

BIZIKLETAREN AERODINAMIKA:

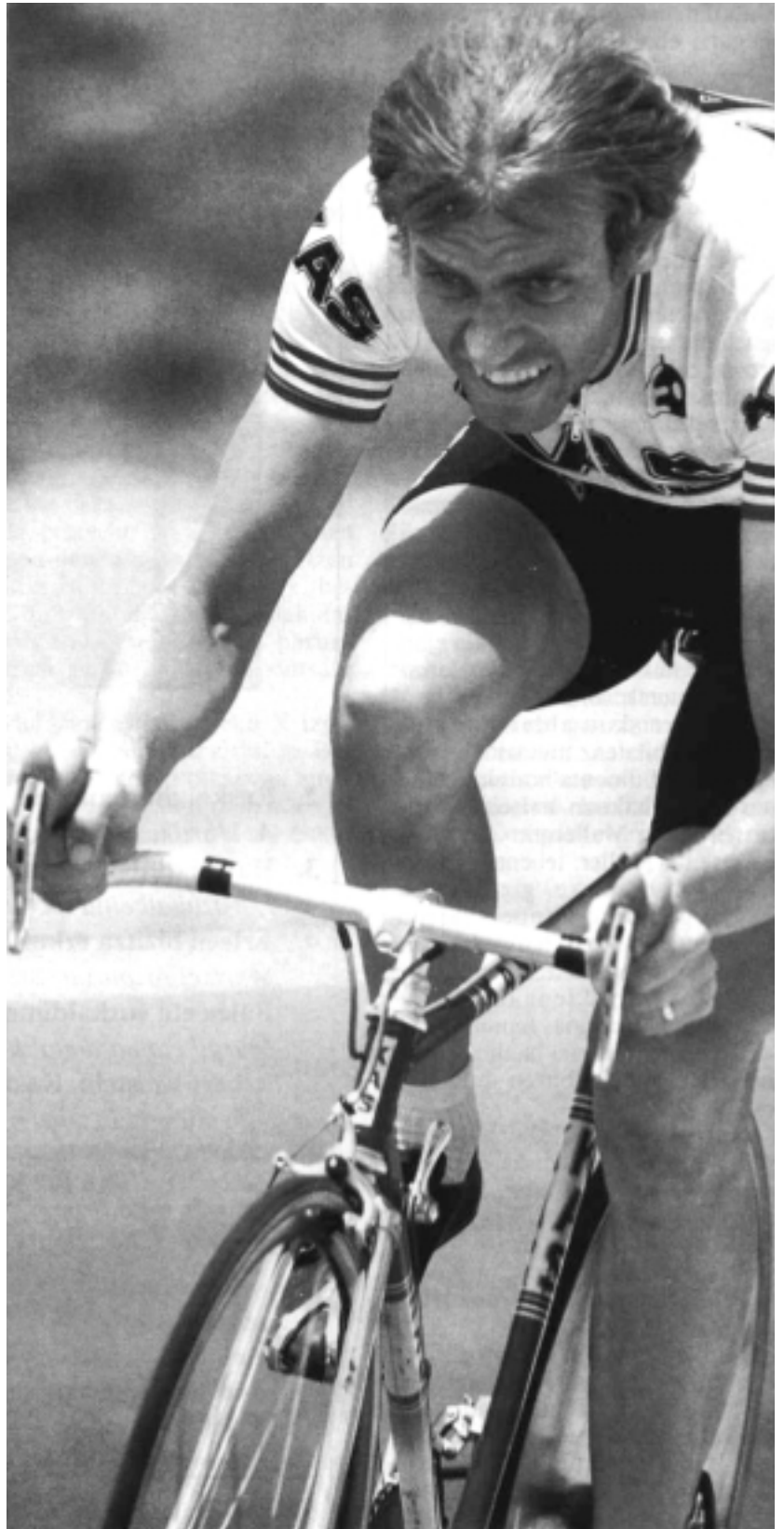
ZORROTZA AZKARRAGOA DA

LUIS LOPEZ

Bizikleta gizakiak asmatutako ibilgailuetan sinpleenetako bat izango da seguraski, eta hala ere nekez lor liteke tresna honek adinako errendimendu energetikoa lukeen beste bat. Harrigarri gertatuko zaio askori, baina bizikleta giza indarra higidura bihurtzeko inoiz egin den tresna eraginkorrena da.

Stuart Wilson-ek 1973an *Scientific American* aldizkarian argitara emandako datuek garbi erakusten dute kilometro eta gorputz-gramo bakoitzeko kaloria-kontsumo baxuena txirindulariarena dela. Aztertutako animalia eta makinaren artean, sagua azaldu zen energi xahutzaile handiena: 50 kaloria kilometroko. Frank Whitt eta David Wilson-en 1982ko *Bicycling Science* liburuan, beste ikuspegi batetik ematen zen eraginkortasun horren berri: hanketatik atzeko gurpilerako transmisioan galtzen den energia ehuneko batekoa baino ez da, galera horren zati handiena airean sartzeari dagokiolarik.

Kalkulu horiek baldintza berezietan eginak direla pentsatzekoa



da: lauean, haizerik gabe, erdi mailako abiadura (20-25 km/h-koa). Izan ere, edozeinek daki bizikletaren energi errendimendua aldakorra dela, ez dela gauza bera lauean, maldan gora edo behera ibiltzea, makina arin edo tramankulu zahar, herdoiltsu batean, zoru erregular edo bathez jositako batean, etab. Hala eta guztiz ere, bizikletari, bere mugen barruan, tresna oso eraginkorra izatea aitortzen zaio.

Eraginkortasun honen funtsa bizikletaren diseinua dugu. Horri esker, gorputzeko muskulu indartsuenak, izterretakoak, erabiltzen ditugu mugitzeko; arrazoizko karentzia batean gainera, eta jarrera erosoan. Bestetik, bizikletak giza indarrez mugitua izateko arrazoizko pisua du, eta airean sartzeko nahikotxo profil zorrotza.

Bizikletaren historian, oinarrizko ezaugarri hauen hobekuntza diseinatzaile eta egileen etengabeko ahalegina izan da. Mugitzeko erresistentzia txikiena egiten duen makinaren bila, pisua arindu, osagaien egokiera eta funtzionamen-

dua hobetu eta aerodinamika areagotzea lirateke lortu beharreko helburuak, hortik sortzen den ibilgailuak maneiakor, seguru eta iraunkorra behar duela izan inoiz ere ahaztu gabe; arrazoizko prezioa ere izan behar du, jakina.

Mende honetako 20.eko hamarkada aldera, gaurkoen antza zuten bizikletak ikusten hasi ziren. Harez geroztik, aurrerapenak ez dira gelditu: materialak, fabrikazio-teknikak, neurriak,... Baina bi izan dira nagusiki diseinu aldetik bizikleta gehienetan finko samar iraun duten ezaugarriak: koadro trapezoidala eta erradiozko gurgilak. Azken urteotan ordea, bizikletaren diseinuari irauli handia eman zaio. Arrazoia, aerodinamika hobea lortzea.

Aerodinamikaren hobekuntza, edo bizikletaren itxuraldatzea

Airearen erresistentzia txirindulak abiadura handian mugitzeko

duen eragozpen gogorrena dugu. Agi denean, abiadura azkarrean gastatzen den energiaren % 90 horretarako erabiltzen da. Izan ere, erresistentzia hori abiaduraren karratuarekiko da proportzionala, eta horrek berekin dakar gure martxa bikoiztu nahi izanez gero egin beharreko lana bikoiztu ez baizik laukoiztu behar izatea, edo 25 km/h-ko abiadura goazela bi aldiz indar handiagoa eginez gero, 35 km/h-ko abiadura baino ez dugula erdietsiko, eta pedalei eraginez ari zarela indarra bikoiztea ez pentsa nolanahiko lana denik.

Solido batek fluido batean barrena mugitzeko duen erraztasuna C_x sarkortasun-koefizientearen bidez neurtzen da, eta bien ezaugarrien funtzio izango da. Batetik, fluidoaren dentsitate eta biskositatea igo ahala, mugimendua eragotziago gertatzen da. Honek zerikusia izango du, beharbada, abiadura-errekor asko "altitude handitan" hausten saiatzearekin. Bestetik, solidoak aitzinapen-norantzan erakusten duen gainazala eta fluidoan barrena higitzean fluxu laminarra ala zurrunbilotsua sortzeko dituen ezaugarriak hartu behar dira kontutan. C_x koefizientearen neurketak haize-tunel famatuen egiten dira, gaur egun ordenadore bidezko diseinuaz lagundurik. Automobilaren erregai-kontsumoa jaisteko bide bat, haien C_x txikiagotzea da.

Ildo beretik, txirindulariaren eraginkortasuna handiagotzeko bide bat gizaki/makina bikotearen C_x optimizatzea da, eta xede horri erantzun nahi izatetik etorri dira azken urteotan bizikleta itxuraldatu duen hainbat berrikuntza. Aurreneko saiakuntzak *Gitane* etxeak burutu zituen haize-tunel batean, baina askok 1984. urtean kokatzen dute bizikletari begiratzeke era berri honen hasiera, Moser eta bere teknikari-taldeak Munduko orduko errekorra hautsi ahal izateko makina optimo bat eraiki nahian potentzial teknologiko

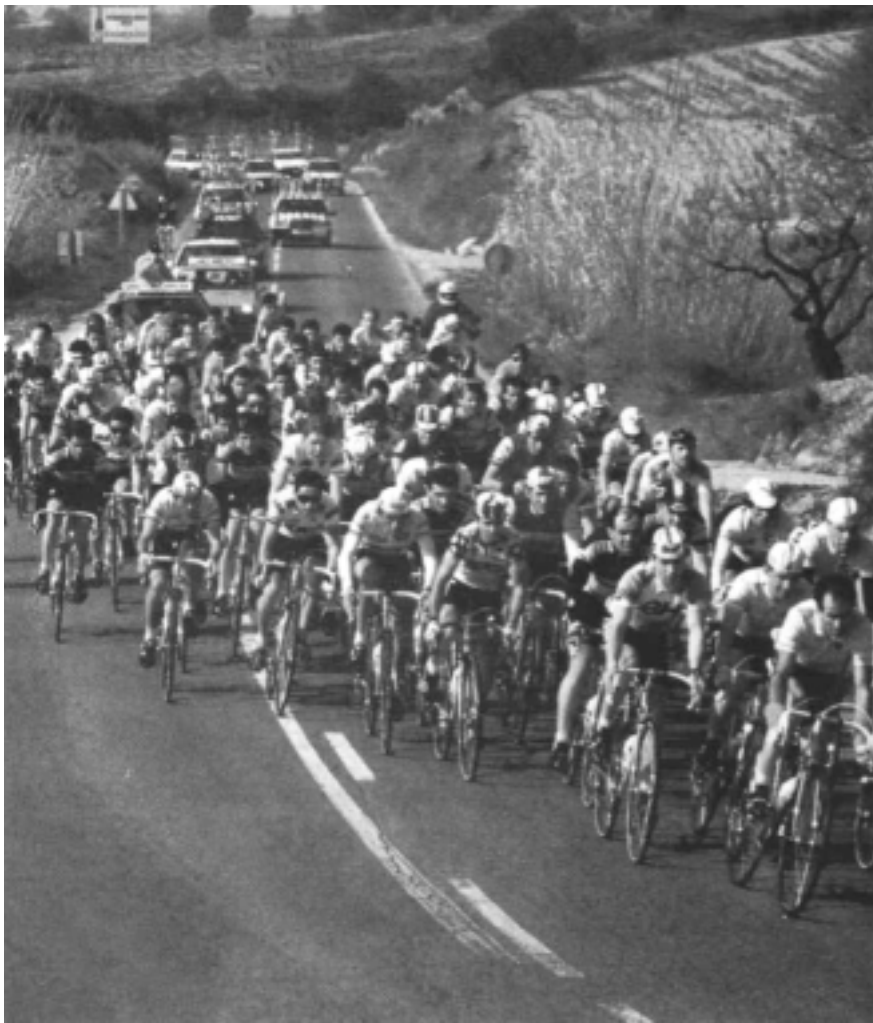
Aerodinamika hobetu beharrak bizikletari itxura berria eman dio.



handia erabili zutenean. Egia da, izan ere, harez geroztik lasterketa berezietan (banakako zein taldeakako proba kronometraturatuetan) erabiltzen diren bizikletek beste zerbait diruditela, eta emaitzak ere haien alde agertzen direla. Kontuak kontu, nola hobetu zuen talde honek bizikletaren aerodinamika?

Aurrena, bizikleta/txirrindularia sistemaren altuera jaitxi beharra aztertu zen. Horretarako, jarrera makurtuagoa hartu ahal izan zezan, koadroaren aurrekaldea beheerantz zuzendu zen, ohizko barra horizontalari inklinazioa emanez, koadro sofisticatu batzuetan kurba deskribatuz. Txirrindulariak era naturalagoan lor dezake bizkarra horizontal eramatea. Aurreko gurpila txikiagoa izatea eskatzen zuen diseinu berri honek, eta eskulekua ere koadroari lehen bano puntu baxuagotik atxekitzea. Bestetik, bizikletan "etzanda" joanez gero eskulekuaren heltze-puntu erosoan eta aldi berean eraginkorrena alderdi kurboa denez, horixe besterik ez zaigu orain interesatzen. Bi faktore hauek dira "sarde" itxurako eskulekuaren sorkuntzan eragina izan dutenak.

Hurrengo arazoa gurpiletako erradioek biratzean sortutako turbulentziak murriztea da. Turbulentzia hauek aireak erradioen kontra jotzean sortzen dira. Norbaiti orduan joan den mendearen bukaera aldera asmatu baina inoiz arrakastarik izan ez zuen asmatuntza bati heltzea bururatu zi-



Haizea dabilenean, tropel handiak sarkortasun handieneko profila hartu ohi du.

tzaion: gurpil lentikularrari alegia. Garai hartan erradiozko gurpilak baino pisu handiagoa izateagatik mespreziatua izan zen, baina gurpil lentikularra askoz errazago sartzen da airean bizikleta zuzen doanean, hau da, bihur-gunerik ez edo albotik haizeak jotzen ez duenean. Moserrena bezalako helburuetarako, ezin egokiago zirudien, eta hala gertatu ere. Izan ere, haize-tunelean frogatua dago 36 erradioko gurpil baten aldean lentikular batek minutu bat baino gehixeagoko aurrerapena dakarrela 40 km-tan 48 km/h-ko abiaduran. Gurpil-mota honen bigarren mailako abantaila pisua da; inertzia handia dela medio martxa mantentzea errazagoa bait da, azkar eta abiadura konstantean joanez gero jakina.

Azken-azken orduko berrikuntza orain bi urteko Tour de France-ko azken etapan ikusi

ahal izan genuen. Greg Lemond-ek U erako eskuleku osagarria muntatu zuen, ordurako ohizkoa zen sarde-itxurakoaren gainean. Dударik ez, irabazi bazuen bere sasoi eta ausardiagatik egingo zuen, baina makina bat aldiz komentatu izan da eskuleku berezi hark garaipenean zenbaterainoko eragina izan zuen. Polemika ere ez zen faltatu, osagarri hura gaur egun Nazioarteko Txirrindularitza-Elkartearen arauen arabera onargarri ote zen argudiatuz. U erako eskulekua ordea, ez zuen Lemond-ek estraineko erabili. Lehendik ere triathloneko probetan maiz ikusi ahal izan da antzeko eskulekua, U erako pieza osagarri bat izan beharrean, barra bakar batez egin. Kontua da haize-tunelean egindako zenbait saiakuntzak agerian jarri zuenez, sarkortasun-koefiziente handiagoa lortzen da gainazala zabalean txikiagotuz altueran baino. Horretarako, besoak aurrekaldera luzatzean zegoen gakoia. 40 km/h-ko abiaduran kilo-



metroko bi segundoko abantaila omen dakar horrelako eskuleku bat erabiltzeak. Beste batzuek 40 km-ko distantzia 90 segundo azkarrago egiten dela diote. Honez gain, badirudi txirrindulariak arnasa lasaigo hartu eta indar egiteko ere jarrera egokiagoa lortzen duela.

Koadroaren ebakidurak aldaketa izan du azken aldi honetan. Koadro estandarrek ebakidura biribila (zirkunferentziala) du, eta aspalditik gauza jakina da fluido batean barrena mugitzean turbulentsiak sortzen direla horrelako forma duen solidoaren atzekaldean. Frogatua dago, malko-erako ebakidura dela fluxu laminarra sortzeko onena. Ebakidura horri lamina aerodinamiko deritzo. Gaur egun ideia horretan oinarritutako koadroak eraikitzen hasi dira.

Aurreko berrikuntzei txirrindulariaren beraren jazkera aproposa ere erantsi behar zaie, jakina. Esan nahi baita, txirrindulariak berak daraman arropak ahalik eta gehien erraztu behar duela airean aisa sartzea. Horregatik erabiltzen ditu kasko bereziki diseinatuak (hauek ere lamina aerodinamikoaren eraikoak; atzekaldek luatuak alegia), zetazko elastikoak,...

Azaldutako elementu berri guzti hauek erabiltzera, aldeaz ez da makala. Erlojuaren kontrako 100 km-ko taldekako proban munduko txapeldun den Sobiet Batasuneko taldeak, abantaila 10 minutukoa zela estimatu zuen.

Aerodinamika hobetzeak ezer gutxi balio duenean

Txirrindulariak duen lan handienetako bat airearen erresistentzia gainditzea bada, horretan hobekuntzarik dakarren edozerk berehalako aplikazioa izan beharko lukeela pentsa liteke. Baina erlojuaren kontrako probak kenduta, bizikletaren itxurak nagusiki lehen-goan dirau. Zer dela eta?

Etaparra arruntean (linean korritutakoan), karreristak tropelean doaz, eta bistan da airearen erresistentzia ez dutela denek neurri berean jasango. Jakin ere ondotox daki inoiz bizikletaz koadrilan joan den edozeinek beste batzuk gure gurpilari lotuta doazen bitartean aurrean tiratzen joatea zein gogorra den. Txirrindulariak batabestearen atzetik doazela, frogatuta dago aurrenekoak bigarrenak baino 20 bihotz-

-pultsazio inguru gehiago mantendu behar dituela, 35 km/h-ko abiaduran korritzeko. Pultsazio-erritmo hau jaitsiz doa, ez hain neurri handian hala ere, bigarrenetik atzera. Seigarren edo zazpigarren posizioetan berriz, turbulentsia arazoak sortzen omen dira, eta airearekiko babesa zalantzarriago bihurtzen da. Tropel sendoaren barruan joatea, nolana ere, lasai samarra izan daiteke, aurrean doanaren energi erdia edo behar bait da. Eta "izan daiteke" esan dugu, zeren horko lanak, aldameneko lagunekin bakea izango badugu, oreka gorde eta zuzen joatea izango bait dira. Urte-tako esperientziak emandako abilezia da hori.

Inor tropeletik ateratzekotan, azelerazio handiaz irten beharko du, eta kontu ere izan inor atzetik itsats ez dakion; "gurpilari lotu"z gero, nekez utz bait dezakegu atzean. Azelezario handiko makina behar dugu beraz; ez oso pisua, eta maneiakortasun onekoa, esan bezala, inork gure atzeko posizio abantailatsua hartzea nahi ez ba-

Maldan gora bizikletaren ohizko diseinua egokiagoa izaten da.



Aldaketak aldaketa, ohizko bizikletaren itxurak lehengoan dirau.

dugu egin beharko ditugun norabide-aldaketak azkar eta seguruak izan daitezten.

Mendiko etapan, gauzak are gehiago aldatzen dira. Aldapa igotzean, gainditu beharreko indar nagusia ez da airearen erresistentzia; grabitazioa baizik. Energi kontsumo bera eginez abiadura baxuagoak lortzen dira. Konparazio batera, launean 25-30 km/h-ko abiadura mantentzeko behar den energiak % 7ko malda 10-12 km/h-ko abiadura igotzeko baino ez du balio. Airearen erresistentzia abiaduraren karratuarekiko aldatzen denez, martxa horretan mesprezagari gertatzen da grabitazio-indarraren aldean. Karrera askori adituko genien aldapan norberaren indarrak direla balio dutenak; inoren atzean joatea ez bait da launean adinako mesede. C_x optimoa izateak orduan ez du launean adinako garrantzirik izango, eta makinaren pisuan jarri beharko dugu arreta. Makina arin eta erantzun azkarrekoa behar dugu inoiz baino gehiago.

Kontutan hartu beharreko beste alderdi bat jarrerarena dugu; malda bat igo ahal izateko teknika desberdinak badaude ere, denetan eskulekuari posizio altu samarretik heltzea beharrezkoa bait da. Txirringuluriak normalean jarrera tenteagoa hartzen du, heltzeko puntu ohizkoenak eskulekuaren alde horizontala edo balazten aginte-burua direlarik. Nekez ikusiko dugu inor aldapa gogorra eskulekuari alde kurbatutik heltzen diola igotzen.

Horiek horrela, lehen azaldutako berrikuntzak lineako etapa laun zein menditsuetan zergatik ez diren erabiltzen bistan da. Gurpil lentikularrek, adibidez, bizikletaren azelerazio-ahalmena jaisten dute, pisu handiagoa dela eta. Gainera, haizeak albotik jotzen duenean gurpil-mota honek ikaragarri moteltzen du makina, eta hori ezezik, desorekatu ere egin dezake. Erlojuaren kontrako probetan ere gurpil lentikularra erabiltzea ez da besterik gabeko erabakia. Haize-arris-



kuari eta ibilbidearen ezaugarri (bihurgune asko, maldatxoak, luzera,...) ondo erreparatu behar zaie. Zer esanik ez lineako etapan, eguraldiak izan ditzakeen gorabeherak eta tropelean korritzeak dituen eskakizunak kontutan hartzen badiugu: inortxok ere ez du erabiltzen.

Bestetik, koadroaren eta eskulekuaren diseinu aerodinamikoak bizikletaren maneiakortasuna eta ibilaldian zeharreko une eta inguru desberdinetarako moldagarritasuna txikiagotzen dute. Profil baxuko bizikletak ez ditu ohizkoak bezain erraz hartzen bihurguneak, eta txirringuluriaren jarrera neurri handi batean finkatu egiten du, ohizko eskulekuak jarreraz aldatzeko erosotasuna eskaintzen duen bitartean. Azken orduko "irrintzia" den U erako eskuleku gehigarriak berriz, teknika eta ausardia handia eskatzen du bihurgunetan. Bizikletaren direkzioa oso sentikorra da, eta zuzen-zuzen joan ezean eze-gonkor samarra da, doitasun handiz gidatu behar delarik. Horren sei-

nale, erlojuaren kontrako probetan ere eskuleku zabal bati (ohizkoari zein ahuntz-adar formakoari) erantsita erabiltzea da, bihurgunetan hesiaren kontra joateko dagoen arriskua dela eta.

Hurrengo urteetan bizikletaren diseinuan ez da hobekuntza eta eraberritzerik faltako, baina nolana ere, koadro trapezoidal eta erradiozko gurpiletan oinarri duen diseinuak bolada baterako bizitza badu, eta ez motzerako seguraski.

Ez pentsa hala ere berrikuntzak aerodinamismoa hobetu asmoz bakarrik etorri direnik. Dagoeneko aipatua dugu aurreko lerroetan batzuetan bizikleta arina eta erantzun azkarrekoa behar dela. Beste batzuetan indargetze- edo amortiguazio-ahalmenez eta egonkortasunaz ere hitz egin behar genuke. Ezauzgarri hauek ere, erabilera desberdinek ezarritako eskakizunen arabera ahalik eta egokienak behar dira. Horiek azaltzeko, hurrengo batean koadroaren materialez eta geometriaz hitz egin beharko dugu.