pontos al' e al' .

Larguras dos assoalhos das narinas ($sbal-sn$): é a distância entre os pontos $sbal$ e sn .

Posição da inserções faciais das narinas ($ca-sn$): é a distância entre os pontos ca e sn .

Comprimento das narinas ($tns-tni$): é a distância entre os pontos tns e tni .

Comprimento das cristas columelar ($sn-c'$): é a distância entre os pontos sn e c' .

Comprimento da asa nasal ($ca-prn$): também denominada de projeção da ponta nasal por Daniel (8), é a distância entre os pontos ca e prn .

Projeção relativa da raiz nasal ($en-se$): note que esta distância não é a mesma da profundidade da raiz nasal nem a posição da órbita em relação a raiz nasal propostas por Farkas (9), mas sim uma variação de Daniel (8).

Projeção do Supratip ($ca-ST$): é a distância entre os pontos ca e ST .

Projeção da parede óssea ($X-Ds$): é a distância entre os pontos X e Ds .

2.2.3.4 Medidas tangenciais

São medidas realizadas tangenciando a superfície entre dois pontos.
Superfície do comprimento da alar (ca-prn superf) direita e esquerda.

2.2.3.5 Medidas angulares

Ângulo nasofrontal (g-se-prn): entre os pontos da glabella e pronasal com vértice no sellio.

Ângulo da ponta nasal (se-prn-sn): entre os pontos do sélio e subnásio com vértice no pronasal.

Ângulo nasolabial (c'-sn-ls): entre os pontos da columela e labial superior com vértice no subnásio.

2.3 ANÁLISE DE DADOS EM ANTROPOMETRIA

Weinberg (31) enfatizou a importância de examinar no mínimo quatro aspectos do erro de medição da antropometria,. São estes: a magnitude do erro associada com medições repetidas (precisão), a congruência do método com técnicas ou valores estabelecidos (acurácia), a tendência do método super ou subestimar os valores (viés) e a capacidade de obter os dados de uma maneira consistente (reprodutibilidade).

Na análise de dados paramétricos é importante distinguir dois termos: validade e reprodutibilidade (70).

O termo acurácia também pode ser utilizado como sinônimo de validade, e representa o quanto o valor da medida em questão representa o real valor.

Na literatura sobre antropometria, imprecisão é definida como a variabilidade, em cada sujeito, causada pela inconsistência entre medidas de mesma entidade

repetidas (39). Portanto reprodutibilidade, ou precisão é o mais próximo que se chega de repetidas medidas do mesmo objeto. O termo confiança é utilizado como sinônimo de reprodutividade.

Alguns métodos são utilizados para quantificar a precisão em antropometria (18,36,39,70-73).

2.3.1 Média absoluta das diferenças

Na presença de somente duas observações, a média absoluta das diferenças (MAD) é simples de calcular. Ela é a média da diferença absoluta dos valores obtidos entre duas medições de todos os sujeitos da amostra. Além de sua simplicidade para ser calculada, ela é de fácil interpretação e é expressa na unidade original da medida. Sua limitação é a falta de relação com o tamanho da medida e por isso deve ser analisada com cautela, pois erros de poucos milímetros podem ter um grande impacto se o tamanho da medida for pequena (36,39,72). Para pequenas distâncias se espera uma MAD de até 1 mm (39,46,72,74). Uma MAD menor que 0,5 mm representa um método altamente preciso, entre 0,5 e 1 mm, apesar de menos acurado, o valor é clinicamente irrelevante e acima de 1 mm é definido como clinicamente relevante (41).

2.3.2 Magnitude relativa do erro

A magnitude relativa do erro (MRE) é obtida dividindo-se a MAD de uma determinada variável pela grande média desta variável e este resultado é multiplicado por 100. Ele representa em porcentagem a magnitude do erro relativo ao tamanho da medida. Pequenas porcentagens representam medidas mais precisas.

Segundo Weinberg (39) o MRE seria o análogo do Coeficiente de Variação, que seria o desvio padrão dividido pela média. E ele divide o MRE em cinco categorias de acordo com sua precisão:

Excelente (menor que 1%)

Muito bom (entre 1 e 3,9%)

Bom (entre 4 e 6,9%)

Moderado (entre 7 e 9,9%)

Ruim (maior que 10%)

Ward e Jamison (36) consideram valores abaixo de 5% desejáveis.

2.3.3 Erro técnico de medição

O erro técnico de medição (ETM) (18,73) fornece uma medida semelhante ao desvio padrão da magnitude do erro, e é expresso na unidade original de medida (36,39).

A fórmula do ETM quando duas medidas estão envolvidas é:

$$ETM = \sqrt{(\sum D^2) / 2n}$$

Onde D representa a diferença entre as duas medidas e n, o número de indivíduos. Semelhante a MAD, menores valores de ETM representam medições mais precisas.

É tipicamente utilizado em duas situações: a) Quando duas medidas são comparadas usando-se o mesmo método (repetibilidade); b) Quando as medições entre dois métodos estão sendo comparadas (concordância entre os métodos).

Porém ao se utilizar o princípio da distribuição normal para as diferenças, o TEM tem uma interpretação em termos da diferença absoluta entre as réplicas, onde apenas 52% das diferenças absolutas estarão no intervalo (73). E suas estimativas devem ser baseadas num n grande, igual ou maior que 40 pares (72).

2.3.4 Coeficiente de confiança

O coeficiente de confiança (CC) (71,73) indica coerência entre duas medições, feitas em momentos diferentes, de seus pontos antropométricos correspondentes (41).

Num indivíduo sendo mensurado repetidamente, nas mesmas condições, para uma variável de interesse, a média entre os valores replicados entre o tempo 1 e o tempo 2 seria o “valor real” ou “o valor livre de erro”. O erro aleatório seria a diferença entre as duas medidas neste indivíduo.

O CC seria: $CC = V_T / (V_T + V_E)$

Onde V_T seria a variância da média dos valores obtidos entre as duas medições e V_E seria a variância das diferenças entre as duas medições.

A medida que a proporção da V_E diminui em relação a V_T a confiança aumenta e a proporção de variância se aproxima de 1. O valor, arbitrário, desejável é maior que 0,75 (36) e 0,8 (41).

Entretanto o CC também não deve ser analisado isoladamente, pois um R próximo da unidade pode estar presente se os valores obtidos entre as duas medições forem muito diferentes uma vez que a variância total também estaria aumentada (73).

2.4 MÉTODOS DE MEDIÇÕES ANTROPOMÉTRICOS

2.4.1 Antropometria Direta

A antroscopia direta (observação) e a antropometria direta (medidas) ainda são métodos importantes de análise da morfologia facial e nasal, úteis nos mais diversos campos das ciências médicas.

Na prática clínica, as dimensões do nariz, sua relação com estruturas vizinhas, sua posição e proporção, são de extrema importância para o planejamento

terapêutico, correção de alterações e deformidades e avaliação dos resultados (10,11).

A antropometria direta convencional é ainda considerada por muitos o padrão-ouro para a análise de medidas em seres vivos, sendo de fácil realização, baixo custo e sem necessidade de uso de um equipamento complexo para a maioria das medidas (10,75). É também um método bem aceito pelos antropologistas desde que realizado por profissionais bem treinados para uma adequada localização e reprodução dos pontos (72,76).

Outra vantagem da antropometria direta é a existência de bancos de dados de muitas medidas antropométricas da face em indivíduos normais, nas diferentes faixas etárias e etnias (9).

Entretanto as sessões para a aquisição das medidas são demoradas, o que torna o método dispendioso, tanto para o pesquisador quanto para o paciente (75,77,78). Cada medição deve ser realizada individualmente e alguns pontos, que são em comum entre várias medidas, necessitam ser identificados repetidas vezes, o que aumenta o erro. Como não fornece um arquivo permanente da totalidade da superfície facial, os dados perdidos e os erros de digitação não podem ser corrigidos. Da mesma forma, novas medições não poderão ser realizadas após a liberação do paciente (10,28).

A maior variabilidade do método se encontra em pontos de difícil localização e com distâncias pequenas entre eles, como os encontrados no nariz (36,44). Ward e Jamilson (36) ao investigar o erro intraobservador e a precisão da antropometria direta, observaram que todas as variáveis acima de 10 cm tiveram uma boa ou excelente reprodutibilidade. Entretanto as medições de variáveis menores de 10 cm tiveram resultados piores, particularmente as menores de 6 cm como as do nariz. Isto se deve a dificuldade de acessar os pontos antropométricos e também ao tamanho da medição. Neste mesmo estudo, o autor destaca que algumas medidas propostas e realizadas com instrumentos desenvolvidos por Farkas (36) não puderam ser realizadas com os instrumentos comercialmente disponíveis.

Os instrumentos, como os paquímetros, necessitam um contato direto com os tecidos flexíveis e maleáveis da face, e a deformação causada pelo instrumento é uma das maiores fontes de erro desta técnica (76). Além do contato físico, que nem

sempre é desejado, os instrumentos podem ser pontiagudos causando desconforto ou até lesões. Além disso, diante da falta de cooperação com movimentos bruscos em crianças e pessoas portadoras de necessidades especiais (32), pode ser necessário realizar as medições com estes pacientes sedados ou sob anestesia geral (54).

Diante da necessidade de aquisição dos dados de forma minimamente invasiva, rápida, com poucos riscos, e com um fornecimento de arquivo da morfologia da face, outros métodos emergiram apresentando uma precisão maior que a antropometria direta (38,39,78). Weiberg et al. (39,40) e Winder et al. (38) encontraram uma maior precisão com os métodos de antropometria indireta por eles testados quando comparados a antropometria direta. Além disso, este método não fornece as coordenadas dos pontos antropométricos, o que limita extração de medições mais complexas como área e volume (25).

2.4.2 Antropometria indireta

Como alternativa à antropometria direta, que utiliza instrumentos para realizar as medições diretamente nos pacientes, vários outros métodos são disponíveis para a análise quantitativa e morfológica fornecendo dados em 2D ou 3D.

2.4.2.1 Métodos bidimensionais

2.4.2.1.1 Cefalometria

Cefalometria é a análise das estruturas craniofaciais através das imagens obtidas com raio X (RX), os cefalogramas (55).

Até 1895 somente as partes moles dos indivíduos vivos eram acessadas, mas com a descoberta do RX, ossos também se tornaram acessíveis a médicos e

pesquisadores, passando a cabeça a ser uma das primeiras estruturas a serem estudadas (55).

A cefalometria é amplamente utilizada no estudo das estruturas ósseas da face com o propósito de diagnóstico, planejamento e seguimento terapêutico. Entretanto, seu uso é limitado em pesquisas envolvendo indivíduos saudáveis, devido à exposição à radiação (55,70,73,79).

Além disso, devido à natureza dispersiva da sua irradiação (55), a técnica apresenta problemas de projeção, como aumento da imagem, distorções e sobreposição de planos (10,70). Outra limitação é o fato de a imagem gerada ser uma projeção 2D de um objeto 3D (80). O método deve ser aplicado por profissional bem treinado e o procedimento deve ser padronizado para poder ser reprodutível (81-83). Além de um adequado posicionamento do paciente, tenta-se corrigir as distorções e aumento das projeções com o uso de réguas metálicas com valores pré-determinados. Para uma melhor qualidade da imagem, seria necessário aumentar não só a qualidade do filme, mas também a quantidade de radiação.

A correta localização dos pontos anatômicos ósseos pode ser alterada com o posicionamento incorreto do paciente (70,73). Outra limitação é a dificuldade da correta identificação e reprodução dos pontos de referência e medições envolvendo as partes moles, particularmente na metade inferior da face (80,82,83).

Devido a estas limitações do método, alternativas estão surgindo. Incrapera et al. (84) encontraram uma boa correlação entre os cefalogramas e métodos de imagens 3D com as estruturas faciais. Os autores encontraram uma boa correlação entre o násio e o pronasal, e sugerem mais estudos nesta direção com o objetivo de encontrar alternativas à exposição tida como desnecessária dos pacientes à irradiação.

2.4.2.1.2 Fotogrametria 2D

Fotogrametria é o processo de obter medidas com o uso de fotografias (27,55,75).

As imagens são obtidas sem contato, de maneira rápida e fornecem um registro permanente. E, apesar de apresentar as mesmas limitações das projeções 2D radiológicas, seria uma alternativa às cefalometrias, para diminuir a exposição à radiação (10,73,75). Entretanto, este método apresenta os mesmos problemas de distorção e posicionamento. Por exemplo, uma cabeça pendendo para trás pode dar a ilusão de orelhas com baixa implantação (68). Além disso, medições de superfície não são possíveis (44).

Devido à sua rápida execução, tem recebido atenção na obtenção de dados antropométricos nas populações pediátricas, fornecendo dados do perfil e da estética facial, sem expor os pacientes ao risco de radiação (79).

A fotografia em duas dimensões tem sido utilizada para descrever alterações pós-operatórias de rinoplastia ou de procedimentos associados (17,85). Os registros, porém, devem ser bem padronizados. As imagens do pré e do pós-operatório devem ser realizadas exatamente da mesma maneira para diminuir os erros nas medições de distâncias e ângulos (85-89). Da mesma forma, deve-se também se tentar aferir apenas as proporções ou ângulos para que o problema do tamanho da imagem possa ser minimizado (17,89).

Kohout et al. (17) utilizaram a fotogrametria para comparar duas técnicas cirúrgicas utilizadas para reparar fenda palatina e deformidade nasal. Observaram que todos os pacientes deveriam ser posicionados da mesma maneira para evitar rotações da cabeça nos dois planos, uma vez que, alterações da distância e do ângulo da câmera e também da posição da cabeça do paciente, modificariam não somente o tamanho da imagem, como também a localização adequada dos pontos antropométricos. Neste estudo não foi possível utilizar o *ca* (ponto de inserção da alar no plano facial) para determinar a largura nasal como se preconiza (27), pois o *ca* só pode ser visualizado de perfil e sua distância seria obtida das incidências frontais.

Hochman et al. (16) demonstraram uma padronização fotográfica do nariz para a análise morfométrica com o intuito de avaliar de forma objetiva os resultados de rinoplastia (85). Neste estudo, porém, somente foram avaliados ângulos e índices do nariz obtidos de escalas que não representavam os valores reais.

Muradin et al. (18) conseguiram uma boa acurácia e repetibilidade com a padronização das capturas das imagens. Fixaram o equipamento e o local onde a face era posicionada e mantiveram uma distância fixa e maior do que 10 vezes a maior largura da estrutura craniofacial. Quando a magnitude da imagem não é a mesma entre as fotografias, podem-se estabelecer correlações de medidas reais com a captura simultânea a da face de régua ou etiquetas (gabaritos) de medidas conhecidas. Tollefson et al. (11), ao analisarem a evolução de pacientes submetidos à rinoplastia e mentoplastia com a utilização de fotografia e um programa especializado, necessitaram usar valores que não representavam os reais. Por não capturarem gabaritos junto com a imagem do paciente e pela diferença de tamanho entre as imagens no pré e pós-operatórios, necessitaram usar unidades (U), dando arbitrariamente o valor de 10 U à distância entre a porção visível mais alta do conduto auditivo externo até a porção mais anterior da pupila. Não aferiram a reprodutibilidade destes pontos com potenciais fontes de erro. Nagy e Mommaerts (19) ao padronizarem um método de fotogrametria não conseguiram reproduzir as mesmas dimensões das imagens e novamente as deformidades nasais e assimetrias foram acessadas por índices e proporções.

A face e o nariz são estruturas 3D o que limita muito o uso da fotogrametria 2D em estudos de antropometria nasal. Farkas (27), ao estudar este método para a análise antropométrica da face, encontrou apenas 33,3% das medidas acuradas. E outro achado interessante foi que, das 100 medições que são possíveis realizar na cabeça pelo método direto, apenas 60% podem ser realizados com a fotografia. Especificamente no nariz, das 23 possíveis, 12 podem ser realizadas pelo método indireto utilizando a fotografia 2D, e apenas 4 são acuradas. Os erros podem ocorrer na definição dos pontos da superfície que apresentam intrínseca relação com o esqueleto craniofacial e, portanto, a marcação dos pontos previamente a sessão de fotos é necessária (27), pois qualquer rotação da cabeça do paciente pode resultar numa projeção inadequada. Isto é bastante importante, já que a medida da projeção

do nariz e as distâncias entre as alares, duas estruturas proeminentes, são extremamente sensíveis a alteração diante de rotação da face (19).

A mobilidade do equipamento seria uma de suas grandes vantagens (75) e com o avanço da tecnologia digital surgiram programas para armazenamento, análise e manipulação de imagem, úteis para a prática clínica e do cirurgião nasal (86,90). Entretanto, o uso de índices proporcionais e ângulos, bem como a utilização de programas e a captura concomitante de gabaritos com valores conhecidos para dimensionar as fotos (79) superaram apenas parcialmente o problema da ampliação da imagem (10).

Devido a todas as limitações, hoje o uso de fotografias na prática clínica é mais amplamente utilizada para documentação e ilustrações do que para a aquisição de medidas antropométricas do nariz (11,67,90,91).

2.4.2.2 Métodos tridimensionais

Os instrumentos disponíveis para a antropometria 3D computadorizada para a face podem ser divididos em duas principais categorias: instrumentos de contato (digitalizadores eletromagnético e eletromecânico, ultrassonografia) e instrumentos sem contato [TC, Ressonância Nuclear Magnética (RNM), Escaners a laser e Estereofotogrametria] (25,67).

Os instrumentos utilizados para a antropometria 3D não são invasivos, não possuem riscos potenciais (com exceção de algumas luzes utilizadas nos escâner a laser e a radiação da TC), não provocam dor e não utilizam fontes de energia consideradas deletérias à integridade das pessoas, tanto a curto como a longo prazo (10).

Os tipos de instrumentos utilizados vão depender da população, do estudo e da aplicação desejada.

2.4.2.2.1 Contato

2.4.2.2.1.1 Ultrassonografia

A ultrassonografia utiliza ondas acústicas. Pode acessar a superfície óssea e as partes moles, sendo similar em alguns aspectos à TC e à RNM, mas sem riscos conhecidos (ao menos nas frequências e tempos utilizados) e tendo um custo bem menor. Este método é utilizado em imagens e diagnósticos pré-natal e intra uterino e na reconstrução 3D da face do feto (10). Até o momento, não tem sido utilizado nos campos da antropometria ou cirurgia plástica facial (2).

2.4.2.2.1.2 Digitalizadores eletromagnéticos e eletromecânicos

Os digitalizadores eletromagnéticos são baseados em ondas eletromagnéticas.

Um campo magnético é gerado, e se estende por alguma distância de sua origem, que pode ser uma placa situada posteriormente à cabeça do paciente. O volume projetado deste campo consegue fornecer a profundidade. Associado ao deslocamento horizontal e vertical captado pela placa geradora, fornece as coordenadas 3D. Usando uma ponteira do instrumento que gentilmente toca os pontos na face do paciente, o circuito é fechado ao se acionar um botão na ponteira ou um pedal (67).

A calibração do instrumento deve ser realizada com um objeto de medidas conhecidas e pode ser alterada por interferências no campo magnético. Para evitar interferências, o cabo da ponteira nunca deve atravessar a placa geradora e todos os equipamentos eletrônicos (celular, monitor, computador, tomadas) devem estar posicionados numa distância mínima de 3 metros do sistema (28). Isto limita a utilização do equipamento fora das salas projetadas para o seu uso. O tempo da coleta realizada por um profissional treinado é relativamente rápido, próximo de 1

minuto, porém deve ser feita em pontos antropométricos previamente identificados e marcados com delineador (28,67). A cabeça do paciente deve estar fixa para evitar movimentações (67).

Os digitalizadores eletromecânicos possuem um braço multi-articulado onde cada articulação fornece ao sistema a localização do ponto em contato com a ponteira. A partir daí, os dados são digitalizados fornecendo as coordenadas 3D do ponto. A máquina é posicionada na frente ou ao lado do paciente. A calibração também deve ser controlada usando um objeto 3D com valores conhecidos. Por não possuir um campo magnético, não ocorre a interferência de metais. Seu tempo de aquisição dos dados é mais longo que o eletromagnético devido à mobilidade do sensor.

Ferrario et al. (25) obtiveram as medidas antropométricas do nariz com um digitalizador eletromecânico com acurácia de 0,38 mm, obtendo distâncias lineares, ângulos e volumes. O tempo médio para digitalizar os pontos foi de um minuto, e posteriormente as análises foram realizadas utilizando os pontos antropométricos. Porém, para verificar a área e volume mapeando toda a superfície e digitalizando vários pontos, os autores necessitaram fazer tais análises em um molde, devido ao longo tempo necessário (25).

De interesse na área de pesquisa, o volume nasal aproximado também consegue ser obtido com o uso dos digitalizadores. Sforza et al. (21), no seu amplo estudo para avaliar a antropometria nasal nas diferentes faixas etárias de 859 caucasianos de nacionalidade italiana, utilizaram um digitalizador eletromagnético e extraíram o volume aproximado do nariz através de dois tetraedros. O primeiro com o plano entre os pontos ca_d , ca_e , prn e vértex em n , e o segundo com a mesma base e o vértex em sn . Outro fator relevante do estudo foi fornecer dados antropométricos nasais desta população, sendo importante para planejamentos cirúrgicos, correlação com síndromes e na prática forense.

Os digitalizadores possuem ótimas acurácia e precisão, quando operados por profissionais experientes (28,67). Entretanto, ambos os métodos digitalizam apenas cada ponto selecionado e tocado pela ponteira conectada ao digitalizador. Pela expressão e arquivamento somente das coordenadas dos pontos antropométricos, as informações morfológicas da face se tornam muito reduzidas. Uma de suas

limitações, portanto, é não demonstrar a aparência real da superfície da face, o que dificulta a utilização dos dados obtidos como uma ferramenta de comunicação com os pacientes e impede possíveis correções futuras e introdução de novos pontos.

Apesar da obtenção dos dados ser rápida ao se comparar com a antropometria direta (75,78) é demorada ao ser comparada com os sistemas ópticos, podendo apresentar uma grande inacurácia na população pediátrica e em pacientes especiais. E, mesmo nos pacientes mais colaborativos, movimentos da musculatura facial e da cabeça podem ocorrer nos 60 segundos necessários para a digitalização.

2.4.2.2.2 Sem Contato

2.4.2.2.2.1 Tomografia computadorizada e ressonância nuclear magnética

A TC, uma técnica que utiliza RX, e a RNM, que utiliza campos magnéticos, fornecem uma reconstrução 3D de todo esqueleto e partes moles da região craniofacial (10,92).

Uma vantagem destes métodos é a capacidade de avaliar as estruturas localizadas abaixo da superfície, constatando a sua extensão, espessura e também o volume de partes do complexo craniofacial (92,93).

A RNM apresenta as vantagens de não usar radiação, podendo ser usada em repetidas análises e de fornecer uma excelente visualização das partes moles. Entretanto, as estruturas ósseas não são tão bem visualizadas quanto na TC (93), e assim como a TC, pode necessitar de analgesia e até anestesia geral para a população pediátrica, para claustrofóbicos e para pessoas portadoras de necessidades especiais (45).

Infelizmente os dois métodos são muito caros e limitados ao uso clínico. Seria muito difícil obter dados de pacientes saudáveis que precisariam ser expostos à radiação (TC). Além disso, os altos custos, desconforto e longos tempos de exame de ambos limitam sua utilização para a antropometria (67).

Finalmente, pela sua natureza, ambos os métodos não fornecem dados realísticos com alta resolução da superfície da face, o que impede a localização de pontos antropométricos que não sejam intimamente relacionados com o esqueleto (94).

Atualmente, métodos radiológicos mais recentes, como o RX cônico, têm diminuído os custos e os índices de radiação. Entretanto, estes também não demonstram a textura da superfície, e as imagens obtidas necessitam ser sobrepostas a outras provenientes dos métodos óticos para compensar a falta de informação. Os erros ocorrem por artefatos na região do nariz, pois este método não captura adequadamente as partes moles da face, fato atribuído parcialmente aos menores índices de radiação (95).

2.4.2.2.2 Digitalizador/escâner a laser

Nestes instrumentos uma luz monocromática, coerente e direcionada é projetada sobre uma superfície e, a partir dos ângulos e da distância percorrida pelo feixe, é possível digitalizar sistematicamente as coordenadas 3D (12). Durante a aquisição dos dados há necessidade de rastrear toda superfície e o feixe deve rotar sobre a face, o que é obtido girando o paciente ou com o uso de espelhos para redirecionar a luz.

A forma mais utilizada de digitalização é a triangulação (29,32), onde o conjunto de pontos projetados na face, a câmera que adquire a imagem e o aparelho que emite o laser formam um triângulo. A distância entre a câmera e o emissor, e o ângulo e distância do ponto até o emissor são conhecidos, sendo possível então descobrir os ângulos e distâncias dos pontos até a câmera. Com o processo de triangulação se determina a posição dos pontos possibilitando a reconstrução 3D.

Os primeiros aparelhos possuíam um laser cujo comprimento de onda não era seguro e podia lesar os olhos durante o procedimento. Os instrumentos utilizados atualmente são tidos como seguros (29) e podem ser usados em crianças (que não são confiáveis em manter seus olhos fechados). Porém o que limita o uso nesta população é o tempo de digitalização que é 7,5 a 10 segundos nos sistemas mais

modernos (12,29) e pequenos movimentos, neste período, podem produzir artefatos (30).

A acurácia e a resolução deste método é reportada entre 0,5 e 1 mm, mas infelizmente nem toda superfície facial pode ser digitalizada (96). Sombreamentos, pele escura, cabelos e nevos podem prejudicar a adequada digitalização devido à alteração da intensidade da luz refletida, podendo, juntamente com a movimentação do paciente, gerar muitos artefatos (31,32). Segundo os achados de Germec-Cakan et al. (33) os digitalizadores a laser não apresentam acurácia suficiente para localizar “recortes” profundos na face, como as narinas, devido aos seus sombreamentos e angulações agudas.

A alternativa aos equipamentos de última geração é a utilização do laser apenas para projetar sobre a face retalhos de pontos que auxiliarão na triangulação entre as câmeras fotográficas. A grande desvantagem desta técnica é um possível movimento do paciente no tempo entre a fotografia e o laser com conseqüente diminuição da acurácia (32) já que o tempo de captura das câmeras é bem mais rápido (30).

Como a função da fonte do laser é fornecer um preciso mapeamento da superfície (profundidade, distâncias) através da projeção de um sombreamento formado por muitos pontos, ele está cedendo lugar a equipamentos que conseguem obter estas informações de maneira mais rápida, como flashes especiais (43,45) ou diretamente sobre a imagem (com os pixels das imagens digitais).

2.4.2.2.2.3 Estereofotogrametria

Segundo Adams e Spirakis (97), o termo fotogrametria é derivado de duas palavras Gregas, *phos* “luz” e *gramma* “escrita” e tem sido definido como a arte, ciência ou tecnologia de obter informação quantitativa confiável de objetos físicos através do processo de armazenamento, medição e interpretação de imagens, formadas de projeções derivadas de fontes de energia radiante ou transmitida.

A habilidade do cérebro humano em converter duas imagens do mesmo objeto obtidas de dois pontos de vista (olhos) em um objeto 3D é denominado

estereoscopia e, a estereofotogrametria é a obtenção precisa das coordenadas 3D (x, y, z) de pontos em comum de um par de imagens estereoscópicas (capturadas de pares de um equipamento 2D) (97).

Apesar de poder utilizar as projeções obtidas de qualquer fonte de energia radiante ou transmitida (RX, por exemplo), no campo antropométrico a estereofotogrametria virou sinônimo da obtenção de medidas de distâncias, ângulos e volume de imagens 3D obtidas por estereofotografias que são digitalizadas e processadas por sofisticados programas de computador (34,38,39,41-44,46,74,77,98).

Segundo Wagner et al. (99), o método adaptado de fotogrametria consiste de quatro componentes essenciais: primeiro, para a aquisição da imagem e obtenção de coordenadas para a reconstrução 3D é usada a triangulação por arranjo convergente de duas câmeras. É necessário um procedimento de calibração para o sistema, onde para cada câmera, são definidos os parâmetros da distância focal e coordenadas em um gabarito com pontos padronizados. Segundo, a superfície do objeto é mapeada com um destacado perfil de pontos (projetados sobre a superfície ou os pixels das imagens digitais de equipamentos mais modernos), formando um denso sombreamento. O sistema, após a calibração, sabe a distância de cada ponto para câmera do par. O terceiro componente é a técnica de correlação para alocar cada ponto homólogo, onde é computado cada ponto da primeira câmera na área correlacionada da segunda. E, por fim, é implementada a auto-calibração dos parâmetros extrínsecos, onde cada par de pontos homólogos fornecem quatro coordenadas para a determinação dos, até então, três desconhecidos valores do ponto 3D.

Conseqüentemente, se um suficiente número de pontos homólogos são conhecidos, é possível determinar os pontos 3D e seus parâmetros extrínsecos.

Para Galantucci et al. (47), o processo baseado na estereofotogrametria consiste de 5 passos: a) aquisição das imagens da face de diferentes direções e ângulos; b) determinação espacial e calibração padronizada das câmeras; c) detecção de uma densa correlação entre pontos das imagens; d) computação das coordenadas 3D; e) geração de um modelo da superfície.

Nos sistemas mais modernos, devido à evolução das câmeras digitais onde o pixel pode representar um ponto com as coordenadas 3D, não se faz mais necessário a projeção sobre a face de um denso pontilhado (39,45). Comparável a aquisição dos digitalizadores a laser, o resultado da aquisição estereoscópica seria a formação de projeções sobre a superfície das fotografias que acrescentariam um terceiro plano, o de profundidade, ao método convencional 2D amplamente utilizado para a documentação e planejamento cirúrgico.

De uma perspectiva antropométrica, uma digitalização 3D rápida, sem contato, não invasiva, sem radiação, sem a necessidade de grande colaboração por parte do paciente, e que forneça imagens armazenáveis ofereceria muitas vantagens sobre os métodos tradicionais. Além da quantificação das distâncias lineares e ângulos pode-se obter áreas e volumes. São as particularidades da estereofotogrametria, que é capaz de obter informações detalhadas da superfície da face em alta definição de cores e de localizar pontos entre as três coordenadas, de uma maneira rápida (menos de um segundo), diminuindo os artefatos produzidos com a movimentação, especialmente entre as crianças e indivíduos com necessidades especiais (20,31,34,35,40,100,101).

Segundo Ayoub et al. (45), o método, seguindo as necessidades clínicas diárias, é de rápida captura, precisão de até 1 mm, simplicidade para ser operado, processamento da informação 3D em poucos minutos, fácil integração com a prática médica existente, de baixo custo, sem exposição do paciente à radiação e capaz de arquivar não só os dados obtidos, mas toda a complexidade 3D da estrutura. O sistema apresentaria ampla utilização clínica no monitoramento de tratamentos ou resultados de cirurgias.

Devido a suas características e rapidez na captura das informações, o método já se demonstra importante para a avaliação objetiva 3D do nariz. Como constataram Hood et al. (101), foi possível realizar uma avaliação 3D e repetitiva, obtendo importantes dados sobre a evolução após o reparo do nariz e lábios de pacientes com lábio fendido durante um ano. Sem a necessidade de uma grande colaboração do paciente e sem a exposição dos mesmos à radiação, o método se mostrou promissor e de escolha na população pediátrica e de portadores de necessidade especial.

Estudos posteriores também demonstraram a evolução pós-operatória do nariz em pacientes com o lábio fendido, comparando com pessoas sem a malformação (102).

Eliminando a necessidade de contato, se evita o deslocamento ou deformação dos tecidos moles (40,47,103). A imagem não sofre distorções e o método não apresenta grandes alterações com pequenas variações da postura da cabeça (98).

A rápida aquisição da imagem seria uma grande vantagem destes instrumentos, que obtêm uma digitalização facial completa imediatamente à captura, sem a associação com outros métodos mais lentos. Isto reduz a formação de artefatos devido à movimentação e a necessidade de colaboração do paciente por um longo período de tempo, comuns com outros métodos (24,39,43).

Devido ao arquivamento detalhado da morfologia da face, as medidas podem ser realizadas novamente sem inconveniência para o paciente. Diferente da tradicional combinação de frente e perfil, com a fotogrametria 3D é possível rotar e ampliar a imagem adquirindo novos ângulos entre estas duas incidências, o que facilita a localização dos pontos e permite a análise de distâncias, áreas e volumes, além de fornecer ao paciente uma percepção realística das estruturas faciais (41,44,104).

Outra grande vantagem deste método é a aquisição de volume de áreas selecionadas, sem a inconveniência dos outros métodos. Não somente a acurácia destes sistemas deve ser avaliada, como também a reprodutibilidade da identificação dos pontos de referência utilizados para delimitar as áreas estudadas. Em seu estudo, Hajeer et al. (43) avaliou a acurácia do uso da estereofotogrametria [Clinical 3D (C3D) desenvolvida para o uso da Glasgow Dental Hospital and School, Glasgow, UK]. Ele acessou as variações volumétricas que ocorreram com a sobreposição de moldes de Polivinilsiloxano (silicona de adição de alta viscosidade, Coltene President putty soft, Coltene AG, Basle, Switzerland) de diferentes formatos e com volumes conhecidos, sobrepostos na superfície para simular irregularidades da face. O estudo foi conduzido em dois estágios, com um voluntário masculino e uma reprodução de material plástico de cabeça feminina, e os moldes aplicados sobre a região do nariz, lábios e mento. As diferenças foram obtidas tanto com o

método de sobreposição das imagens, quanto com a projeção sobre cada par de imagem de uma mesma moldura delimitando a área a ser medida. A estereofotogrametria se mostrou útil para verificar as alterações volumétricas, tendo uma melhor acurácia, com a delimitação de uma área triangular entre duas superfícies de interesse. Este método apresentou uma MAD de $0,314 \text{ cm}^3$ e um MRE de 2,82% ao passo que a sobreposição das faces chegou a apresentar MRE de 15,85% no voluntário, o que sugere fontes de erro ao se sobrepor e encaixar as duas imagens. As comparações foram todas feitas com os mesmos pontos de referência previamente identificados com tinta, e não se verificou a repetitividade do método com novas identificações dos pontos anatômicos que limitavam a área avaliada.

Van Loon et al. (23) demonstrou que a estereofotogrametria é um método preciso e rápido de acessar a simetria nasal através de variações volumétricas após rinoplastias secundárias. As imagens 3D realizadas três meses após a rinoplastia secundária de pacientes com lábio ou palato fendidos, foram comparadas com as adquiridas no pré-operatório. Através das alterações volumétricas verificadas entre as duas imagens e comparando cada lado do nariz, se verificou a melhora da simetria no nariz.

A estereofotogrametria tem um futuro promissor para a plástica e reconstrução nasal (2). Estudos nesta área começam a surgir e van Heerbeek et al. (22) demonstraram as alterações do dorso nasal através da sobreposição das imagens do pré-operatório feitas um dia antes da cirurgia e seis meses após, utilizando um recurso oferecido pelo programa onde as mudanças na coloração entre duas imagens sobrepostas indicavam as diferenças de valores.

Apesar de todas as suas vantagens, ainda é um método pouco utilizado para pesquisa na prática diária, não somente pelo custo e pouca mobilidade do equipamento, mas por se tratar de uma tecnologia nova, que necessita de profundo conhecimento e treinamento do operador. Heike et al. (35) não encontrou pesquisas suficientes disponíveis que auxiliassem os novos usuários com os desafios que eles encontram com o novo método. Esse autor enfatiza a importância das adequadas condições não só do equipamento e do local onde o mesmo se encontra, mas também do paciente que deve evitar excesso de maquiagem, grandes adereços

metálicos e remover os cabelos da face sem tração das partes moles para não alterar o contorno.

Em relação ao custo e mobilidade, alternativas são propostas, como o uso de câmeras digitais previamente padronizadas e programas capazes de reproduzir a imagem em 3D. No entanto, as fotos são feitas em momentos diferentes necessitando de uma grande cooperação dos pacientes (74). Uma boa reconstrução 3D está relacionada a uma aquisição de fotos pareadas obtidas simultaneamente (47). Se não ocorrer de tal maneira, seu uso fica muito limitado em crianças ou outros grupos especiais (74).

Alguns métodos não capturam simultaneamente toda a face e necessitam de reposicionamento e de projeção de uma hemiface o que limita seus resultados, pois omite as assimetrias faciais e depende de uma precisa localização da linha média (105).

Atualmente a grande limitação do método é a ausência de grandes bancos de dados com valores antropométricos 3D da população.

Para isso seria necessário uma padronização dos sistemas estereofotográficos com o uso de adequada e similar tecnologia (10). Mesmo estudos com achados interessantes como o de Dong et al. (14), que apresentou uma análise antropométrica 3D do nariz dos Chineses, devem ser vistos com muita cautela, pois os resultados podem estar comprometidos pelo método antropométrico (105). No caso citado, o sistema espelhava a imagem obtida de uma hemiface tornando-o inaccurado pela dificuldade da localização precisa da linha média e omitindo as assimetrias faciais presentes na população (106).

Todos os métodos antropométricos possuem algum grau de erro de medição, que pode ser de múltiplas causas, incluindo a dificuldade de localizar e acessar os pontos antropométricos, procedimentos de mensuração inconsistentes e falha no equipamento. Quantificar o erro de medição é crítico porque altos níveis podem afetar seriamente a validade dos achados estatísticos (31).

Existem, inúmeros estudos validando a estereofotogrametria como um método para se obter dados antropométricos da face utilizando pessoas ou modelos plásticos (37,38,40,42,43,45,46,107).

A habilidade de se obter dados acurados e precisos é o mais importante critério ao se analisar qualquer nova tecnologia para medições. Muitos estudos são direcionados para avaliar a acurácia e precisão destes sistemas para a imagem 3D, que serão utilizadas na prática clínica e também como importante ferramenta de pesquisa. Dados antropométricos provenientes de métodos não validados podem conter erros de medição inaceitáveis (108).

Wong et al. (37) em seu estudo focando dimensões lineares craniofaciais com ênfase em medidas nasolabiais, compararam a antropometria direta com a fotogrametria 3D. Do total de 18 medidas, foram incluídas quatro relacionadas diretamente com a antropometria nasal, e o método se mostrou válido e confiável. Mostrou grandes vantagens do método como arquivamento dos dados, rapidez na aquisição das imagens, possibilidade de repetir as medidas e eliminação da deformação de partes moles devido ao contato (uma importante fonte de erro na antropometria direta).

Ghoddousi et al. (44) encontrou melhores resultados com a antropometria digital, diferente de Winder (38) que encontrou resultados similares, porém não descreveu as mesmas dificuldades de posicionamento dos paquímetros nem a deformação com o contato, encontrados pelo primeiro que estava fazendo os testes em pessoas e não em manequins.

Uma das desvantagens do método, assim como todos envolvendo antropometria, é que a acurácia das medidas só é possível com a precisa identificação dos pontos de referência (98).

A acurácia e reprodutibilidade do sistema de imagem 3D Vectra[®] (Vectra; Canfield scientific, Fairfield, NJ) foram verificados em indivíduos sem alterações faciais significativas. De Menezes et al. (46) não identificou erros sistemáticos em todas as medidas ($p > 0,05$), a média do erro de acurácia foi de 0,50%, e as mínimas diferenças foram atribuídas à digitalização do ponto pelo operador ou a pequenas alterações durante a impressão dos gabaritos utilizados. Os autores avaliaram a reprodutibilidade inter e intra-observador e em diferentes calibrações do sistema. O método era preciso e os erros aleatórios de calibração e digitalização intra e inter operador eram menores que 0,5 em 10 das 16 medidas, entre 0,5 e 1 mm em cinco

e apenas uma maior que 1 mm. O método se mostrou útil para a análise clínica no campo das cirurgias maxilo-faciais, plástica e estética da face.

Sawyer et al. (98), ao analisarem o volume dos lábios utilizando o Sistema 3D Vectra[®], encontraram uma boa aproximação do volume real. Porém a sua maior dificuldade foi produzir um volume totalmente acurado, pois a determinação do mesmo é dependente da delimitação das áreas 3D que compreendiam a estrutura anatômica. Por outro lado, o sistema de estereografia foi útil ao comparar mudanças de volume no mesmo indivíduo, o que é particularmente aplicável em procedimentos onde ocorram alterações volumétricas.

O sistema Vectra[®] 3D (Anexo A, Figura 1) é projetado para uma acurada captura da superfície, contorno e cor de regiões do corpo humano. O equipamento adquire uma reconstrução 3D digitalizada através de estereofotos e utilização de algoritmos fotogramétricos. A captura é feita simultaneamente, em 3,5 milissegundos por seis câmeras de 12 mega pixels, cuidadosamente sincronizadas. Um programa então processa estas imagens para digitalizar um mapa acurado das coordenadas 3D numa imagem de 36 megapixels de resolução. Baseado na resolução das câmeras cada par de fotos é pareado para identificar os pontos em comum, construindo uma moldura interligando milhões de pontos.

O sistema atual do Vectra, o Vectra M3, não mais utiliza o método de estereofotogrametria ativa onde era necessária a projeção de pontos sobre a superfície. Com a mudança para câmeras digitais, que usam um sistema de espelhos de movimento semi-automático que permite que o fotógrafo veja exatamente o que será capturado pelo filme ou pelo sistema de imagem digital, o Vectra passou a utilizar o método passivo, que permite uma digitalização 3D muito mais densa.

Cada pixel da imagem formada representa uma posição 3D no espaço e, ao invés de milhares de pontos gerados por métodos que usavam projetores, gera milhões de pontos para digitalizar a moldura 3D (Anexo A, Figura 2). O grande benefício do método passivo é que, por utilizar unicamente os dados das fotografias 2D digitais e não projetar retalhos de pontos ou fonte luminosa (laser), possui uma fidelidade da imagem melhor e não apresenta tantas dificuldades em orifícios (como

as narinas) ou em regiões de maior sombreamento ou coloração que distorcem a reflexão da luz projetada (23,31-33).

2.5 PONTOS ANTROPOMÉTRICOS E MÉTODOS 3D DIGITAIS

Os pontos antropométricos representam não somente a conexão entre a antropometria direta e a digital, mas também aumentam o nível de precisão das aferições digitais, fornecendo uma boa correlação com a antropometria tradicional.

A aquisição dos pontos em uma superfície 3D deve seguir protocolos específicos (47). Após a identificação dos pontos de referência, na antropometria direta clássica, as medições são realizadas diretamente com paquímetros e outros instrumentos (9). A antropometria indireta difere da direta primeiramente porque não é possível o contato físico e a localização dos pontos deve ser realizada somente com a visualização. Isto é difícil e às vezes impossível como no caso do nácio que está relacionado à sua localização óssea, e mesmo se podendo girar a foto e fazer grandes ampliações da imagem, sua localização prévia a digitalização é necessária (31). Porém a localização de alguns pontos nasais, mesmo não tendo relação direta com o esqueleto, pode ser difícil de ser realizada diretamente nas imagens (41) e nem sempre estão posicionadas corretamente em todas as coordenadas. Isto demandará muita habilidade em manipular o programa, bem como gasto de tempo desnecessário.

Shaner et al. (109), na tentativa de diminuir o erro intraobservador causado pela pressão ou deslocamento do paquímetro na antropometria direta, localizou e marcou os pontos com delineador conseguindo ter uma maior reprodutividade. O autor também observou que os pontos previamente marcados eram mais fáceis de serem localizados nas fotogrametrias, com conseqüente posicionamento espacial correto e melhora na precisão das medidas.

Ferrario et al. (28) conseguiu digitalizar cinqüenta pontos na face no tempo médio de um minuto porque os mesmos estavam previamente identificados com pequenos pontos de 1 mm feitos com delineador líquido para os olhos.

O delineador é escolhido porque sua pincelada deixa uma diminuta marca (próxima de 1 mm), não é tóxica e pode ser removida facilmente (28,110).

Em termos de precisão, a análise em fotografias 3D chegou a ser melhor que a antropometria direta, e a marcação dos pontos antropométricos antes da realização das medições aumentou a precisão independente do método (39,43).

Gwilliam et al. (100) constataram que a reprodutibilidade dos pontos identificados diretamente na tela, pelo mesmo observador (intraobservador) era maior que entre vários observadores, mesmo que compostos por profissionais mais experientes. Especial atenção foi dada a pobre reprodutibilidade do nácio, tanto intra quanto interobservador, com melhores resultados na crista alar (ca). O correto posicionamento dos pontos, feito diretamente na tela do computador, mais que da experiência em antropometria, dependia de um profundo conhecimento e do correto manejo do programa. Além disso, múltiplas análises deveriam ser feitas em diversas angulações, pois o ponto deveria estar corretamente posicionado nas três coordenadas, sendo mais fácil a identificação de pontos em locais com bordas mais definidas do que em pontos que dependam de palpação ou estão numa superfície com curvas leves.

Por estes motivos, atualmente muitos antropometristas utilizam o recurso de realizar uma pré-marcação com delineador antes da coleta dos dados (43,46,67,110).

Como visto, a antropometria nasal realizada com a estereofotogrametria pode suprir as limitações apresentadas pelos outros métodos antropológicos. Bem aplicada ela pode ser um poderoso instrumento para quantificar os resultados das cirurgias estéticas e reconstrutoras nasais.

3 OBJETIVOS

O objetivo do estudo é avaliar a reprodutibilidade da antropometria nasal realizada com um sistema de estereofotogrametria.

4 REFERÊNCIAS

1. Edler RJ. Background considerations to facial aesthetics. *J Orthod* 2001;28(2):159-168.
2. Honrado CP, Larrabee WF, Jr. Update in three-dimensional imaging in facial plastic surgery. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2004;12(4):327-331.
3. Lindsay WK, Farkas LG. The use of anthropometry in assessing the cleft-lip nose. *Plast Reconstr Surg* 1972;49(3):286-293.
4. Farkas LG, Deutsch CK, Hreczko TA. Asymmetries in nostrils and the surrounding tissues of the soft nose--a morphometric study. *Ann Plast Surg* 1984;12(1):10-15.
5. Farkas LG, Hreczko TA, Deutsch CK. Objective assessment of standard nostril types--a morphometric study. *Ann Plast Surg* 1983;11(5):381-389.
6. Farkas LG, Cheung GC. Nostril asymmetry: microform of cleft lip palate? An anthropometrical study of healthy North American caucasians. *Cleft Palate J* 1979;16(4):351-357.
7. Farkas LG, Kolar JC, Munro IR. Geography of the nose: a morphometric study. *Aesthetic Plast Surg* 1986;10(4):191-223.
8. Daniel RK, Farkas LG. Anthropometric measurements in rhinoplasty: a clinical approach. *Anthropometry of the Head and Face*. 2nd ed. New York: Raven Press; 1994. p. 139-150.
9. Farkas LG. *Anthropometry of the head and face*. 2nd ed. New York: Raven Press; 1994.
10. Sforza C, Ferrario V. Soft-tissue facial anthropometry in three dimensions: from anatomical landmarks to digital morphology in research, clinics and forensic anthropology. *J Anthropol Sci* 2006;84:97-124.
11. Tollefson TT, Sykes JM. Computer imaging software for profile photograph analysis. *Arch Facial Plast Surg* 2007;9(2):113-119.

12. Aung SC, Foo CL, Lee ST. Three dimensional laser scan assessment of the Oriental nose with a new classification of Oriental nasal types. *Br J Plast Surg* 2000;53(2):109-116.
13. Doddi NM, Eccles R. The role of anthropometric measurements in nasal surgery and research: a systematic review. *Clin Otolaryngol* 2010;35(4):277-283.
14. Dong Y, Zhao Y, Bai S, Wu G, Wang B. Three-dimensional anthropometric analysis of the Chinese nose. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2010;63(11):1832-1839.
15. Duffy S, Noar JH, Evans RD, Sanders R. Three-dimensional analysis of the child cleft face. *Cleft Palate Craniofac J* 2000;37(2):137-144.
16. Hochman B, Castilho HTd, Ferreira LM. Padronização fotográfica e morfométrica na fotogrametria computadorizada do nariz. *Acta Cirurgica Brasileira* 2002;17:258-266.
17. Kohout MP, Aljaro LM, Farkas LG, Mulliken JB. Photogrammetric comparison of two methods for synchronous repair of bilateral cleft lip and nasal deformity. *Plast Reconstr Surg* 1998;102(5):1339-1349.
18. Muradin MS, Rosenberg A, van der Bilt A, Stoelinga PJ, Koole R. The reliability of frontal facial photographs to assess changes in nasolabial soft tissues. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2007;36(8):728-734.
19. Nagy K, Mommaerts MY. Analysis of the cleft-lip nose in submental-vertical view, Part I--reliability of a new measurement instrument. *J Craniomaxillofac Surg* 2007;35(6-7):265-277.
20. Pawar SS, Garcia GJ, Kimbell JS, Rhee JS. Objective measures in aesthetic and functional nasal surgery: perspectives on nasal form and function. *Facial Plast Surg* 2010;26(4):320-327.
21. Sforza C, Grandi G, De Menezes M, Tartaglia GM, Ferrario VF. Age- and sex-related changes in the normal human external nose. *Forensic Sci Int* 2010
22. van Heerbeek N, Ingels KJ, van Loon B, Plooiij JM, Berge SJ. Three dimensional measurement of rhinoplasty results. *Rhinology* 2009;47(2):121-125.

23. van Loon B, Maal TJ, Plooi JM, et al. 3D Stereophotogrammetric assessment of pre- and postoperative volumetric changes in the cleft lip and palate nose. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2010;39(6):534-540.
24. White JE, Ayoub AF, Hosey MT, et al. Three-dimensional facial characteristics of Caucasian infants without cleft and correlation with body measurements. *Cleft Palate Craniofac J* 2004;41(6):593-602.
25. Ferrario VF, Mian F, Peretta R, Rosati R, Sforza C. Three-dimensional computerized anthropometry of the nose: landmark representation compared to surface analysis. *Cleft Palate Craniofac J* 2007;44(3):278-285.
26. Burke PH, Hughes-Lawson CA. Stereophotogrammetric study of growth and development of the nose. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989;96(2):144-151.
27. Farkas L. Photogrammetry of the face. Anthropometry of the head and face. New York: Raven Press; 1994. p. 79-88.
28. Ferrario VF, Sforza C, Poggio CE, Cova M, Tartaglia G. Preliminary evaluation of an electromagnetic three-dimensional digitizer in facial anthropometry. *Cleft Palate Craniofac J* 1998;35(1):9-15.
29. Kau CH, Richmond S, Zhurov AI, et al. Reliability of measuring facial morphology with a 3-dimensional laser scanning system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;128(4):424-430.
30. Kovacs L, Zimmermann A, Brockmann G, et al. Three-dimensional recording of the human face with a 3D laser scanner. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2006;59(11):1193-1202.
31. Weinberg SM, Kolar JC. Three-dimensional surface imaging: limitations and considerations from the anthropometric perspective. *J Craniofac Surg* 2005;16(5):847-851.
32. Majid Z, Chong AK, Ahmad A, Setan H, Samsudin AR. Photogrammetry and 3D laser scanning as spatial data capture techniques for a national craniofacial database. *The Photogrammetric Record* 2005;20(109):48-68.
33. Germec-Cakan D, Canter HI, Nur B, Arun T. Comparison of facial soft tissue measurements on three-dimensional images and models obtained with different methods. *J Craniofac Surg* 2010;21(5):1393-1399.

34. Hajeer MY, Ayoub AF, Millett DT, Bock M, Siebert JP. Three-dimensional imaging in orthognathic surgery: the clinical application of a new method. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 2002;17(4):318-330.
35. Heike CL, Upson K, Stuhaug E, Weinberg SM. 3D digital stereophotogrammetry: a practical guide to facial image acquisition. *Head Face Med* 2010;6:18.
36. Ward RE, Jamison PL. Measurement precision and reliability in craniofacial anthropometry: implications and suggestions for clinical applications. *J Craniofac Genet Dev Biol* 1991;11(3):156-164.
37. Wong JY, Oh AK, Ohta E, et al. Validity and reliability of craniofacial anthropometric measurement of 3D digital photogrammetric images. *Cleft Palate Craniofac J* 2008;45(3):232-239.
38. Winder RJ, Darvann TA, McKnight W, Magee JD, Ramsay-Baggs P. Technical validation of the Di3D stereophotogrammetry surface imaging system. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2008;46(1):33-37.
39. Weinberg SM, Scott NM, Neiswanger K, Brandon CA, Marazita ML. Digital three-dimensional photogrammetry: evaluation of anthropometric precision and accuracy using a Genex 3D camera system. *Cleft Palate Craniofac J* 2004;41(5):507-518.
40. Weinberg SM, Naidoo S, Govier DP, Martin RA, Kane AA, Marazita ML. Anthropometric precision and accuracy of digital three-dimensional photogrammetry: comparing the Genex and 3dMD imaging systems with one another and with direct anthropometry. *J Craniofac Surg* 2006;17(3):477-483.
41. Plooij JM, Swennen GR, Rangel FA, et al. Evaluation of reproducibility and reliability of 3D soft tissue analysis using 3D stereophotogrammetry. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2009;38(3):267-273.
42. Khambay B, Nairn N, Bell A, Miller J, Bowman A, Ayoub AF. Validation and reproducibility of a high-resolution three-dimensional facial imaging system. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2008;46(1):27-32.
43. Hajeer MY, Mao Z, Millett DT, Ayoub AF, Siebert JP. A new three-dimensional method of assessing facial volumetric changes after orthognathic treatment. *Cleft Palate Craniofac J* 2005;42(2):113-120.

44. Ghoddousi H, Edler R, Haers P, Wertheim D, Greenhill D. Comparison of three methods of facial measurement. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2007;36(3):250-258.
45. Ayoub A, Garrahy A, Hood C, et al. Validation of a vision-based, three-dimensional facial imaging system. *Cleft Palate Craniofac J* 2003;40(5):523-529.
46. de Menezes M, Rosati R, Ferrario VF, Sforza C. Accuracy and reproducibility of a 3-dimensional stereophotogrammetric imaging system. *J Oral Maxillofac Surg* 2010;68(9):2129-2135.
47. Galantucci LM, Percoco G, Di Dioia E. Photogrammetric 3D digitization of human faces based on landmarks. IMECS 2009, International Conference of Engineers and Computer Scientists. Hong Kong: Newswood Limited; 2009. p. 819-824.
48. Thomson A, Buxton LHD. Man's nasal index in relation to certain climatic conditions. *The Journal of the Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland* 1923;53:92-122.
49. Ohki M, Naito K, Cole P. Dimensions and resistances of the human nose: racial differences. *Laryngoscope* 1991;101(3):276-278.
50. Romo T, 3rd, Abraham MT. The ethnic nose. *Facial Plast Surg* 2003;19(3):269-278.
51. Leong SC, Eccles R. A systematic review of the nasal index and the significance of the shape and size of the nose in rhinology. *Clin Otolaryngol* 2009;34(3):191-198.
52. Matory WE, Jr., Falces E. Non-Caucasian rhinoplasty: a 16-year experience. *Plast Reconstr Surg* 1986;77(2):239-252.
53. Salyer KE. Primary correction of the unilateral cleft lip nose: a 15-year experience. *Plast Reconstr Surg* 1986;77(4):558-568.
54. Mulliken JB. Bilateral complete cleft lip and nasal deformity: an anthropometric analysis of staged to synchronous repair. *Plast Reconstr Surg* 1995;96(1):9-23; discussion 24-26.

55. Douglas TS. Image processing for craniofacial landmark identification and measurement: a review of photogrammetry and cephalometry. *Comput Med Imaging Graph* 2004;28(7):401-409.
56. Smith GD, Tikerpae J, Hammond BJ. Compartmental modelling of insulin-receptor interactions. *Biochem Soc Trans* 1995;23(1):2S.
57. Farrior RT, Connolly ME. Septorhinoplasty in children. *Otolaryngol Clin North Am* 1970;3(2):345-364.
58. Bejar I, Farkas LG, Messner AH, Crysdale WS. Nasal growth after external septoplasty in children. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1996;122(8):816-821.
59. El-Hakim H, Crysdale WS, Abdollel M, Farkas LG. A study of anthropometric measures before and after external septoplasty in children: a preliminary study. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2001;127(11):1362-1366.
60. Farkas LG, Hreczko TA, Kolar JC, Munro IR. Vertical and horizontal proportions of the face in young adult North American Caucasians: revision of neoclassical canons. *Plast Reconstr Surg* 1985;75(3):328-338.
61. Xuetong Z, Sankui W, Wei Z, Xianfeng W. Measurement and study of the nose and face and their correlations in the young adult of Han nationality. *Plastic and Reconstructive Surgery* 1990;85(4):532-536.
62. Farkas LG, Katic MJ, Forrest CR. Comparison of craniofacial measurements of young adult African-American and North American white males and females. *Ann Plast Surg* 2007;59(6):692-698.
63. Farkas LG, Katic MJ, Forrest CR, et al. International anthropometric study of facial morphology in various ethnic groups/races. *J Craniofac Surg* 2005;16(4):615-646.
64. Choe KS, Yalamanchili HR, Litner JA, Sclafani AP, Quatela VC. The Korean American woman's nose: an in-depth nasal photogrammatic analysis. *Arch Facial Plast Surg* 2006;8(5):319-323.
65. Ferrario VF, Sforza C, Serrao G, Ciusa V, Dellavia C. Growth and aging of facial soft tissues: A computerized three-dimensional mesh diagram analysis. *Clin Anat* 2003;16(5):420-433.

66. Gupta S, Markey MK, Bovik AC. Anthropometric 3D face recognition. *Int J Comput Vision* 2010;90(3):331-349.
67. Sforza C, Peretta R, Grandi G, Ferronato G, Ferrario VF. Three-dimensional facial morphometry in skeletal Class III patients. A non-invasive study of soft-tissue changes before and after orthognathic surgery. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2007;45(2):138-144.
68. Hammond P, Hutton TJ, Allanson JE, et al. 3D analysis of facial morphology. *Am J Med Genet A* 2004;126A(4):339-348.
69. Gunter JP, Rohrich RJ, Adams WP. Dallas rhinoplasty. Nasal surgery by the masters. St. Louis, Missouri: Quality Medical Publishing, Inc.; 2002.
70. Houston WJ. The analysis of errors in orthodontic measurements. *Am J Orthod* 1983;83(5):382-390.
71. Fleiss J. The design and analysis of clinical experiments. New York: John Wiley & Sons; 1986.
72. Gordon CC, Bradtmiller B. Interobserver error in a large scale anthropometric survey. *American Journal of Human Biology* 1992;4:253-263.
73. Bister D, Edler RJ, Tom BD, Prevost AT. Natural head posture - considerations of reproducibility. *Eur J Orthod* 2002;24(5):457-470.
74. de Menezes M, Rosati R, Allievi C, Sforza C. A photographic system for the three-dimensional study of facial morphology. *Angle Orthod* 2009;79(6):1070-1077.
75. Guyot L, Dubuc M, Richard O, Philip N, Dutour O. Comparison between direct clinical and digital photogrammetric measurements in patients with 22q11 microdeletion. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2003;32(3):246-252.
76. Farkas L. Sources of error in anthropometry and anthroposcopy. Anthropometry of the Head And Face. New York: Raven Press; 1994.
77. Hammond P. The use of 3D face shape modelling in dysmorphology. *Arch Dis Child* 2007;92(12):1120-1126.

78. Ozsoy U, Demirel BM, Yildirim FB, Tosun O, Sarikcioglu L. Method selection in craniofacial measurements: advantages and disadvantages of 3D digitization method. *J Craniomaxillofac Surg* 2009;37(5):285-290.
79. Dimaggio FR, Ciusa V, Sforza C, Ferrario VF. Photographic soft-tissue profile analysis in children at 6 years of age. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;132(4):475-480.
80. Baumrind S, Frantz RC. The reliability of head film measurements. 1. Landmark identification. *Am J Orthod* 1971;60(2):111-127.
81. Houston WJ, Maher RE, McElroy D, Sherriff M. Sources of error in measurements from cephalometric radiographs. *Eur J Orthod* 1986;8(3):149-151.
82. Budai M, Farkas LG, Tompson B, Katic M, Forrest CR. Relation between anthropometric and cephalometric measurements and proportions of the face of healthy young white adult men and women. *J Craniofac Surg* 2003;14(2):154-161; discussion 162-153.
83. Baumrind S, Frantz RC. The reliability of head film measurements. 2. Conventional angular and linear measures. *Am J Orthod* 1971;60(5):505-517.
84. Incrapera AK, Kau CH, English JD, McGrory K, Sarver DM. Soft tissue images from cephalograms compared with those from a 3D surface acquisition system. *Angle Orthod* 2010;80(1):58-64.
85. Castilho HTd, Hochman B, Ferreira LM. Rinoplastia do nariz negroide por via intra-oral sem ressecções externas: avaliação da eficácia da técnica. *Acta Cirurgica Brasileira* 2002;17:342-351.
86. Hochman B, Nahas FX, Ferreira LM. Fotografia aplicada na pesquisa clínico-cirúrgica. *Acta Cirurgica Brasileira* 2005;20:19-25.
87. Crumley RL, Lanser M. Quantitative analysis of nasal tip projection. *Laryngoscope* 1988;98(2):202-208.
88. Erdem T, Ozturan O. Objective measurement of the deviated nose and a review of surgical techniques for correction. *Rhinology* 2008;46(1):56-61.

89. Kale-Varlk S. Angular photogrammetric analysis of the soft tissue facial profile of Anatolian Turkish adults. *J Craniofac Surg* 2008;19(6):1481-1486.
90. Apaydin F, Akyildiz S, Hecht DA, Toriumi DM. Rhinobase: a comprehensive database, facial analysis, and picture-archiving software for rhinoplasty. *Arch Facial Plast Surg* 2009;11(3):209-211.
91. Rhee SC, Dhong ES, Yoon ES. Photogrammetric facial analysis of attractive Korean entertainers. *Aesthetic Plast Surg* 2009;33(2):167-174.
92. Loukas M, Kapos T, Louis RG, Jr., Wartman C, Jones A, Hallner B. Gross anatomical, CT and MRI analyses of the buccal fat pad with special emphasis on volumetric variations. *Surg Radiol Anat* 2006;28(3):254-260.
93. Vander Pluym J, Shan WW, Taher Z, et al. Use of magnetic resonance imaging to measure facial soft tissue depth. *Cleft Palate Craniofac J* 2007;44(1):52-57.
94. Ayoub AF, Xiao Y, Khambay B, Siebert JP, Hadley D. Towards building a photo-realistic virtual human face for craniomaxillofacial diagnosis and treatment planning. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2007;36(5):423-428.
95. Maal TJ, Plooiij JM, Rangel FA, Mollemans W, Schutyser FA, Berge SJ. The accuracy of matching three-dimensional photographs with skin surfaces derived from cone-beam computed tomography. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2008;37(7):641-646.
96. Toma AM, Zhurov A, Playle R, Ong E, Richmond S. Reproducibility of facial soft tissue landmarks on 3D laser-scanned facial images. *Orthod Craniofac Res* 2009;12(1):33-42.
97. Adams LP, Spirakis A. Stereo photogrammetry. In: Orr JF, Shelton JC, editors. *Optical measurement methods in biomechanics*: Springer US; 1996. p. 17-38.
98. Sawyer AR, See M, Nduka C. 3D stereophotogrammetry quantitative lip analysis. *Aesthetic Plast Surg* 2009;33(4):497-504.
99. Wagner H, Wiegmann A, Kowarschik R, Zöllner F. 3D measurement of human face by stereophotogrammetry. In: Osten W, editor. *Fringe 2005*: Springer Berlin Heidelberg; 2006. p. 446-449.

100. Gwilliam JR, Cunningham SJ, Hutton T. Reproducibility of soft tissue landmarks on three-dimensional facial scans. *Eur J Orthod* 2006;28(5):408-415.
101. Hood CA, Bock M, Hosey MT, Bowman A, Ayoub AF. Facial asymmetry--3D assessment of infants with cleft lip & palate. *Int J Paediatr Dent* 2003;13(6):404-410.
102. Singh GD, Levy-Bercowski D, Yanez MA, Santiago PE. Three-dimensional facial morphology following surgical repair of unilateral cleft lip and palate in patients after nasoalveolar molding. *Orthod Craniofac Res* 2007;10(3):161-166.
103. See MS, Roberts C, Nduka C. Age- and gravity-related changes in facial morphology: 3-dimensional analysis of facial morphology in mother-daughter pairs. *J Oral Maxillofac Surg* 2008;66(7):1410-1416.
104. Jacobs RA. Three-dimensional photography. *Plast Reconstr Surg* 2001;107(1):276-277.
105. Jayaratne YS, Zwahlen RA, Cheung LK. Re: Three-dimensional anthropometric analysis of the Chinese nose. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2010;63(11):1840-1841.
106. Ngim R, Farkas L, Lee S. Asymmetry in the face of young adult Chinese males and females. *Anthropometry of the Head and Face*. Second ed. New York: Raven Press; 1994. p. 381-387.
107. Kimoto K, Garrett NR. Evaluation of a 3D digital photographic imaging system of the human face. *J Oral Rehabil* 2007;34(3):201-205.
108. Bailey RC, Byrnes J. A new, old method for assessing measurement error in both univariate and multivariate morphometric studies. *Systematic Biology* 1990;39(2):124-130.
109. Shaner DJ, Bamforth JS, Peterson AE, Beattie OB. Technical note: different techniques, different results - a comparison of photogrammetric and caliper-derived measurements. *Am J Phys Anthropol* 1998;106(4):547-552.
110. Sforza C, Grandi G, Binelli M, Tommasi DG, Rosati R, Ferrario VF. Age- and sex-related changes in the normal human ear. *Forensic Sci Int* 2009;187(1-3):110 e111-117.

5 ARTIGO

Reliability of nasal anthropometric measurement of 3D stereophotogrammetric images

Humberto Camargo Jr, MD¹; Márcio de Menezes, PhD²; José Faibes Lubianca Neto, PhD²

¹ Medical Sciences Post-Graduate Program, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Department of Otolaryngology, Complexo Hospitalar Santa Casa, Porto Alegre, RS, Brazil

² Medical Sciences Post-Graduate Program, UFRGS, Associate Professor of Otolaryngology, Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA), Porto Alegre, RS, Brazil

Running title: Stereophotogrammetry and Nasal Anthropometry

No financial disclosures needed.

Conflict of interest: None.

Correspondence and Reprints:

Humberto Camargo Jr

Rua Dr. Freire Alemão 677/ 601, Mont' Serrat, Porto Alegre, RS, Brazil. 90450-060. Phone:

+ 55 51 3388 8546; Fax: + 55 51 3395 4864

Email: humbertocamargojr@gmail.com

ABSTRACT

Objective/Hypothesis: To test the reproducibility of nasal anthropometric measurements obtained using 3D stereophotogrammetric images.

Study design: Cross-sectional study.

Methods: Three-dimensional soft tissue nasal landmarks were obtained from 40 healthy volunteers using a 3D stereophotogrammetric system (Vectra, Canfield Scientific, Fairfield, NJ, USA) during a minimum period of 30 days. Thirty-three linear measurements, one tangential measurement, three angular measurements, and one volumetric measurement were obtained from these landmarks. Systematic and random errors between the two measurements performed by the same observer (time 1 and time 2) were calculated.

Results: Three linear measurements and one angular measurement showed a systematic error ($p > 0.05$, paired t test). The measurements were repeatable, with moderate precision for those lower than 11 mm.

Conclusions: Nasal anthropometry using stereophotogrammetry proved to be reproducible. However, this is only possible with an accurate location of anthropometric landmarks. Small measures (smaller than 11 mm) should be used with caution because their small errors can contribute to under- or overestimate the results.

Level of evidence: 4.

Key words: Facial plastics/reconstructive surgery, stereophotogrammetry, nose, anthropometry.

INTRODUCTION

Anthropometry provides objective measures of nasal dimensions, position, and proportion, also offering information on the relationship of the nose with neighboring structures. Such data can be useful for surgical planning and particularly for the quantitative evaluation of postoperative results.¹⁻¹¹

Direct anthropometry, initially considered the gold standard to obtain anthropometric measurements,¹¹ gave way to indirect methods, which cause no deformation of soft tissues and enables fast data collection leading to minor patient's disturbances. In addition, these methods enable filing 3D data for future studies.¹²⁻²⁷

Among the indirect methods, bidimensional (2D) images are used more often as pre- and postoperative documentation instead of being used for anthropometry because they are not adequate for all measurements of a three-dimensional structure like the nose.²⁸ Even when bidimensional images are obtained using a standardized method, pre- and postoperative images have different sizes, requiring the use of proportion scales or angles to express the results.^{2,3,16}

There are several three-dimensional methods, such as computed tomography (CT) and nuclear magnetic resonance imaging, which because of high costs, long sessions to obtain 3D data, radiation exposure (CT), and lack of an accurate representation of the surface are not often used for anthropometry of the external nose. These techniques are replaced by three-dimensional scanning techniques such as electromagnetic and electromechanical scanners,^{21,26,29} laser scanners^{12,15} and stereophotogrammetry.^{19,20,23-25,27} However, the need of contact, the possibility of errors generated by movement, and the fact that the data obtained are only the location of selected landmarks without providing the nasal morphology with a database that allows for the measurement of new items, have limited the use of such

scanners.^{21,26,29} The current method of choice for nasal anthropometry is stereophotogrammetry. One of the advantages of this method is instantaneous and synchronized capture of images, greatly reducing the formation of artifacts generated by slight muscle spasms or patients' movement as it is the case of laser scanners.^{12,30,31} The data stored provide a realistic representation of the nasal morphology with details of its surface, enabling the evaluation of areas and volumes. Furthermore, new landmarks can be identified later and used for other measures on the computer without requiring another visit.^{2,32-34} New methods of passive stereophotogrammetry, which do not require pattern projection or light source on the surface, offer better precision of the method for nasal images and are less prone to artifacts.

Although there are studies evaluating the precision and repeatability of anthropometric landmarks using stereophotogrammetry, they address the face.³⁵⁻⁴⁵ There are not studies specifically investigating the nose. In the present study, we assessed the reliability of stereophotogrammetry as an anthropometric method used in patients before undergoing nasal reconstructive and cosmetic surgery.

MATERIALS AND METHODS

Patients

The participants of the present study were healthy individuals without significant nasal deformities or previous surgery. The sample included 19 men and 21 women and their ages ranged from 18 to 64 (mean 33,33).

Each patient underwent two photo sessions (Time 1 and Time 2), with a minimum time interval of 30 days and a maximum interval of 40 days (mean 33) to avoid memory bias. In order to simulate daily practice, no special preparation was carried out. We only avoided

excessive makeup and excessive traction to hold the hair up to prevent the deformation of soft tissues. The offline analysis of the images was performed after taking the photographs using the original images, without any change in the 3D reconstruction. The time interval between the analyses was the same as used to obtain the images. All participants read and signed an informed consent form and the study was approved by the local research ethics committee.

Landmarks

Before capturing each image, the landmarks were located and stained using liquid eyeliner, except for the endocanthion points. This procedure was always carried out in the same room with the same lighting.

We used the landmarks and their terminology as described by Farkas.¹¹ Nevertheless, in order to enable a complete analysis of the nose, we added landmarks used in cosmetic surgery, such as the ones described by Daniel¹⁰ and two more landmarks including their respective terminologies. Unlike traditional anthropometry the abbreviation of the landmarks used by plastic surgeons is capitalized. Table 1 shows the landmarks used in the present study.

Stereophotogrammetry system

The system Vectra 3D (Vectra, Canfield Scientific Inc, Fairfield, NJ, USA) is designed to perform accurate capture of the surface, contour and color of the regions of the human body. The equipment obtains a scanned 3D reconstruction using stereo images and photogrammetric algorithms. Images are captured simultaneously in 3.5 milliseconds using six cameras of 12 mega pixels, distributed in three pods with carefully synchronized stereo pairs. Based on the resolution of the cameras each pair of photos is matched. Next, a software

processes these images to scan an accurate map of 3D coordinates obtained by the triangulation process, building a frame where each landmark has a unique location in the three coordinates (x, y, z) (Figure 1). Current systems of Vectra, such as Vectra M3, use passive stereophotogrammetry, without the need for pattern projection on the surface. The accuracy and precision of this stereophotogrammetry system have been demonstrated in other studies.³⁷ Every day before its operation or when there is any displacement of the system, it should be calibrated.^{37,46}

Data analysis

The present study investigates intra-observer precision and reliability. We used descriptive statistics for the differences between Time 1 minus Time 2. In order to assess bias (or systematic error), paired t test was used to determine whether the mean difference between the measurement sessions for each variable was significantly different from zero ($p < 0.05$).

In the literature on anthropometry, lack of precision is defined as the variability in each subject caused by the incongruence between repeated measurements of the same entity.⁴⁴ Therefore, reproducibility, or precision, is the closest one gets from repeated measurements of the same object. The term reliability is used as a synonymous with reproducibility.

Some methods are used to quantify the precision in anthropometry.^{18,44,47-51} We used four different precision estimates in the present study. Mean absolute difference (MAD) is related to the values obtained between two measurements of all the subjects included in the sample.^{44,47,49} For small distances, the MAD is expected to be up to 1 mm.^{37,44,49,52} There is also relative error magnitude (REM), which is found by dividing the MAD of a given variable by the grand mean of this variable and this result is multiplied by 100. It shows the percentage of the error magnitude related to the size of the measurement. Small percentages show more

precise measurements. According to Weinberg,⁴⁴ REM is the analogue of the coefficient of variation, which is the standard deviation divided by the mean. This divided the REM into five categories according to its precision: values lower than 1% provide excellent result, for values between 1% and 3.9% the result is very good, between 4% and 6.9% it is good, from 7% to 9.9% the result is moderate, and for values higher than 10% it is be poor. Ward and Jamison⁴⁷ consider values below 5% desirable.

Technical error of measurement (TEM) is a term widely used in anthropometry^{18,51} and it provides a measure similar to the standard deviation of the error magnitude, being expressed in the original unit of measurement.^{18,44,47,51} When two measurements are involved, TEM's formula is:

$$\text{TEM} = \sqrt{(\sum D^2) / 2N}$$

Where D represents the difference between the first and second measurement and N is the number of individuals measured.

And finally the coefficient of reliability (R)^{48,51} indicates consistency between two measurements of their anthropometric landmarks made at different times.⁴² In an individual repeatedly measured under the same conditions for a variable of interest, the mean between the replicated values between time 1 and time 2 would be the "true value" or the "error free value." Random error is the difference between the two measures in an individual.

$$\text{Reliability coefficient (R) is: } R = V_T / V_T + V_E$$

Where V_T is the variance of mean values between the two measurements (Time 1 and Time 2 for each patient) and V_E is the variance of the differences between the two measurements of each patient for the same variable. As the proportion of V_E decreases regarding V_T , reliability increases and the proportion of variance gets closer to 1. The desirable arbitrary value is higher than 0.75⁴⁷ or 0.8.⁴²

RESULTS

Table 2 shows the descriptive statistics for nasal measurements at Time 1 and Time 2.

For an adequate analysis, Table 3 shows the results of paired t tests and the values of MAD, TEM, REM, and R.

Nasal tip angle, base bony width, relative projection of the dorsum (L), and Columella width had significant t test ($p < 0.05$).

MAD and TEM are also shown in Table 3. Of the 36 linear variables, 10 (27.8%) had MAD and TEM lower than 0.5 mm and 20 (55.6%) variables between 0.5 and 1 mm. Base bony width and relative projection of the dorsum (L) had both MAD and TEM lower than 1 mm. Although columella width and supratip projection (R) and (L) had TEM lower than 0.5 mm, their MAD was slightly higher (0.53 and 0.52 mm). There were also differences regarding relative projection of the dorsum (R) and dorsum point distance, with TEM lower than one unit, they showed MAD slightly higher than 1 mm (1.06 and 1.02 mm, respectively). All angular measurements had MAD and TEM higher than 1 degree, and the nasolabial angle reached a MAD of 2.16 degrees. And the volumetric measurement had a MAD of 0.34 cm³ and a TEM of 0.31 cm³.

Regarding REM, the best result (lower than 1%) was the intercanthal width. Twenty-four measurements, including angular measurements and volume ranged from 1 to 3.9%. We found nine linear measurements between 4% and 6.9%: base bony width, relative projection of the dorsum (R) and (L), columella length, infralobular length, columella length, length of the columella crest (R) and (L), and width of the nostril floor (R) and (L). And, finally, with results between 7% and 9.9%, we found columella width, tip width, and thickness of the ala. No result exceeding 10% was found.

Except for thickness of the ala (R) and (L), which had values of 0.823 and 0.895, respectively, all other reliability coefficients were higher than 0.9.

DISCUSSION

Previous studies using stereophotogrammetry have only evaluated the nose as part of the face and investigated just a few landmarks.³⁵⁻⁴⁵ During preoperative procedures and follow-up of patients undergoing nasal surgery, surgeons hardly have such optimal conditions for patients' data collection. Data collection was carried out in the medical office in order to provide a picture as close to the daily practice as possible, what could have increased the chance of errors.

Reproducibility of the measurements is only possible with the accurate identification of the landmarks, as all methods involving anthropometry.⁴⁶ Even though it is possible to use the zoom and rotate the image in all angles,^{39,42} it may be difficult to find the location of some nasal landmarks on the images specially those on structures with smooth contours or those directly related to the skeleton.⁴² In addition, the precision is related to the ability to manipulate the images and the observer's experience in anthropometry.⁵³ In terms of precision, the analysis of 3D photographs has proved to be better than direct anthropometry in some studies, and it was greatly improved when the marking of the landmarks was done prior to obtaining the 3D images.^{40,44} With that in mind and to increase reproducibility, in the present study liquid eyeliner was used because it produces a small stain, is not toxic, and can be easily removed.^{29,54}

The computer programs used in stereophotogrammetry systems are very advanced and feature many functionalities. However, the data provided by their manufacturers on accuracy and precision are not obtained with tests performed under the conditions experienced in

clinical practice. Using such data to determine the accuracy and precision of the systems can lead to invalid results.³⁴ One of the options to assess changes in the height of the nasal dorsum is overlapping images and, after an area is defined, the differences are provided.²³ However, the lack of precision in the final fit between two superimposed models may over- or underestimate the results.⁴⁰ Because of the particular characteristics of the dorsum, it would be difficult to define a landmark in its higher or lower projection since the dorsum can be flat (profile view). It is also difficult to define a landmark in the transition between the bony and cartilaginous portion, because after a graft placement surgery, it may become impalpable. Therefore, we used a new landmark, the dorsum point, obtained from a line between right trignon and orbiculare points. To demonstrate its reproducibility, we calculated the distance between the right endocanthion and Dorsum point (endocanthion is easily accessible and less prone to localization error because it depends only on proper scanning), the landmark proved to be reproducible. Nevertheless, the relative projection of the dorsum (L), which uses this landmark, had a t test with $p < 0.05$, which can be related to lack of precision in the correct localization of the base bony width point as another measurement using this landmark showed systematic bias, suggesting that, in spite of the precision of the stereophotogrammetry system,³⁷ reproducibility is intrinsically related to the correct localization of the landmarks as observed with intercantal width, where the landmarks were easily located.

By using four statistical methods in the analysis to assess precision and reproducibility, we observed that they should be evaluated together because each one has a degree of limitation and a slight change in any of them may or may not have clinical significance. The mean absolute difference (MAD) is simple to be calculated, being easily interpreted and expressed in the original unit of measurement. Its limitation is the lack of relation to the size of the measurement and, therefore, it should be carefully analyzed because

errors of a few millimeters can have a major impact if the measurement size is small.^{44,47,49} For example, a result of 0.30 mm found in the intercantal width is totally different from 0.33 mm found in the thickness of the left ala, because in first case it represents less than 1% of the measurement while in the second case it represents more than 8.50% of the size of the measurement. For small distances, MAD up to 1 unit is expected,^{37,42,44,49,52} but, for larger measurements, this value should be reconsidered. In the present study, the largest value of MAD was 16.2 degrees in the nasolabial angle and it should not be considered a poor value because it represents less than 2% of the size of the measurement. The way around this limitation is to use the REM percentage that expresses in percentage the error magnitude related to the size of the measurement: The high values of this index in the measurements lower than 7 mm with a moderate result are surprising. Similar relationships between size and precision of the measurement have been reported in the literature⁴⁴ and one should carefully use very small measurements, because, in spite of being reproducible, small errors can have a major impact on results. Similarly to MAD, TEM is expressed in the unity of measurements and is easy to interpret, but it has the same limitations. It provides the standard deviation-like measurement of the error magnitude; and, finally, the coefficient of reliability that reports the variability of measurement error to the total variability of the population being studied. It should be evaluated along with the other variables since it may also be close to 1 if the total variance is increased together with the variance of measurement error.⁵¹

The nasal volume is extremely important during rhinoplasty follow-up because it enables the assessment of the resolution of the edema, nasal changes throughout time, and volume decrease or increase after the procedures. Hajeer et al⁴⁰ demonstrated that stereophotogrammetry may be an accurate method to estimate the volume and van Loon et al²⁴ demonstrated that it is reproducible. Our results showed that nasal volume is a

measurement with good reproducibility. The measurement was obtained by defining an area through landmarks that established the nasal area, because large areas are susceptible to under- or overestimating the results, since we also intended to investigate the volumetric changes of the face exposed to changes caused by growth, weight gain or loss, or other facial surgeries. However, despite being reproducible, the accuracy of Vectra M3 to identify volumetric changes was not determined. We are currently conducting a study to assess the accuracy of the system in terms of volume.

CONCLUSIONS

Nasal anthropometry using stereophotogrammetry proved to be reproducible in 34 of the 38 landmarks measured. Even the four measures with systematic error showed a fair degree of reliability, therefore they should not be excluded from further studies, since the present study represents the first attempt to produce a larger number of anthropometric measures of the external nose using stereophotogrammetry. Small measurements, smaller than 11 mm should be used with caution because, in spite of their reproducibility and small errors, these errors can contribute to under- or overestimating the results found when using stereophotogrammetry to evaluate the postoperative results of nasal surgeries.

REFERENCES

1. Farkas LG, Hreczko TA, Deutsch CK. Objective assessment of standard nostril types--a morphometric study. *Ann Plast Surg* 1983; 11:381-389.
2. Sforza C, Ferrario V. Soft-tissue facial anthropometry in three dimensions: from anatomical landmarks to digital morphology in research, clinics and forensic anthropology. *J Anthropol Sci* 2006; 84:97-124.
3. Tollefson TT, Sykes JM. Computer imaging software for profile photograph analysis. *Arch Facial Plast Surg* 2007; 9:113-119.
4. Edler RJ. Background considerations to facial aesthetics. *J Orthod* 2001; 28:159-168.
5. Honrado CP, Larrabee WF, Jr. Update in three-dimensional imaging in facial plastic surgery. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2004; 12:327-331.
6. Lindsay WK, Farkas LG. The use of anthropometry in assessing the cleft-lip nose. *Plast Reconstr Surg* 1972; 49:286-293.
7. Farkas LG, Deutsch CK, Hreczko TA. Asymmetries in nostrils and the surrounding tissues of the soft nose--a morphometric study. *Ann Plast Surg* 1984; 12:10-15.
8. Farkas LG, Cheung GC. Nostril asymmetry: microform of cleft lip palate? An anthropometrical study of healthy North American caucasians. *Cleft Palate J* 1979; 16:351-357.
9. Farkas LG, Kolar JC, Munro IR. Geography of the nose: a morphometric study. *Aesthetic Plast Surg* 1986; 10:191-223.
10. Daniel RK, Farkas LG. Anthropometric measurements in rhinoplasty: a clinical approach. *Anthropometry of the Head and Face*
New York: Raven Press, 1994:139-150.
11. Farkas LG. *Anthropometry of the head and face*. New York: Raven Press; 1994.

12. Aung SC, Foo CL, Lee ST. Three dimensional laser scan assessment of the Oriental nose with a new classification of Oriental nasal types. *Br J Plast Surg* 2000; 53:109-116.
13. Doddi NM, Eccles R. The role of anthropometric measurements in nasal surgery and research: a systematic review. *Clin Otolaryngol* 2010; 35:277-283.
14. Dong Y, Zhao Y, Bai S, Wu G, Wang B. Three-dimensional anthropometric analysis of the Chinese nose. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2010; 63:1832-1839.
15. Duffy S, Noar JH, Evans RD, Sanders R. Three-dimensional analysis of the child cleft face. *Cleft Palate Craniofac J* 2000; 37:137-144.
16. Hochman B, Castilho HTd, Ferreira LM. Padronização fotográfica e morfométrica na fotogrametria computadorizada do nariz. *Acta Cirurgica Brasileira* 2002; 17:258-266.
17. Kohout MP, Aljaro LM, Farkas LG, Mulliken JB. Photogrammetric comparison of two methods for synchronous repair of bilateral cleft lip and nasal deformity. *Plast Reconstr Surg* 1998; 102:1339-1349.
18. Muradin MS, Rosenberg A, van der Bilt A, Stoelinga PJ, Koole R. The reliability of frontal facial photographs to assess changes in nasolabial soft tissues. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2007; 36:728-734.
19. Nagy K, Mommaerts MY. Analysis of the cleft-lip nose in submental-vertical view, Part I--reliability of a new measurement instrument. *J Craniomaxillofac Surg* 2007; 35:265-277.
20. Pawar SS, Garcia GJ, Kimbell JS, Rhee JS. Objective measures in aesthetic and functional nasal surgery: perspectives on nasal form and function. *Facial Plast Surg* 2010; 26:320-327.
21. Sforza C, Grandi G, De Menezes M, Tartaglia GM, Ferrario VF. Age- and sex-related changes in the normal human external nose. *Forensic Sci Int* 2010.

22. Sforza C, Peretta R, Grandi G, Ferronato G, Ferrario VF. Soft tissue facial volumes and shape in skeletal Class III patients before and after orthognathic surgery treatment. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2007; 60:130-138.
23. van Heerbeek N, Ingels KJ, van Loon B, PlooiJ JM, Berge SJ. Three dimensional measurement of rhinoplasty results. *Rhinology* 2009; 47:121-125.
24. van Loon B, Maal TJ, PlooiJ JM, et al. 3D Stereophotogrammetric assessment of pre- and postoperative volumetric changes in the cleft lip and palate nose. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2010; 39:534-540.
25. White JE, Ayoub AF, Hosey MT, et al. Three-dimensional facial characteristics of Caucasian infants without cleft and correlation with body measurements. *Cleft Palate Craniofac J* 2004; 41:593-602.
26. Ferrario VF, Mian F, Peretta R, Rosati R, Sforza C. Three-dimensional computerized anthropometry of the nose: landmark representation compared to surface analysis. *Cleft Palate Craniofac J* 2007; 44:278-285.
27. Burke PH, Hughes-Lawson CA. Stereophotogrammetric study of growth and development of the nose. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989; 96:144-151.
28. Farkas L. Photogrammetry of the face. *Anthropometry of the head and face*. New York: Raven Press, 1994:79-88.
29. Ferrario VF, Sforza C, Poggio CE, Cova M, Tartaglia G. Preliminary evaluation of an electromagnetic three-dimensional digitizer in facial anthropometry. *Cleft Palate Craniofac J* 1998; 35:9-15.
30. Kau CH, Richmond S, Zhurov AI, et al. Reliability of measuring facial morphology with a 3-dimensional laser scanning system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005; 128:424-430.

31. Majid Z, Chong AK, Ahmad A, Setan H, Samsudin AR. Photogrammetry and 3D laser scanning as spatial data capture techniques for a national craniofacial database. *The Photogrammetric Record* 2005; 20:48-68.
32. Hajeer MY, Ayoub AF, Millett DT, Bock M, Siebert JP. Three-dimensional imaging in orthognathic surgery: the clinical application of a new method. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 2002; 17:318-330.
33. Heike CL, Upson K, Stuhaug E, Weinberg SM. 3D digital stereophotogrammetry: a practical guide to facial image acquisition. *Head Face Med* 2010; 6:18.
34. Weinberg SM, Kolar JC. Three-dimensional surface imaging: limitations and considerations from the anthropometric perspective. *J Craniofac Surg* 2005; 16:847-851.
35. Wong JY, Oh AK, Ohta E, et al. Validity and reliability of craniofacial anthropometric measurement of 3D digital photogrammetric images. *Cleft Palate Craniofac J* 2008; 45:232-239.
36. Ayoub A, Garrahy A, Hood C, et al. Validation of a vision-based, three-dimensional facial imaging system. *Cleft Palate Craniofac J* 2003; 40:523-529.
37. de Menezes M, Rosati R, Ferrario VF, Sforza C. Accuracy and reproducibility of a 3-dimensional stereophotogrammetric imaging system. *J Oral Maxillofac Surg* 2010; 68:2129-2135.
38. Galantucci LM, Percoco G, Di Dioia E. Photogrammetric 3D digitization of human faces based on landmarks. *IMECS 2009, International Conference of Engineers and Computer Scientists*. Hong Kong: Newswood Limited 2009:819-824.
39. Ghoddousi H, Edler R, Haers P, Wertheim D, Greenhill D. Comparison of three methods of facial measurement. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2007; 36:250-258.

40. Hajeer MY, Mao Z, Millett DT, Ayoub AF, Siebert JP. A new three-dimensional method of assessing facial volumetric changes after orthognathic treatment. *Cleft Palate Craniofac J* 2005; 42:113-120.
41. Khambay B, Nairn N, Bell A, Miller J, Bowman A, Ayoub AF. Validation and reproducibility of a high-resolution three-dimensional facial imaging system. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2008; 46:27-32.
42. Plooij JM, Swennen GR, Rangel FA, et al. Evaluation of reproducibility and reliability of 3D soft tissue analysis using 3D stereophotogrammetry. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2009; 38:267-273.
43. Weinberg SM, Naidoo S, Govier DP, Martin RA, Kane AA, Marazita ML. Anthropometric precision and accuracy of digital three-dimensional photogrammetry: comparing the Genex and 3dMD imaging systems with one another and with direct anthropometry. *J Craniofac Surg* 2006; 17:477-483.
44. Weinberg SM, Scott NM, Neiswanger K, Brandon CA, Marazita ML. Digital three-dimensional photogrammetry: evaluation of anthropometric precision and accuracy using a Genex 3D camera system. *Cleft Palate Craniofac J* 2004; 41:507-518.
45. Winder RJ, Darvann TA, McKnight W, Magee JD, Ramsay-Baggs P. Technical validation of the Di3D stereophotogrammetry surface imaging system. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2008; 46:33-37.
46. Sawyer AR, See M, Nduka C. 3D stereophotogrammetry quantitative lip analysis. *Aesthetic Plast Surg* 2009; 33:497-504.
47. Ward RE, Jamison PL. Measurement precision and reliability in craniofacial anthropometry: implications and suggestions for clinical applications. *J Craniofac Genet Dev Biol* 1991; 11:156-164.

48. Fleiss J. The design and analysis of clinical experiments. New York: John Wiley & Sons; 1986.
49. Gordon CC, Bradtmiller B. Interobserver error in a large scale anthropometric survey. *American Journal of Human Biology* 1992; 4:253-263.
50. Houston WJ. The analysis of errors in orthodontic measurements. *Am J Orthod* 1983; 83:382-390.
51. Bister D, Edler RJ, Tom BD, Prevost AT. Natural head posture - considerations of reproducibility. *Eur J Orthod* 2002; 24:457-470.
52. de Menezes M, Rosati R, Allievi C, Sforza C. A photographic system for the three-dimensional study of facial morphology. *Angle Orthod* 2009; 79:1070-1077.
53. Gwilliam JR, Cunningham SJ, Hutton T. Reproducibility of soft tissue landmarks on three-dimensional facial scans. *Eur J Orthod* 2006; 28:408-415.
54. Sforza C, Grandi G, Binelli M, Tommasi DG, Rosati R, Ferrario VF. Age- and sex-related changes in the normal human ear. *Forensic Sci Int* 2009; 187:110 e111-117.

Table 1. Definition of the landmarks used in medical anthropometry and cosmetic surgery

Landmark	Abbreviation	Definition
Tragion	t	the notch on the upper margin of the tragus
Orbitale	or	the lowest point on the lower margin of each orbit
Endocanthion	en	the point at the inner eye commissure of the fissure
Glabella	g	the most prominent midline point between the eyebrows
Labiale superius	ls	the midpoint of the upper vermilion line
Nasion	n	the point in the midline of both the nasal root and the nasofrontal suture
Sellion (subnasion)	se	the deepest landmark located on the bottom of the nasofrontal angle
Pronasale	prn	the most protruded point of the apex nasi
Subnasale	sn	the midpoint of the angle at the columella base where the lower border of the nasal septum and the surface of the upper lip meet
Maxillofrontale	mf	at the base of the nasal root medially from each endocanthion

Landmark	Abbreviation	Definition
Alare	al	the most lateral point on each alar contour
Alar crest	ac	the most lateral point in the curved base line of each ala
Subalare	sbal	the point at the lower limit of each alar base, where the alar base disappears into the skin of the upper lip
Highest point of the columella	c'	each point on the columella crest, level with the top of the corresponding nostril
Alare'	al'	the marking level at the midportion of the alae
Subnasale'	sn'	indicates the midpoint of the columella crest
Terminal points of the nostril	tn	the highest and lowest spots of each nostril
Columella breakpoint of Daniel	C ¹	the top point on each edge of the columella
Bony base width point	X	at the most laterally located point of the bony lateral nasal wall on each side
Domes	D	the most lateral point of the nasal tip, marking the junction between tip and lobule (alar)

Landmark	Abbreviation	Definition
Supra tip point	ST	in the midline at the transition between the cartilaginous septum and the nasal tip
Dorsum point *	DS	the point in the midline of the nasal dorsum at the time the line between right tragon and orbiculare

* new landmark

Table 2. Descriptive statistics comparing Time 1 and Time 2 (linear and tangential measurements in mm, angles in degrees and volume in cm³)

Measurements	Mean	SD	Mean	SD
Linear				
Height of the nose n-sn	55.20	4.32	55.08	3.96
Length of the nasal bridge n-prn	46.13	4.08	46.44	3.90
Anatomical width of the nose ac-ac	34.92	3.40	34.95	3.54
Width of the nose al-al	34.87	3.31	34.90	3.40
Intercanthal width en-en	32.98	2.60	32.96	2.56
Dorsum point distance en _r -DS	31.66	4.18	31.71	3.86

Measurements	Mean	SD	Mean	SD
Bony base width X-X	31.17	2.94	31.89	2.50
Width of nasal root mf-mf	23.93	2.71	23.75	2.64
Width between the labial insertions of the alar sbal-sbal	22.40	3.71	22.64	3.74
Nasal protrusion sn-prn	21/05	2.26	20.84	2.11
Tip width D-D	11.49	1.95	11.12	1.85
Columella length sn-C'	11.30	1.68	11.22	1.56
Infralobular length C'-prn	11.18	2.19	10.99	2.09
Columella width sn'-sn'	7.38	1.12	6.99	1.09
Length of the ala ac-prn				

Measurements	Mean	SD	Mean	SD
(R)	33.50	3.15	33.54	3.15
(L)	33.73	3.05	33.63	2.97
Supratip projection ac-ST				
(R)	33.34	3.01	33.36	2.99
(E)	33.53	3.05	33.40	3.04
Relative projection of the dorsum X-DS				
(R)	23.82	3.43	24.13	2.1991
(L)	23.39	3.38	24.09	2.95
Relative projection of the radix nasi en-se				
(R)	23.75	2.67	23.62	2.59

Measurements	Mean	SD	Mean	SD
(L)	23.45	2.48	23.54	2.42
Facial insertion of the alae ac-sn				
(R)	22.50	1.99	22.37	1.99
(L)	22.60	2.04	22.72	2.19
Nostril Axis				
(R)	16.04	2.22	16.07	2.23
(L)	16.42	2.13	16.33	2.06
Width of the nostril floor sbal-sn				
(R)	13.23	1.90	13.55	1.91
(L)	13.45	2.16	13.33	2.23

Measurements	Mean	SD	Mean	SD
Length of the columella crest sn-c'				
(R)	11.43	1.71	11.45	1.43
(L)	11.63	1.60	11.50	1.46
Thickness of the ala al'-al'				
(R)	3.91	0.61	3.72	0.51
(L)	3.90	0.63	3.72	0.65
Tangential				
Surface length of the ala ac-prn surf				
(R)	36.62	3.63	36.51	3.59

Measurements	Mean	SD	Mean	SD
(L)	37.03	3.42	36.84	3.34
Angles				
Nasofrontal angle g-se-prn	144.51	7.41	144.60	7.21
Nasolabial angle ls-sn-prn	111.25	9.32	111.30	9.90
Nasal tip angle se-prn-sn	101.44	5.76	100.50	5.73
Volume				
Nasal volume - above the area bounded by n- mf _r -X _r -ac _r -sn-ac _l -X _l -mf _l -n	9.60	2.75	9.61	2.70

Table 3. Nasal measurements (linear and tangential measurements in mm, angles in degrees and volume in cm³)

Measurements	Mean error	SD	sig	MAD	TEM	REM%	R
Linear							
Height of the nose n-sn	0.12	0.94	0.54	0.73	0.66	1.33	0.987
Length of the nasal bridge n-prn	-0.31	0.99	0.22	0.83	0.73	1.80	0.984
Anatomical width of the nose ac-ac	-0.03	0.77	0.849	0.66	0.54	1.88	0.988
Width of the nose al-al	-0.03	0.56	0.83	0.47	0.39	1.34	0.993
Intercanthal width en-en	0.02	0.51	0.86	0.30	0.36	0.91	0.990
Dorsum point distance en _r -DS	-0.05	1.32	0.86	1.02	0.92	3.21	0.972
Base bony width X-X	-0.72	1.47	0.04*	1.37	1/15	4.36	0.922
Width of nasal root mf-mf	0.18	0.72	0.323	0.62	0.52	2.58	0.981
Width between the labial insertions of the alar	-0.24	0.90	0.304	0.80	0.65	3.57	0.985
sbal-sbal							

Measurements	Mean error	SD	sig	MAD	TEM	REM%	R
Nasal protrusion sn-prn	0.22	0.86	0.32	0.70	0.62	3.34	0.960
Tip width D-D	0.37	0.96	0.09	0.87	0.72	7.74	0.932
Columella length sn-C'	0.09	0.76	0.59	0.62	0.54	5.51	0.941
Infralobular length C'-prn	0.18	0.85	0.37	0.72	0.61	6.53	0.959
Columella width sn'-sn'	0.39	0.53	0.004*	0.53	0.46	7.31	0.938
Paired Measurements							
Length of the ala ac-prn	-0.03	0.50	0.76	0.44	0.35	1.31	0.994
(R)	0-10	0.57	0.46	0.47	0.41	1.39	0.991
(L)							
Supratip projection ac-ST							
(R)	0.02	0.66	0.87	0.52	0.46	1.53	0.988
(E)	0.13	0.67	0.42	0.52	0.48	1.56	0.988
Relative projection of the dorsum X-DS							

Measurements	Mean error	SD	sig	MAD	TEM	REM%	R
(R)	-0.31	1.12	0.30	1.06	0.81	4.40	0.968
(L)	-0.70	1.41	0.04*	1.28	1.10	5.40	0.948
Relative projection of the radix nasi en-se							
(R)	0.13	0.53	0.32	0.42	0.38	1.78	0.990
(L)	0.09	0.58	0.51	0.42	0.41	0.80	0.986
Facial insertion of the alae ac-sn							
(R)	0.14	0.75	0.45	0.69	0.53	3.07	0.963
(L)	-0.12	0.71	0.46	0.54	0.50	2.36	0.971
Nostril Axis							
(R)	-0.03	0.58	0.83	0.49	0.41	3.08	0.983
(L)	0.08	0.45	0.45	0.37	0.32	2.26	0.988
Width of the nostril floor sbal-sn							
(R)	0.32	0.77	0.07	0.64	0.59	4.78	0.957

Measurements	Mean error	SD	sig	MAD	TEM	REM%	R
(L)	0.12	0.77	0.51	0.63	0.55	4.70	0.963
Length of the columella crest sn-c'							
(R)	0.02	0.83	0.87	0.65	0.58	5.70	0.925
(L)	0.12	0.83	0.50	0.69	0.58	5.95	0.922
Thickness of the ala al'-al'							
(R)	0.19	0.44	0.06	0.37	0.34	9.76	0.823
(L)	0.17	0.39	0.06	0.33	0.30	8.53	0.895
Tangential							
Surface length of the ala ac-prn surf							
(R)	0.11	0.81	0.54	0.56	0.57	1.53	0.987
(L)	0.19	0.69	0.30	0.57	0.50	1.55	0.990
Angle							
Nasofrontal angle g-se-prn	-0.08	1.66	0.83	1.47	1.16	1.02	0.987

Measurements	Mean error	SD	sig	MAD	TEM	REM%	R
Nasolabial angle ls-sn-prn	-0.05	2.63	0.91	2.16	1.84	1.95	0.981
Nasal tip angle se-prn-sn	-0.05	1.63	0.02*	1.64	1.32	1.62	0.979
Volume							
Nasal volume - above the area bounded by n- mf _r -X _r -ac _r -sn-ac _l -X _l -mf _l -n	0.01	0.44	0.89	0.34	0.31	3.54	0.993

Pairwise t tests comparing Time 1 and Time 2 (Mean diff and p), Mean Absolute Difference (MAD); Technical error of measurement (TEM); Relative error magnitude (REM); Coefficient of reliability (R).

FIGURE

Figure 1. The 3D model. A and B - 3D Picture sample. C - Wire frame.

6 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Pela primeira vez na literatura uma análise antropométrica detalhada do nariz foi realizada utilizando o método da Estereofotogrametria.

Todo método antropométrico possui algum grau de erro, que pode ter várias causas. Entre elas estão inadequada localização dos pontos antropométricos, procedimentos inconsistentes ou falha do equipamento. Quantificar este erro é importante, pois ele pode afetar seriamente comparações estatísticas, sub ou superestimando os resultados. Apesar dos equipamentos de estereofotogrametria serem acurados e precisos, não se pode transpor para prática clínica diária os resultados obtidos pelos fabricantes e por pesquisas realizadas em condições tidas com ideais, porém muito artificializadas. De nada vale toda a tecnologia se os pontos antropométricos envolvidos nas medições não são localizados adequadamente.

A importância deste estudo foi apresentar a estereofotogrametria, método rápido e seguro, além de reprodutível para avaliar a antropometria nasal. Este método é um instrumento já aplicado em pesquisa e que tem potencial para utilização também na prática clínica, desde que os cuidados sejam tomados para minimizar os erros potenciais. Na rinologia, a estereofotogrametria promete revolucionar o julgamento da eficácia das rinoplastias, representando uma abordagem acurada capaz de objetivar e quantificar as modificações geradas pelas intervenções cirúrgicas sobre o nariz externo.

ANEXOS**ANEXO A**

Figura 1. Câmeras do sistema de imagem 3D Vectra

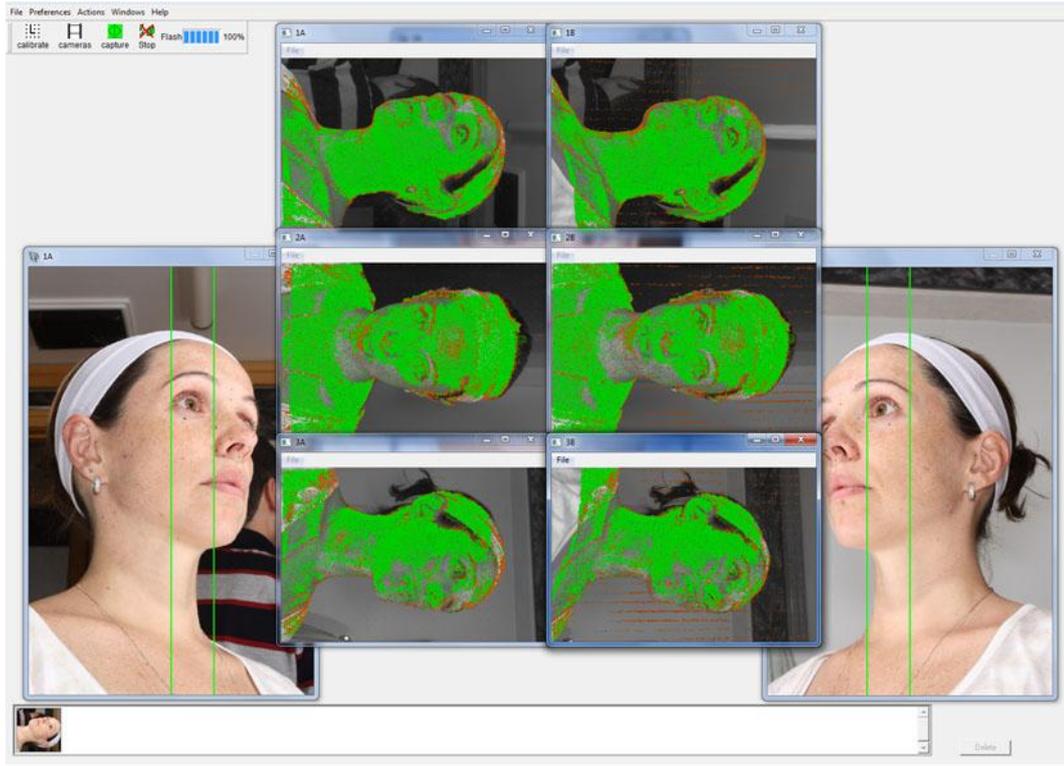


Figura 2. Mapeamento das imagens e digitalização 3D

ANEXO B

CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Pacientes

“Reprodutibilidade de Medições antropométricas Nasais Obtidas por Estereofotogrametrias Tridimensionais.”

Você está sendo convidado a participar em uma pesquisa. Antes de decidir se quer ou não participar, é importante que entenda porque o estudo está sendo realizado e o que ele vai envolver. Se desejar mais informações, sinta-se livre para perguntar sobre qualquer coisa.

Qual o propósito do estudo?

Criar um método objetivo de avaliação do nariz. Um método capaz de medir as distâncias entre os pontos nasais, assim como ângulos, superfícies e volumes, ocasionando mínimo incômodo ao paciente e isento de riscos. Atualmente a fotografia é um método rápido, indolor e não invasivo. Com o avanço da tecnologia já existem sistemas capazes de reproduzir a imagem em três dimensões da nossa face.

Qual a importância do estudo?

Avaliar os resultados, de uma forma objetiva, de técnicas cirúrgicas, traz muitos benefícios para o paciente. Atualmente as técnicas existentes capazes de medir as mudanças na área e volume do nariz podem expor o paciente a algum desconforto e risco. E esta nova técnica pode significar um grande avanço em estudos posteriores.

Por que fui escolhido(a)?

Porque você não apresenta alterações na face ou nariz por trauma ou outras causas e não realizará cirurgia nasal durante a realização deste estudo.

A quais desconfortos ou riscos posso ser submetido ao participar do estudo?

Você não será exposto a qualquer tipo de radiação, cortes ou cirurgias. Não receberá medicamentos.

Serão realizados pequenos pontos no seu nariz com substância sem toxicidade e de fácil remoção.

As sessões de marcação dos pontos, medidas e fotografias serão rápidas e sem grande incômodo ao paciente.

O que terei que fazer?

Comparecer duas vezes, num intervalo mínimo de 30 dias para as sessões de coleta dos dados. Serão feitos pontos de referência no seu nariz

As medições serão realizadas nas fotografias.

Você não poderá estar usando muita maquiagem e não necessitará realizar nenhum tipo de pose exceto estar sentado em posição natural na frente das câmeras.

Quais são os possíveis benefícios de participar do estudo?

Você não terá nenhum retorno financeiro ou prioridade em tratamentos posteriores.

Sua participação no estudo trará benefícios para as pesquisas relacionadas ao estudo do nariz.

Quais os exames alternativos para a avaliação?

Os métodos escolhidos pelos pesquisadores (fotografias) são os menos invasivos disponíveis para a avaliação dos dados, qualquer outro procedimento seria mais desconfortável e com maiores riscos. A opção seria a Tomografia Computadorizada e

a confecção de moldes do seu nariz. Na primeira você seria exposto a radiação desnecessária por duas vezes e na segunda teríamos o risco de reações alérgicas com os produtos utilizados e uma obstrução completa do nariz por uns 30 minutos.

Quem devo procurar em caso de emergência ou dúvida?

Diante de qualquer dúvida os voluntários poderão entrar em contato com o pesquisador ou sua equipe através dos telefones:

Dr. Humberto Camargo Jr, cel: (51) 9911.1896 ou com serviço de Otorrinolaringologia: (51) 3214.8031.

Você também poderá contactar, em caso de dúvidas em relação aos seus direitos, o Comitê de Ética em Pesquisa-CEP/ISCOMPA Fone/Fax: (51) 3214.8571.

Sou obrigado a participar do estudo? Posso desistir a qualquer hora?

A participação no estudo é voluntária. Não há necessidade de justificativa se optar por não participar. O paciente pode desistir da participação em qualquer momento da pesquisa, sem que isso lhe traga prejuízo.

Minha participação neste estudo será mantida confidencial?

Seu médico vai tratar sua identidade com padrões profissionais de sigilo. O prontuário vai permanecer confidencial. Uma cópia deste consentimento informado será arquivada no seu prontuário médico e uma será fornecida a você.

O que vai acontecer com os resultados da pesquisa?

Os resultados e fotos poderão ser publicados ou utilizados em eventos científicos, mas você não será identificado em nenhum relatório/publicação.

Danos relacionados à pesquisa

O pesquisador e sua equipe farão todos os esforços no sentido de evitar que danos possam resultar deste estudo, e se houverem, farão todos os esforços para amenizá-los.

Custos

Você será responsável pelo seu deslocamento até o local das coletas. Não serão custeados os meios de transporte.

Você não receberá dinheiro por sua participação no estudo, como também não terá gastos adicionais por participar do mesmo. Ou seja, os exames serão realizados gratuitamente e você não será cobrado por nenhuma coleta de dados realizada durante o estudo.

Quem revisou o estudo?

O estudo foi revisado por um comitê de ética para cumprir os padrões médicos e éticos e o valor científico.

DECLARAÇÃO DO PACIENTE - Eu tive tempo para ler e pensar sobre a informação contida neste formulário antes de entrar para o estudo. O programa proposto foi explicado claramente. Eu concordei voluntariamente quanto a participação neste estudo, com a compreensão de que nem todos os riscos de tal tratamento podem ser completamente conhecidos.

Compreendo que a recusa em participar deste estudo não irá envolver qualquer perda de benefícios. Também compreendo que posso retirar meu consentimento e interromper minha participação a qualquer momento sem penalidade e sem prejuízo para tratamento futuro ou alternativo neste hospital.

Declaro ter recebido uma cópia deste termo de consentimento e se qualquer problema ou questão aparecer com relação aos meus direitos enquanto paciente de pesquisa clínica, ou com relação a lesão relacionada à pesquisa clínica, compreendo que devo entrar em contato com:

Médico: Humberto Lopes Camargo Junior

Telefone: (51) 9911.1896

Comitê de Ética em Pesquisa - CEP/ISCOMPA

Fone/Fax: (51) 3214.8571.

Declaro que recebi cópia do presente Termo de Consentimento.

Assinatura do Paciente

Nome do Paciente
___/___/___

Assinatura do Pesquisador

Humberto Lopes Camargo Junior

Nome do Pesquisador
___/___/___

Este formulário foi lido para _____ (nome do paciente) em ___/___/___ (data) pelo _____ (nome do pesquisador) enquanto eu estava presente.

Assinatura de testemunha

Nome da Testemunha
___/___/___