

Tapadásrealizálás – azaz alapkérdések a futómű körül

3. rész – Az ördög a geometriában rejlik 2008. május 27. | Szerző: XJS

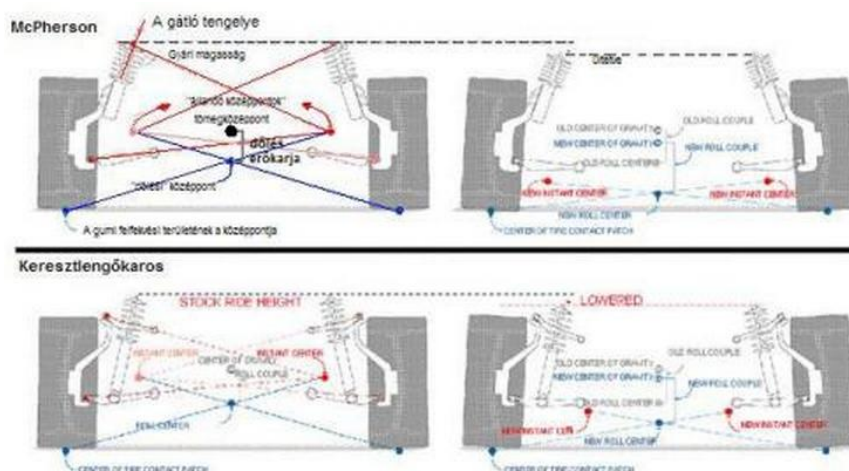
Ismétlés az előző részekből: Azért szántam rá magam, hogy fordítok egy-két futóműves szösszenetet, mert amíg a magyarországi motortuningot a mágusok, varázslók és valódi, ámbár fellelhetetlen mesterek fémjelzik, addig a futómű témájában még az alapfogalmak körül is nagy a csend, sőt fellelhető információ vagy valaki, aki ismer olyat, aki hallott már olyanról aki ért hozzá, szinte nem is létezik. Az alábbiak főleg megjelent írások ferdítései*, illetve neten talált ábrák és saját mórickerajzokból összeállított illusztrációk tematikus halmaza.

* ”Ferdítés”, mert az alapját valóban a cikk adta, de hozzátettem-elvettem, mert a forrás túl ”amerikai” nézőpontból íródott. Talán így kicsit ”lokalizáltabb”. Külön köszönet TéZé-nek, aki kigyomláta a szavakkal való garázdálkodásom vadhajtásait. A sorozat első két részében alapszintű futóműtuning kérdésekkel foglalkoztunk. Most itt az idő, hogy beleássuk magunkat a geometria mély bugyrába. Sose felejtjük el, hogy az autópárhán és versenysportban sok jól képzett mérnök dolgozik, akiknek a megélhetése függ az alapbeállítások a meghatározásától. De miután egyre több népszerű típushoz lehet futóműtuning alkatrészeket kapni, érdemes legalább felületesen ismerni, melyik milyen beállításra lehet hatással.

Dőlési középpont (roll center)

A dőlés (csavarodás, borulás) középpontja egy elképzelt pont a térben, ami körül az autó dől, ha kanyarodunk. Ennek a pontnak a helyzete igen fontos, mert ez határozza meg, hogyan is fog az autó viselkedni és milyen egyéb szempontokat kell figyelembe vennünk, ha a futóműhöz nyúlunk.

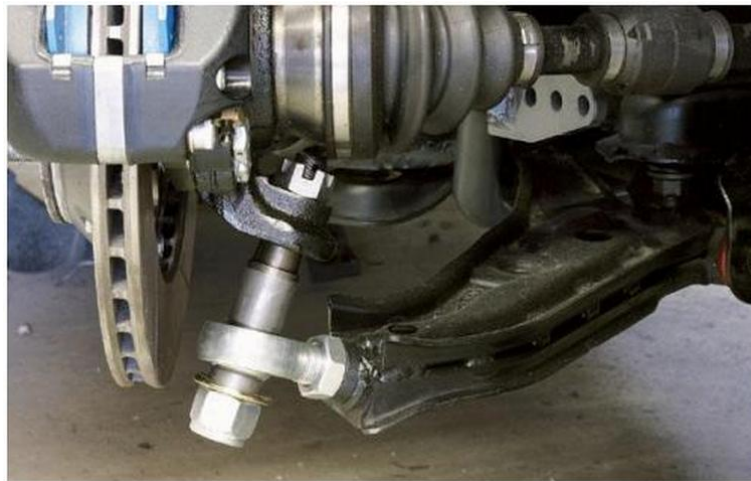
Ahhoz, hogy megtaláljuk ezt a pontot, először az első és a hátsó futómű úgynevezett „állandó” pontjait (instant center) kell meghatároznunk. Utóbbiak azok a pontok, amik körül a futómű forog a térben. A meghatározás viszonylag egyszerű, ha van alkalmunk lemérni egy pár méretet, és készíteni belőle egy méretarányos rajzot. Meg kell mérni a bekötési pontok talajtól mért magasságát, és a lengőkarok pontos méreteit és szögét. Ha többlengőkaros a futóművünk, akkor húzzunk egy vonalat a külső és belső bekötési pontokon keresztül mindkét oldali lengőkaron át, valamint az alsó és a felső lengőkaron is. Így a jobboldali állandó pontunk valahova a baloldali kerék mellé esik. Végezzük ezt el a másik oldalon is. Az így kapott két metszéspontot kössük össze az ellenoldali gumi felfekvési területének a középpontjával. Ahol ez az utóbbi metszéspont lesz, ott van a dőlési középpontunk. MacPherson rendszernél a gátló hossztengetyére vegyünk egy merőleget, hogy megkapjuk a felső, nem létező lengőkar tengelyét. A dőlési középpont az autó viselkedésének sok kritikus elemére van hatással. A legfontosabbak: a kormányzás visszajelzései, a kasztni dölése, egyensúlya, és az oly sokszor emlegetett tapadás.



Ültetés előtt – ültetés után

Nagyon pepecs meló lenne pixelenként kijavítani és lefordítani ezt a négyes osztású rajzot, ezért csak az első negyedét javígtattam át. Az ábrán – remélem – jól látható, hogy milyen hatással lehet egy elhibázott ültetés. A dőlési középpont és a tömegközéppont távolsága egy erőként működik. Ez az erőkar (roll couple), ha az ültetés rosszul kivitelezett, annyira megnőhet, hogy tökéletesen ellentétes hatást vált ki, mint az ültetésből következne. Azaz a tömegközéppont valóban lejjebb kerül, de a megváltozott lengőkar állásszögek miatt a dőlési középpont arányaiban sokkal lejjebb kerül, a két pont távolsága akár többszöröse is lehet a gyárinak. Ezzel gyakorlatilag megszűnt a kanyar közbeni stabilitás, nő a dőlési hajlam, drasztikusan romlik a súlypontáthelyezés kezelése.

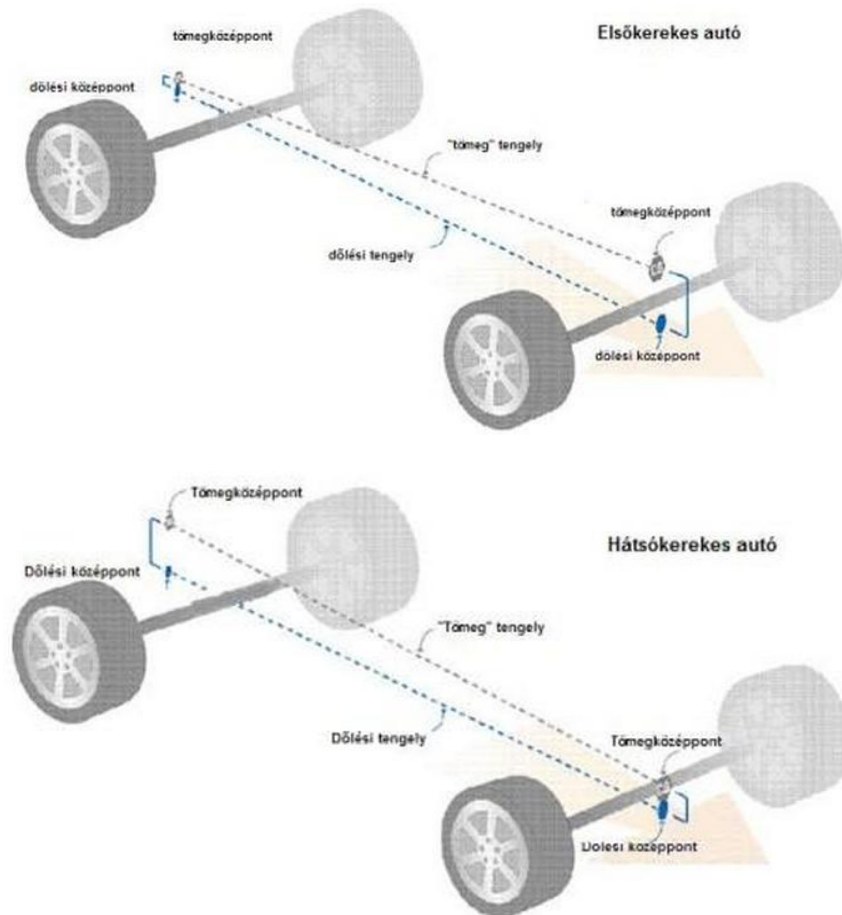
A tömegközéppontot az autó mindkét végén meghatározhatjuk, ha megemeljük adott magasságra úgy, hogy a másik két kereke egy mérlegen van. Az adatokat egy képletbe helyettesítve megkapjuk a tömegközéppont magasságát. Miután legtöbbünknek nem áll rendelkezésére tökéletesen vízszintes terület és a négy kerék alá helyezhető mérleg(ek), ezért általában jó közelítés, ha egy orrmotoros autó első tömegközéppontját a főtengely magasságára saccoljuk. Hátul ez általában a csomagtér padlója. A dőlési középpont (roll center) és a tömegközéppont (center of gravity, CG) távolsága a dőlési erőkar (roll couple). Minél nagyobb a dőlési erőkar, annál nagyobb súly helyeződik át kanyarban a külső íven lévő kerékre, annál jobban dől az autó. A hosszú erőkar lassítja a kormányzást, és csökkenti az ívbelső kerekek hatékonyságát, egyszóval csökkenti a tapadást. Sokszor figyelmen kívül hagyott hátránya a „túlültetésnek”, hogy a megnövelt dőlési erőkar kioltja az ültetés összes előnyét. Ezért a túl nagy erőkar okozta viselkedési problémákat túlkeményített rugózással próbálják kontrollálni, de ez rossz megoldás. Amikor a rugózás túl kemény, nem fogja megfelelően elnyelni a felület hibáit, nehezebb a gumikat az úton tartani. Nem tapadó gumikkal meg elég nehéz gyorsan menni.



Ez egy Nissan Sentra (Sunny kupé) versenyautó első futóműve. Látható, hogy a lengőkar alsó bekötési pontját, a gömbfejet lejjebb helyezték (és szférikus csapágyra – G szem, GL szem, rose joint, pillow ball, ahogy tetszik – cserélték), hogy korrigálja a lengőkar szögét. AE86-nál erre való a roll center adapter, RCA:



A legtöbb autón a dőlési középpont ideális magassága az első futóműnél 5-12 cm a talaj felett, míg a hátsónál 10-25 cm. Azzal, hogy a hátsó magasabban van, a súlypont előbbre tolódik, ezzel tervezetten alulkormányzottságot kódolnak a rendszerbe. A legtöbb versenyautónak épített jármű használja ezt a trükköt a nagysebességnél fellépő alul-, és a kisebb sebességeknél jelentkező túlkormányzottság miatt. (Természetesen ezt az egyéb futómű komponensek pontos beállításával finomhangolni kell!) A tömeg és dőlési középpontok helyzetéből következtetni lehet az autó neutrális (vagy kevésbé neutrális) viselkedésére. Ha összekötjük az első-hátsó dőlési és középpontokat, egy tengelyt kapunk, ami körül az autó dől kanyarodáskor, ez a dőlési tengely. A "tömeg" tengely az a vonal, ami az autó első és hátsó tömegközéppontját köti össze. Ha a dőlési és tömeg tengelyeket felrajzoljuk egymás mellé (lásd ábra lejjebb), a távolságuk és a bezárt szögük az a két hasznos információ, ami segíthet meghatározni az autó viselkedési tulajdonságait. Ha a távolságuk nagyobb az autó elején, és tömegtengely az autó hátulja felé lejt, akkor az autó nagy valószínűséggel alulkormányzott. Ez az az első kerekre ható nagyobb súlyáthelyeződésnek köszönhető. Az orrmotoros, elsőkeres autók alapvetően ilyenek. Értelemszerűen, ha a hátsó tengelynél nagyobb a távolság a két tengely között és a tömegtengely az autó orra felé lejt, az autó hajlamosabb a túlkormányzottságra.

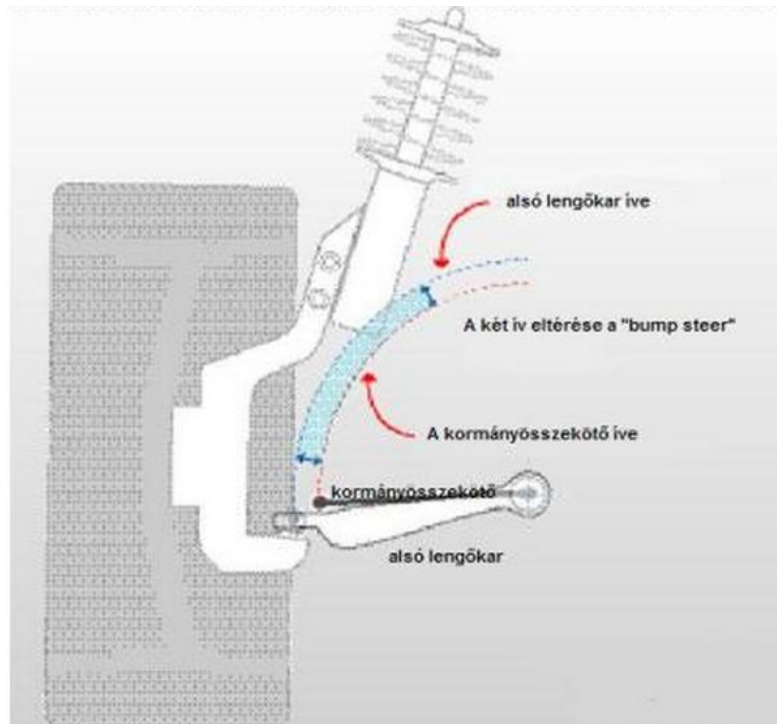


Orrmotoros, hátsókerekes autónál a tömegtengely lejt az első kerék felé, elsőkeres autónál inkább meredekebben emelkedik. Közép vagy farmotoros autók tömegtengelye inkább előre lefelé lejt, de kisebb meredekséggel, mint egy orrmotoros-hátsós autónál. A dőlési tengely egy jól tervezett autón előre lejt, ezért könnyű belátni, miért tolja az orrát kanyarban egy orrmotoros elsőkeres, és miért túlkormányzott egy far(közép)motoros hátsókerekes.

A dőlési középpont állíthatóvá tehető egy csomó sportcélokra (is) használt típuson, megfelelő gyártótól származó, netán otthon kendácsolt állítható lengőkarokkal. Emlékezzünk, ha állítani tudjuk a dőlési középpontot, csökkenteni tudjuk az erőkart, és süllyeszteni a tömegközéppontot. Ez a hatékony módja egy autó dinamikus egyensúlyának a finomhangolásához.

De még fontosabb, hogy emlékezzünk, a túlzott ültetés több problémát okozhat, mint amennyi előnye lesz.

“Bump Steer” azaz a futómű és kormány alkatrészek egymáshoz képest mért elmozdulásának hatása

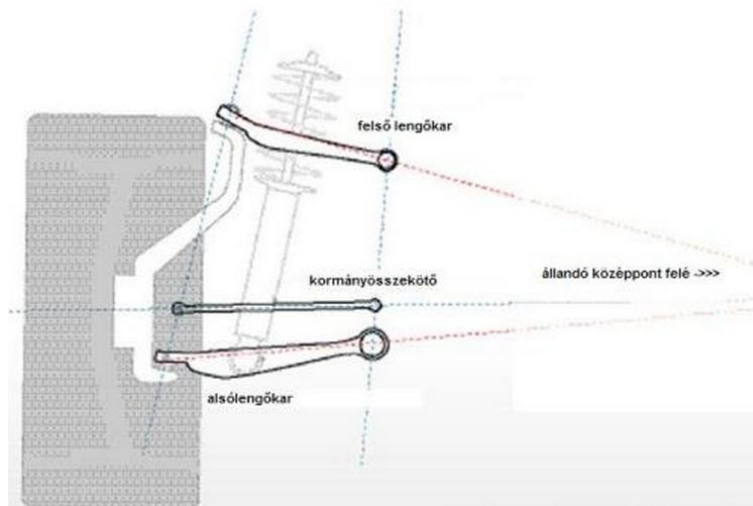


Orrmotoros, hátsókerekes autónál a tömegtengely lejt az első kerék felé, elsőkerekes autónál inkább meredekebben emelkedik. Közép vagy farmotoros autók tömegtengelye inkább előre lefelé lejt, de kisebb meredekséggel, mint egy orrmotoros-hátsós autónál. A dőlési tengely egy jól tervezett autón előre lejt, ezért könnyű belátni, miért tolja az orrát kanyarban egy orrmotoros elsőkerekes, és miért túlkormányzott egy far(közép)motoros hátsókerekes.

A dőlési középpont állíthatóvá tehető egy csomó sportcélokra (is) használt típuson, megfelelő gyártótól származó, netán otthon kendácsolt állítható lengőkarokkal. Emlékezzünk, ha állítani tudjuk a dőlési középpontot, csökkenteni tudjuk az erőkart, és süllyeszteni a tömegközéppontot. Ez a hatékony módja egy autó dinamikus egyensúlyának a finomhangolásához.

De még fontosabb, hogy emlékezzünk, a túlzott ültetés több problémát okozhat, mint amennyi előnye lesz. “Bump Steer” azaz a futómű és kormány alkatrészek egymáshoz képest mért elmozdulásának hatása

Érintőlegesen már beszéltünk erről az első részben. A kormányzás pontossága és a stabilitás – mindkettőt befolyásolja ez a paraméter – a következő áldozatai a túlzott ültetésnek. A „bump steer” az az a kormányvisszajelzés (vagy annak hiánya), amit berugózáskor a különböző íveken mozgó lengőkarok és kormányösszekötők próbálnak felénk közvetíteni. Ha az ültetés vagy a rosszul megválasztott gátló-rugó kombináció miatt a kerék elpattog, extrém esetben olyan mértékben válthat irányt az elpattanás közben, hogy az autó haladási vektora köszönőviszonyban sem lesz a kormányszöggel. Más szavakkal: az autó a helytelen geometria miatt, dinamikusan változtatja az össze- ill. széttartás mértékét. Elméletben lehet tervezni olyan futóművet, ami teljesen mentes ettől a nem kívánt jelenségtől.



Például többlengőkaros futómű esetén ideális lehetne minden, ha a kormányösszekötő vonala a felső és alsó lengőkarok bekötési pontjain keresztül húzott egyenes közé esne, és mindhárom vonal az állandó középpontban metszené egymást. MacPherson rendszernél pedig a kormányösszekötő belső végének fednie kellene az alsó lengőkar belső bekötési pontját, és teljesen párhuzamosan kellene állniuk (lásd a képeket feljebb). Miután a legtöbb utcai autó kormánymű felfogatása egy tervezési kompromisszum eredménye, ezért ezek a feltételek nehezen teljesülnek. Ültessük le az autót, és a helyzet csak romlik. Mit is tudunk ezzel kezdeni? Sok autóhoz lehet kapni olyan alkatrészt, amivel a külső kormányösszekötő bekötési pontját változtatni tudjuk, általában G-szemes megoldással. Alátétekkel tovább hangolható a dolog, de nem véletlen nem kapni „bump steer eliminator” kitéket, csak „bump steer reduction” kitéket. Tehát teljesen nagy valószínűséggel nem fogjuk tudni kiiktatni a rendszerből. Akkor se keseredjünk el, ha nem jutunk hozzá készen ilyen alkatrészhez, viszonylag könnyű átalakítani a gyárit.

Túlzott ültetés: ne csináljátok, hülyeség!

Gyakorlatilag mindenki csinálja. Az ültetés az autó viselkedésének a megváltoztatásához a mindent vivő eszköz. De a kulcs, mint mindenben, itt is az „éppen elég” hozzáállásban van. Csak annyit szabad ültetni, amivel még előnyre változik a konfiguráció, anélkül, hogy szenvednénk a hátrányaitól. Sajnos a piac (a tuningkiegészítők piaca) szinte semmit nem segít abban, hogy megtaláljuk a helyes arányokat. Majdnem minden cég, amelyik futómű alkatrészeket kínál – még az igazán megbízhatóak is –, kínál olyan ültetőrugókat, amik egyrészt túl alacsonyak, másrészt túl puhák. Miért csinálják ezt velünk? Nem elég kompetensek a mérnökeik? Összeesküdtek ellenünk, hogy mindenki szívjon a saját vasával? Akit hibáztatnunk kell, azok mi magunk vagyunk, a vásárlók. Az építők nagy többsége alacsony autót szeretne, hogy eltűnjön az az utálatos rés a keréktárcsák és a kerékjáratok között. Viszont a nagy többség azt sem szeretné, ha a rugózási komfort jelentősen romlana. Szégyen vagy sem, a legtöbb esetben nem vezetünk elég keményen vagy elég jól ahhoz, hogy kiderüljön, a túlzott ültetéssel az autó épphogy rosszabbul viselkedik, mint előtte. (Az eredeti cikk a Nissan Sunny kétajtós kupé kiadásának az amcsi verzióját, a Sentra SE-R-t hozza itt példának. Miután ez mifelénk kevésbé ismert – életemben egyszer láttam egyet egy lakótelepi parkolóban – ezért inkább felidézem régebbi nyílt napos emlékeim, amikor is a Mansell-kanyarban fejre álló, agyonültetett Opel Calibrák miatt volt állandó késésben a nyílt nap szervezője...) Szóval, az első probléma a legtöbb autó ültetésével, hogy már gyárilag is kicsi, 5-6 centi a munkaútja az első gátlóknak. Ha ebből ültetünk mondjuk az általános 25-40mm-t, marad 1-2 centi rugóút, mielőtt felütne a futómű. A tipikus ültetőrugó kb. 20 %-kal keményebb, mint a gyári (a kényelem, ugye), ami közel sem elég ahhoz, hogy a felütéseket kiküszöböljünk. Az eredmény: mégis borzasztó menetkomfort, és kezelhetetlen futómű. Ahogy a gátló felütkezik, a rugó összeül. Ilyenkor nemhogy progresszíven, hanem kontrollálatlanul felkeményedik, ami kezeletlenül hagyja a legfontosabbakat egyikét: a súly áthelyeződését. Ettől egyrészt döbbenetesen orrtolós lesz a kocsi, másrészt hihetetlenül borulékony például egy olyan sodrás jobbosban, balosban, mint a Mansell. De, hogy a probléma összetettségét még jobban megvilágítsuk: az ültetéstől az alsó lengőkarok szinte felfelé állnak. Amikor az autó elkezd a kanyarívet, a külső kerék szépen elkezd pozitív dőlést összeszedni. Aki olvasta a sorozat eddigi írásait, tudhatja, hogy nem ez a leghatékonyabb módja a kanyarvételnek... Bármennyire is hihetetlen, ez még mindig lehet rosszabb. A külső kormányösszekötők is szinte felfelé állnak, amiktől az állandó középpont villámgyorsan süllyed, és hatalmas dölési erőket generál. Ez még tovább csavarja a kassznit a külső kerekekre terhelve, gyakorlatilag a kritikus határon és üveghegyen is túl, teljesen instabillá téve ezzel az autót. És akkor jön a rázókö, amin ugye lesz egy kis „bump steer” és kész. Verda a kavicságyban, fejtetőn. „Ha nincs ott az a rohadt rázókö, biztos megfogom, mert...” Ha nem kellett volna az előttem bóklászó miatt féktávon korrigálnom, akkor simán...” Ismerős? Az amerikai példában a Nissan az, amin remekül megfigyelhető a túlzott ültetés káros hatása, nálunk talán a Calibra ilyen jellegzetes típus. Szerencsére az utóbbi időben kezdenek ezek az autók is olyan gazdákra találni, akik javítják a korábbi tulajok hibáit. Persze, a probléma nem korlátozódik csak az Opel kupéja

köré. A legtöbb, nem kifejezetten sportcélokra tervezett autó futóműve igen kényes az ültetésre, úgyhogy rajtunk a sor, hogy mértéket tartsunk!

De mit tudunk tenni a mérték tartásának az érdekében? Először is, bizonyosodjunk meg róla, hogy az autó nem a gátló ütközőin fordul egy keményebben vett kanyarban. Ha megfeszítünk egy gyorskötözőt a gátlószáron, és az nem csúszik fel az ütközőig egy húzóssabb kanyar után, akkor van remény. Ha mindenképp alacsony autót akarsz, akkor készüljön versenyautós stílusban: szerezz rövidebb löketű gátlókat vagy komplett gólyalábakat, amiket a típushoz terveztek, párosítsd őket megfelelően erős, kemény rugókkal, és tegyél a kényelemre magasról. Az állítható magasságú megoldásoknál ne felejtse, hogy a rugók előfeszítése is fontos ám. A legtöbb kedvelt tuningalaphoz lehet kapni megbízható gyártótól származó komplett sportfutóművet, állítható lengőkarokat, amivel mind az alacsony magasság, mind a korrekt lengőkar – és kormányösszekötő – szög beállítható. Ha olyan típussal foglalkozol, amihez nincs készlet, érdemes a versenysportból ismert nagynevű gyártók rugói közül válogatni (Eibach az európai, Tein a japán vasakhoz például) akiknek gyakorlatilag bármilyen belső átmérőjű és hosszúságú, különböző erősségű rugóból álló kínálata van. Lehet kapni nem típusspecifikus, hanem a gyári gátlók, gólyalábak átalakításához szükséges menetes szárazakat megfelelő rugótányérokka, például az amerikai Ground Control kínálatából. Ha ez se megy, és nem tudsz önmérsékletet tanúsítani az ültetésben, legalább használj megfelelő ütközőket a gátlók tetején. A Koni kiváló uretán cuccokat is gyárt, amikkel nem túl hirtelen keményedik fel a rugó, ha teljesen összeült már a gátló. Különösen legyél óvatos MacPherson rendszerű futóművel, általában nagyon kicsi az a tűréshatár, amit el kell találni az ültetéssel.