AMSJI® kan uitkomst bieden bij extreem geatrofieerde edentate maxilla

Er zijn steeds minder volledig edentate patiënten. Maar voor wie het betreft blijft het een ingrijpend probleem. Vroeger was een volledige onder- en bovenprothese in kunsthars de oplossing. Recenter kunnen veel patiënten ook geholpen worden met een meer comfortabel implantaat gedragen prothetisch herstel: Additively Manufactured Subperiosteal Jaw Implants (AMSJI).*

AUTEURS **JOHAN K.M. APS, CASPER E. VAN DEN BORRE EN MAURICE Y. MOMMAERTS**

Voor de rehabilitatie van een volledig edentate bovenkaak is de meest gebruikte optie nog steeds een mucosaal afgesteunde uitneembare prothese. Ondanks een zekere retentie, kan verder voortschrijdende botresorptie van de processus alveolaris voor een verminderd draagvlak zorgen, waardoor draagcomfort en functionaliteit significant kunnen verminderen. In meer extreme gevallen kan de retentie en stabiliteit van de prothese bij vergevorderde resorptie uitdagend of zelfs onmogelijk worden. Het is niet meer van deze tijd om zulke problemen aan te pakken met kleefmiddelen of met een tijdelijke zachte prothesebasis, die bovendien ook nog eens moeilijk schoon te houden is.

In de plaats daarvan kunnen de meeste van deze patiënten geholpen worden met zogenaamde enossale implantaten waarop de prothese, al dan niet uitneembaar voor de patiënt, wordt verankerd. Bij vergevorderde botresorptie kan een gebrek aan botvolume het plaatsen van deze implantaten echter onmogelijk maken. Bovendien blijkt uit onderzoek dat tot 56% van de patiënten met enossale implantaat-gedragen protheses peri-implantitis ontwikkelt, wat in extreme gevallen kan leiden tot het verlies van de implantaten[1]. Veel oorzaken van peri-implantitis zijn bovendien niet klinisch controleerbaar[1].

Botverlies in de bovenkaak, al dan niet gecombineerd met implantaatverlies of continue botresorptie, vormt dus een grote uitdaging. Geconfronteerd met extreme atrofie zijn chirurgen zich gaan oriënteren op verschillende oplossingen: implanteren in afgelegen bot (bijvoorbeeld het os zygomaticum), lokale botaugmentatie, onder andere in de sinusbodem, door middel van bottransplantatie, osseodistractie, of guided bone regeneration. Ondanks hun genialiteit, hebben elk van deze technieken een aanzienlijke morbiditeit voor de patiënt en zijn ze vaak niet zonder complicaties[2-3].

Dit artikel verscheen eerder – in iets gewijzigde vorm – in de Nederlandse editie van Dental Tribune (editie 4, juni 2024).

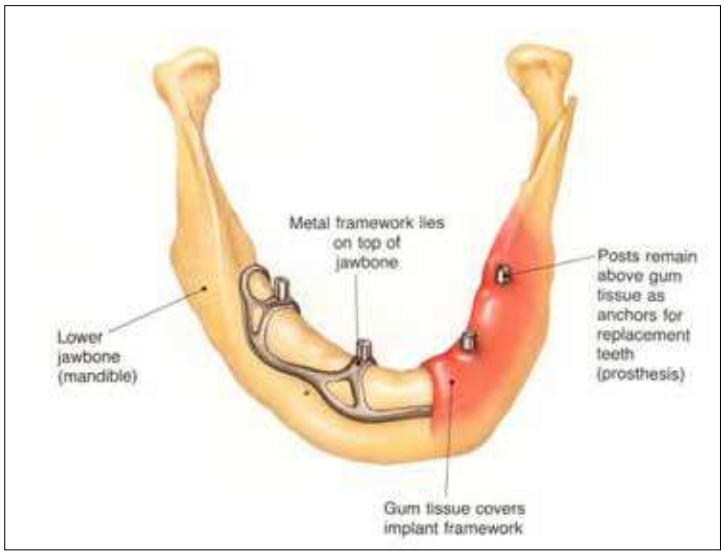
Prof. dr. Johan K.M. Aps studeerde af als tandarts in 1993 aan de Universiteit Gent. In 2002 promoveerde hij. Hij had een eigen praktijk en gaf les aan verschillende universiteiten en hogescholen in België, de VS en Australië. Momenteel is hij werkzaam aan de Vrije Universiteit Brussel.

Dr. Casper E. Van den Borre studeerde Geneeskunde in Antwerpen en studeerde in 2021 af als tandarts aan de Universiteit Gent. In januari 2024 promoveerde hij op het gebied van AMSJI. Hij is momenteel in opleiding tot mka-chirurg.

Prof. dr. mult. Maurice Y. Mommaerts is stagemeester MKA-heelkunde UZBrussel en docent aan het departement Geneeskunde & Farmacie van de VUB. Daarnaast is hij aangezichtschirurg in Ziekenhuis aan de Stroom (ZAS) te Antwerpen en CEO van CADskills.

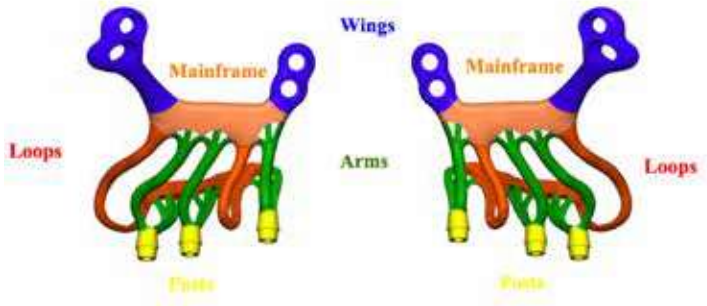
Geschiedenis subperiostale implantaten

Een alternatief voor orale rehabilitatie van de fors atrofe bovenkaak, maakt gebruik van subperiostale implantaten. In tegenstelling tot enossale implantaten, die na het maken van een cilindrische of licht kegelvormige holte in het kaakbot worden geschroefd, worden subperiostale implantaten tussen het kaakbot en het periosteum geplaatst. Het betreft dus een frame dat perfect boven op het kaakbot past en door middel van kleine 'posts', die door het tandvlees heen steken, verbinden met de prothese. Hierdoor wordt het tekort aan botvolume omzeild, waardoor het een ideale oplossing is voor edentate patiënten met een fors atrofe kaakwal (fig. 1.)



Figuur 1: Links de voorstelling van een historisch subperiostaal implantaat in de onderkaak en rechts een historisch subperiostaal implantaat in de bovenkaak.

De klassieke (historische) subperiostale implantaten werden voor het eerst ontwikkeld en gebruikt door de Zweedse tandarts Dahl, rond 1940[4]. Ondanks goede resultaten verloren ze hun populariteit bij de opkomst van de enossale geschroefde titanium implantaten[5-6]. Deze bleken effectiever en vertoonden een hoger succespercentage dan chroom-kobalt-molybdeen subperiostale implantaten. Subperiostale implantaten waren ook onderhevig aan complicaties zoals vroege en late implantaatblootstelling, ernstige botresorptie en fistulatie, wat resulteerde in verhoogde implantaat-mobiliteit, ongemak en falen. Het klassieke metalen frame dat werd gebruikt in subperiostale implantaten was bovenal ook vatbaar voor hypersensitiviteit type IV, corrosie en afbraak, wat schade kon veroorzaken aan het omringende bot- en zachte weefsel. Bovendien waren de fabricagetechnieken voor subperiostale implantaten complex en veroorzaakten ze aanzienlijk ongemak voor de patiënt tijdens de voorbereiding[7]. Ook vergde de chirurgische procedure voor deze subperiostale implantaten een meer invasieve aanpak, terwijl men ook geconfronteerd werd met een langere genezingstijd.
Tegenwoordig genieten de subperiostale implantaten een opleving in populariteit, door de vooruitgang in technologie en materialen, de opkomst van de digitale tandheelkunde en betere tandheelkundige zorg. Hierdoor zijn subperiostale implantaten effectiever en veiliger gemaakt. Deze evolutie leidde tot het ontstaan van een nieuw 'high-tech' subperiostaal implantaat, bekend als het Additively Manufactured Subperiosteal Jaw Implant: AMSJI[8].



Figuur 2. Een linker en rechter AMSJI bestaande uit de vleugels (wings), armen (arms) en loops. De posts maken transgingivaal connectie met de prothese.

Wat is een AMSJI®?

AMSJI werd ontwikkeld als alternatieve oplossing voor de zogenaamde zygoma-implantaten of de uitgebreide bot-transplantatie die nodig is bij forse botatrofie (Cawood en Howell klasse V-VIII). Dankzij moderne computerondersteunde ontwerp- en fabricagetechnologie, (CAD/CAM) zoals 3D-printing en CNC-frezen, kan het zeventig jaar oude concept aan een veel belovende revival beginnen.
Elk AMSJI bestaat uit twee vleugels die strategisch paranasaal en op het os zygomaticum worden verschroefd, omdat deze twee gebieden bestand zijn tegen de gekende continue atrofie bij edentate patiënten. De vleugels zijn verbonden met het zogenaamde mainframe, van waaruit loops en armen vertrekken die afsteunen op de resterende kaakwal. De armen verbinden zich met drie transmucosale connectoren, die instaan voor de connectie met de intraorale prothese (fig. 2). Deze subperiostale implantaten worden additief, patiënt-specifiek, vervaardigd met behulp van titanium van graad 23 ELI (extra-laag gehalte aan interstitiële elementen zoals ijzer, stikstof en zuurstof) door CADskills BV uit Gent, België (fig. 3).

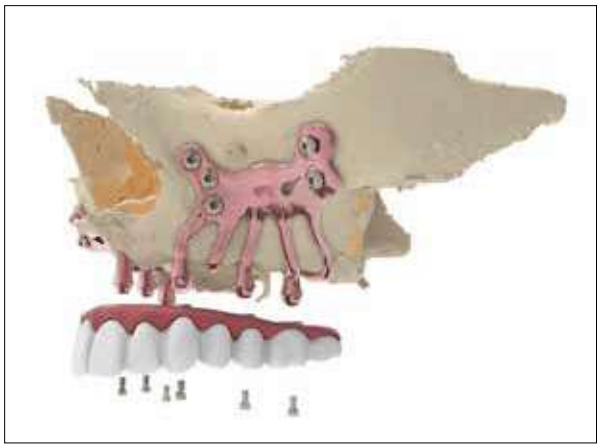
De primaire fixatie gebeurt met osteosynthese schroeven (lengte volgens lokale botdikte), terwijl secundaire fixatie wordt bereikt door osseointegratie door middel van verschillende oppervlakte modificaties, zoals alumina bead-blasting en etsen met oxaalzuur, maar ook door de introductie van scaffolding aan de ossale zijde waardoor botingroei geïnduceerd en vergemakkelijkt wordt. De AMSJI wordt door middel van polijsten en anodiseren van het oppervlak meer biocompatibel gemaakt wat adhesie en proliferatie van gingivale fibroblasten en epitheelcellen bevordert (fig. 4).

De workflow

Het design van AMSJI is prothetisch/anatomisch gedreven via backward engineering:

1. Vervaardigen van een scanprothese voor de patiënt.
2. Scan de patiënt met een scanprothese in situ in centrale relatie in een (CB) CT-scan.

>>>



Figuur 3. Render van de linker en rechter AMSJI sub-eenheden bevestigd met osteosyntheseschroeven paranasaal en op het zygoma. Een tijdelijke prothese wordt peroperatief verschroefd aan de transgingivale connecties zodat onmiddellijk masticatie kan plaatsvinden.

3. Scan de scanprothese met hoge resolutie.
4. Ontwerpfase: Tijdens design en productie van de implantaten wordt nauw samengewerkt met ingenieurs en technici van de firma CADskills (CADskills B.V. in Gent, België). De communicatie tussen technicus, tandarts en chirurg gaat via een digitaal platform. Na definitief akkoord van de tandarts aan de chirurg en de chirurg aan de ontwerpingenieur kan het daadwerkelijke productieproces van start gaan.
5. 3D-printing, hitte-behandeling, manuele post-processing van de supports en het oppervlak, zandstralen, zuuretsen, CNC-frezen, manueel polijsten en anodisatie.
6. Chirurgische fase waarbij AMSJI wordt geplaatst samen met een voorlopige prothese. Deze blijft twee tot drie maanden in situ om de genezing van het bot en weke weefsels te bevorderen. Intussen houdt de patiënt zich aan een zacht dieet. Micromobiliteit staat immers oseointegratie in de weg.
7. Vervaardigen van de definitieve hybride brug of uiteindelijke primaire matrix-patrix structuur, die wordt bevestigd aan de transmucosale posts na verwijderen van de voorlopige prothese. De prothetische voorziening wordt beïnvloed door verschillende factoren, waaronder de voorkeur van de patiënt, maar ook de beschikbare verticale ruimte, de vereiste ondersteuning van de lippen, de spraak en ten slotte de haalbaarheid van effectieve mondverzorging.

Patiëntentevredenheid en klinische resultaten

Er zijn verschillende rapporten en studies over langetermijnresultaten gepubliceerd over de traditionele 'historische' subperiostale implantaten, maar omdat de modernere versie, de AMSJI, toch erg verschilt van deze primitieve implantaten, was het noodzakelijk om de effectiviteit van AMSJI aan te tonen via prospectieve onderzoeken[5-7]. Zo werd er een groep van vijftien patiënten gedurende één jaar gevolgd om de effectiviteit te evalueren[9-10].

Er werd een hoge patiënttevredenheid vastgesteld via twee vragenlijsten:

- De Numerical Rating Scale (NRS) gebruikt zes vragen waarbij de totale score kan variëren van 0 tot 60, waarbij 0 het slechtst is en 60 de hoogst mogelijke tevredenheidsscore is. Na één jaar behaalde AMSJI een tevredenheid van gemiddeld 53,20 (op 60).
- De Oral Health Impact Profile – 14 scale (OHIP-14) gebruikt 14 vragen. De totale score kan variëren van 0 tot 56 met domeinscores van 0 tot 8. Hoe hoger de OHIP-14-score, hoe slechter de kwaliteit van leven gerelateerd aan mondgezondheid. De pre-operatieve OHIP-14-score was 17,20 wat wijst op een slechte orale situatie. Na één jaar was de gemiddelde waarde 5,80. Het is vermeldenswaard dat een eerdere studie van Dahl et al. een OHIP-14-score van 4,1 rapporteerde in de Noorse volwassen bevolking, bestaande uit 2441 patiënten, met een volledige dentitie. AMSJI benadert dus bijna dit resultaat.

Vervolgens werden prospectief 40 patiënten, met een gemiddelde leeftijd van 65 jaar, die gemiddeld 2,5 jaar met AMSJI geholpen waren, onderworpen aan de OHIP-14 en NRS-vragenlijsten. Zij rapporteerden een hoge gemiddelde OHIP-14-score van 4,20 en een hoge gemiddelde algemene tevredenheidsscore op basis van de NRS van 52,25/60.

Effect op maxillaire botmorfologie

Een van de belangrijkste redenen voor faling van de 'oude' subperiostale implantaten was progressieve botatrofie door infectie en stress shielding. Het effect van AMSJI op de residuele crista alveolaris en het zygomatico-maxillaire bot werd bestudeerd in een cohort van vijftien patiënten.

Door middel van twee periodieke CT-sans werd een evaluatie gemaakt op één maand (T1) en twaalf maanden (T2) na de installatie van de definitieve prothese (dus na in normale kauwfunctie brengen). Over het algemeen werd er minimale bot-modellering gezien. Op de kaakwal werd een gemiddelde negatieve bot-modellering van 0,26 mm vastgesteld. Een minimaal botverlies van gemiddeld 0,088 mm werd geconstateerd paranasaal en op het os zygomaticum[11].

Die vastgestelde resorptie kan gedeeltelijk verklaard worden door het onderbreken van de bloedvoorziening van de mucoperiost flap, t.g.v. de incisie en het decolleren van het periosteum, welke noodzakelijk zijn om de AMSJI te fixeren op het maxillaire bot. De doorbloeding wordt hierdoor onderbroken, wat resulteert in een hypoxische omgeving, wat vervolgens de activiteit van de osteoclasten zal bevorderen waardoor botresorptie optreedt, gevolgd door een modellering proces.

Effect op weke delen

Onderzoek toont aan dat roken en diabetes, maar vooral een dun gingivaal biotype en onvoldoende mondhygiëne, aanleiding kunnen geven tot recessies[12]. Er is een correlatie tussen mucositis en recessies, maar het is niet duidelijk wat de kip en wat het ei is! Prospectief onderzoek richt zich momenteel op het verdikken van de gekeratiniseerde weefsels rond de connectoren door flapdesign, augmentatie met autologe palatum greffes en collageen-matrix.

Het octrooi van AMSJI beschrijft een ontwerp waarbij individuele armen verwijderd kunnen worden bij opstijgende infectie en het prothetisch herstel verder in gebruik kan blijven. Zelfs als de beide AMSJI-frames verwijderd zouden moeten worden, is er nog geen schade aangericht (principe van *primum non nocere*).

Figuur 4. Primaire fixatie gebeurt door osteosynthese-schroeven paranasaal en op het zygoma. Secundaire fixatie middels osseointegratie: 'scaffolding' (roosterstructuur) en een SLA-behandeld oppervlak (inclusief anodisatie).

Toekomstperspectief

Er is inmiddels veel onderzoek gedaan naar de osseointegratie van titanium implantaten, waardoor de respons van zacht weefsel (zoals mucosa) met titanium implantaten minder aandacht heeft gekregen. Idealiter bestaat de interface tussen het epitheel en het implantaat uit een dunne, zachte weefselcapsule met afwezigheid van ontstekingscellen. Voor een degelijke adhesie dienen tevens de collageenvezels loodrecht of schuin op het implantaatoppervlak georiënteerd te zijn.

Het implantaatoppervlak speelt een cruciale rol bij het bevorderen van een gunstige cellulaire en weefselrespons rondom de implantaten. Oppervlaktemodificaties zijn courante methodes om de adhesie van mucosa bij transmucosale implantaten te verbeteren. Conventionele technieken, zoals etsen of anodisatie, veranderen het oorspronkelijke oppervlak van het titanium in het voordeel van ossointegratie, maar niet in het voordeel van de integratie van weke delen. De transmucosale delen van de AMSJI zijn op hoogglans gebracht, wat plaqueaccumulatie vermindert en een betere hygiëne toelaat.

Coatings zorgen voor een volledige dekking van het oorspronkelijke metalen oppervlak met een biologisch actief materiaal, wat interactie met gastcellen vergemakkelijkt, zonder aantasting van de integriteit van het oorspronkelijke oppervlak. Zo zijn diverse coatings bestudeerd op hun vermogen om de functies van epitheel- en fibroblastcellen te activeren, die cruciaal zijn voor de integratie van zacht weefsel[13-14]. Een veelbelovende aanpak omvat de fysieke inkapseling van fibroblastgroeifactor-2 (FGF-2) binnen biomimetisch afgezette calciumfosfaatcoatings. In vitro vrijgavetesten hebben gecontroleerde afgifte van FGF-2 gedurende een langere periode aangetoond. Bovendien hebben in vivo-experimenten het gunstige effect van FGF-2 op de hechting van zacht weefsel aan het implantaatoppervlak bevestigd. Onderzoekers hebben melding gemaakt van de vorming van structuren die lijken op de vezels van Sharpey, die onder een hoek van 30-40 graden ten opzichte van het implantaatoppervlak staan. Deze vezels spelen een belangrijke rol bij het verankeren van zacht weefsel aan het implantaat en dragen bovendien bij aan een verbeterde integratie[15]. Helaas zijn er tot op heden nog geen klinische studies met mensen uitgevoerd, en blijft deze coating nog altijd experimenteel doch met groot potentieel. Blijvende fixatie van nano-hydroxyapatiet en eiwitten zoals FGF-2 na sterilisatie blijkt een groot obstakel. Er is nog toekomst voor verdere optimalisatie door onderzoek in materiaalkunde.

Referenties

1. Smeets R, Henningsen A, Jung O, Heiland M, Hammächer C, Stein JM. Definition, etiology, prevention and treatment of peri-implantitis--a review. Head Face Med. 2014 Sep 3;10:34. doi: 10.1186/1746-160X-10-34. PMID: 25185675; PMCID: PMC4164121.
2. Sanz-Sánchez I, Sanz-Martín I, Ortiz-Vigón A, Molina A, Sanz M. Complications in bone-grafting procedures: Classification and management. Periodontol 2000. 2022 Feb;88(1):86-102. doi: 10.1111/prd.12413. PMID: 35103322.
3. Molinero-Mourelle P, Baca-Gonzalez L, Gao B, Saez-Alcaide LM, Helm A, Lopez-Quiles J. Surgical complications in zygomatic implants: A systematic review. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2016 Nov 1;21(6):e751-e757. doi: 10.4317/medoral.21357. PMID: 27694789; PMCID: PMC5116118.
4. Dahl, G. (1943) Om möjligheten fo¨r inplantation i käken av metallskelett som bas eller retention för fasta eller avtagbara proteser. Odontologisk Tidskrift 51: 440–449.
5. Bodine R.L. Evaluation of 27 mandibular subperiosteal implant dentures after 15 to 22 years. *J. Prosthet.* Dent. 1974;32:188–197. doi: 10.1016/S0022-3913(74)80025-9
6. Young L., Michel J.D., Moore D.J. A twenty-year evaluation of subperiosteal implants. J. Prosthet. Dent. 1983;49:690–694. doi: 10.1016/0022-3913(83)90398-0
7. Bodine RL, Yanase RT, Bodine A. Forty years of experience with subperiosteal implant dentures in 41 edentulous patients. J Prosthet Dent. 1996 Jan;75(1):33-44. doi: 10.1016/s0022-3913(96)90414-x. PMID: 8850449.
8. Mommaerts MY. Additively manufactured sub-periosteal jaw implants. Int J Oral Maxillofac Surg. 2017 Jul;46(7):938-940. doi: 10.1016/j.ijom.2017.02.002. Epub 2017 Mar 1. PMID: 28258795.
9. Van den Borre C, De Neef B, Loomans NAJ, Rinaldi M, Nout E, Bouvry P, Naert I, Mommaerts MY. Patient Satisfaction and Impact on Oral Health after Maxillary Rehabilitation Using a Personalized Additively Manufactured Subperiosteal Jaw Implant (AMSJI). J Pers Med. 2023 Feb 8;13(2):297. doi: 10.3390/jpm13020297.
10. Van den Borre C, Rinaldi M, De Neef B, Loomans NAJ, Nout E, Van Doorne L, Naert I, Politis C, Schouten H, Klomp G, Beckers L, Freilich MM, Mommaerts MY. Patient- and clinician-reported outcomes for the additively manufactured sub-periosteal jaw implant (AMSJI) in the maxilla: a prospective multicentre one-year follow-up study. Int J Oral Maxillofac Surg. 2022 Feb;51(2):243-250. doi: 10.1016/j.ijom.2021.05.015. Epub 2021 May 29.
11. Van den Borre C, Rinaldi M, De Neef B, Loomans NAJ, Nout E, Van Doorne L, Naert I, Politis C, Schouten H, Klomp G, Beckers L, Freilich MM, Mommaerts MY. Radiographic Evaluation of Bone Remodeling after Additively Manufactured Subperiosteal Jaw Implantation (AMSJI) in the Maxilla: A One-Year Follow-Up Study. J Clin Med. 2021 Aug 12;10(16):3542. doi: 10.3390/jcm10163542.
12. Van den Borre C, De Neef B, Loomans NAJ, Rinaldi M, Nout E, Bouvry P, Naert I, Van Stralen KJ, Mommaerts MY. Soft tissue response and determination of underlying risk drivers for recession and mucositis after AMSJI implantation in the maxilla. Int J Oral Maxillofac Implants. 2023 Nov 1;0(0):1-32. doi: 10.11607/jomi.10490. Epub ahead of print. PMID: 37910836.
13. Zigterman BGR, Van den Borre C, Braem A, Mommaerts MY. Titanium surface modifications and their soft-tissue interface on nonkeratinized soft tissues-A systematic review (Review). Biointerphases. 2019 Aug 16;14(4):040802. doi: 10.1116/1.5113607.
14. Van den Borre CE, Zigterman BGR, Mommaerts MY, Braem A. How surface coatings on titanium implants affect keratinized tissue: A systematic review. J Biomed Mater Res B Appl Biomater. 2022 Jul;110(7):1713-1723. doi: 10.1002/jbm.b.35025. Epub 2022 Feb 1.
15. Mutsuzaki H, Ito A, Sogo Y, Sakane M, Oyane A, Ochiai N (2012) Enhanced wound healing associated with Sharpey's fiber-like tissue formation around FGF-2-apatite composite layers on percutaneous titanium screws in rabbits. Arch Orthop Trauma Surg 132(1):113-121.