



Medical Structure of Kidneys

Emin Taner ELMAS*¹, İsmail Kunduracioğlu²

¹Assistant Professor Dr., Vocational School of Higher Education for Technical Sciences, Division of Motor Vehicles and Transportation Technologies, Department of Automotive Technology, Iğdır University, Turkey & Graduate School of Natural and Applied Sciences - Major Science Department of Bioengineering and Bio-Sciences, Iğdır University, Turkey.

²Lecturer, Iğdır University & Ph.D. Student Graduate School of Natural and Applied Sciences - Major Science Department of Mechatronics Engineering, Iğdır University, Turkey.

*Corresponding author: Elmas ET, Major Science Department of Bioengineering and Bio-Sciences, Iğdır University, Turkey.

Citation: Elmas ET, Kunduracioğlu I (2025) Medical Structure of Kidneys. Open Access Journal of Medicine and Healthcare, Research Article 1(1): 01-11.

Abstract

This article gives general information about the “Medical Structure of Kidneys”.

The study has been realized within the scope of a Ph.D. lesson which is lectured by Asst. Prof. Dr. Emin Taner ELMAS. The name of this Ph.D. lesson is “Medical Engineering and Advanced Biomechanics” and taught at the Major Science Department of Bioengineering and Bio-Sciences at Iğdır University, Turkey. İsmail KUNDURACIOĞLU is a Ph.D. student and he is one of the students taking this course. This article has been prepared within the scope of this Ph.D. lecture, as a part of one of his (İsmail KUNDURACIOĞLU) homework assignment tasks which was prepared using the summary translation of Reference [1]: Book Chapter 10 [1-54].

Keywords: Kidney, Kidneys, Medical Structure of Kidneys, Thermodynamics, Energy Transfer, Fluid Mechanics, Heat Transfer, Mathematics, Medical Technique, Medical Engineering, Medicine, Biomechanics, Biomechanical Analysis, Bioengineering, Health Science

Introduction

1. Böbrekler:

Böbrekler, insan vücudunun en kritik organlarından biri olup, kanın sürekli olarak filtrelenmesini sağlayarak metabolik atıkların atılmasını, su ve elektrolit dengesinin korunmasını mümkün kılar. Yaygın bir yanlış anlama, tükettiğimiz tüm sıvıların doğrudan böbreklere giderek mesanede idrar olarak toplandığı yönündedir. Ancak bu süreç, sanıldığından çok daha karmaşık bir yapıya sahiptir. İçtiğimiz sıvılar, sindirim sisteminden geçerek mide ve bağırsaklara ulaşır. Burada, bir kısmı bağırsak duvarından emilerek kan dolaşımına karışır ve karaciğer tarafından işlenirken, geri kalanı dışkıyla atılmak üzere bağırsak yoluyla ilerler. Kan dolaşımına giren sıvılar, böbrekler tarafından süzülerek plazmadaki fazla su ve atık maddeler idrar yoluyla vücuttan uzaklaştırılır. Ancak vücudun atık yönetimi yalnızca böbreklerle sınırlı değildir; akciğerler karbondioksiti ve su buharını dışarı atarken, bağırsak ve kolon sistemi de sindirim atıklarını uzaklaştırır. Bu nedenle, böbrekler vücudun üç ana atık giderme sisteminden biri olarak çok yönlü bir işlev üstlenir [1].

Bu makalede, böbreklerin anatomik yapısı ve fizyolojik işlevleri detaylandırılarak, kanın filtrelenmesi, su-elektrolit dengesinin korunması ve metabolitlerin uzaklaştırılması gibi temel mekanizmalar ele alınacaktır. Ayrıca, böbreklerin endokrin sistemle olan ilişkisi incelenerek, eritropoietin, renin ve D vitamini gibi hormonların üretimindeki rolleri açıklanacaktır. Böbreklerin sağlıklı çalışması için gerekli olan faktörler, böbrek hastalıkları ve diyaliz gibi tedavi yöntemleri de ele alınarak, renal temizleme sürecinin vücut için ne denli hayati olduğu vurgulanacaktır. Böbrek fonksiyonlarının bozulması durumunda ortaya çıkan klinik tablolar ve modern tıbbın sunduğu çözümler değerlendirilecek, böbrek sağlığını korumak için bireylerin alabileceği önlemler üzerinde durulacaktır [1-54].

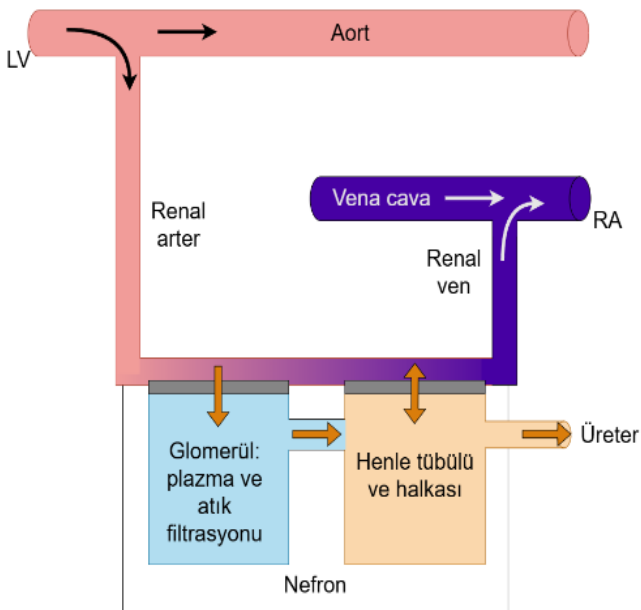
Method, Findings and Discussion

2. Böbreklerin Genel Özellikleri:

Böbrekler, omurga sütununun her iki yanında, diyaframın hemen altında yer alan hayati organlardır. Sol böbrek, 11. torasik omur ile 2. lomber omur arasında konumlanırken, sağ böbrek bir omur daha aşağıda bulunarak hafif bir asimetri gösterir. Fasulye şeklindeki bu organlar, yaklaşık 80–160 gram ağırlığında olup,

sol böbrek genellikle sağ böbrekten biraz daha büyük ve ağırdır. Böbreklere giden kan akışı oldukça yoğundur; dakikada yaklaşık 1 litre kan böbreklerden geçerken, bu miktar kalp debisinin %20'sine karşılık gelir. Ancak kanın tamamı değil, yalnızca plazma kısmı süzülerek işlenir ve böbreklerden geçen plazma akış hızı (RPF) 0.6 l/dk olarak hesaplanır. Plazmanın yaklaşık %20'si, yani 120 ml/dk süzülerek glomerül filtrasyon hızı (GFR) olarak adlandırılan bir sürece girer. Günlük olarak üretilen birincil idrar miktarı 170–180 litreye ulaşırken, bunun büyük bir kısmı geri emilir ve yalnızca 1–2 litre idrar üreter aracılığıyla mesaneye iletilir [1].

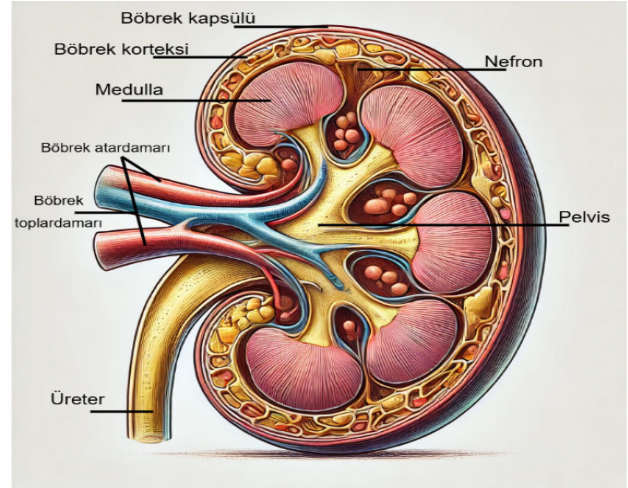
Böbreklerin işlevselliği, sahip oldukları yaklaşık bir milyon nefron sayesinde sağlanır. Her nefron, iki ana bileşenden oluşur: glomerüller, kanın süzülmesinden sorumlu iken; tübüller ve Henle kulpu, geri emilim ve salgılama işlevlerini yürütür. Kan, renal arter yoluyla böbreklere ulaşır nefronlarda işlenir ve gerekli bileşenler geri emildikten sonra temizlenmiş plazma renal ven aracılığıyla sistemik dolaşıma geri döner. Bu işlem, vücut sıvı dengesinin korunması, atık maddelerin uzaklaştırılması ve homeostazın sağlanması açısından kritik öneme sahiptir. Böbreklerin olağanüstü bir yedekleme kapasitesi vardır; nefronların %50'si kaybedilse bile böbrekler temel işlevlerini yerine getirmeye devam edebilir. Bu süreç, bir evi temizlemeye benzetilebilir: önce tüm maddeler süzülerek dışarı atılır, ardından gerekli olanlar geri emilir ve geri kalanlar atık olarak uzaklaştırılır. Böbreklerin kanı filtreleme, su ve elektrolit dengesini sağlama gibi çok yönlü işlevleri, onların sadece bir boşaltım organı değil, aynı zamanda vücudun iç dengesini koruyan bir düzenleyici mekanizma olduğunu ortaya koymaktadır. Şekil 1'de filtrasyon sürecinin karmaşık yapısı sunulmaktadır.[1]



Şekil 1: Böbreğin işlevsel anlamda genel yapısı. LV = sol ventrikülden gelen kan akışı; RA = sağ atriyuma giden kan akışı. [1].

3. Böbreklerin Yapısı:

Böbrekte ana bileşenler şunlardır: kanın renal arter yoluyla böbreklere giriş yapması, renal korteks ve medullada bulunan kılcal damarlar yoluyla filtrasyon ve geri emilim için dağıtılması ve nihayetinde süzölmüş plazmanın bir yandan renal ven yoluyla, diğer yandan renal papilla aracılığıyla idrar olarak üreterden böbrek pelvisine çıkarılması. İnsan böbreğinde her iki tarafta yedi adet bu yapı bulunur. Şekil 2, böbreğin enine kesitini göstermektedir. Bu görüntü, bu organın ne kadar karmaşık olduğunu anlamak için ilk izlenimi sunar [1].



Şekil 2: Böbreğin enine kesiti.[1]

Böbrekler, fasulye şeklinde çift organlar olup, vücudun sıvı ve elektrolit dengesini sağlamak, atık maddeleri uzaklaştırmak ve kan basıncını düzenlemek gibi hayati işlevleri yerine getirir. Her iki böbrek, omurganın her iki yanında, diyaframın hemen altında yer alır. Yetişkin bir bireyde böbrekler yaklaşık 10-12 cm uzunluğunda, 5-7 cm genişliğinde ve 80-160 gram ağırlığında olup, kalp debisinin yaklaşık %20'sini alarak yoğun bir kan akışına sahiptir.

Böbreğin temel yapısı üç ana bölümden oluşur: dış kısmı saran böbrek korteksi, iç kısımda bulunan böbrek medullası ve ortada idrarın toplandığı böbrek pelvisi. Böbreğin en küçük işlevsel birimi nefronlar olup, her böbrekte yaklaşık bir milyon nefron bulunur. Nefronlar, kanın süzülmesini sağlayan glomerüller ve geri emilim ile salgılama işlemlerinin gerçekleştiği böbrek tübüllerinden oluşur. Kan, böbreklere renal arter aracılığıyla ulaşır, nefronlarda filtrelenerek temizlenmiş plazma renal ven yoluyla dolaşıma geri döner. Glomerüler filtrasyonla üretilen birincil idrarın büyük bir kısmı geri emilirken, atık maddeler ve fazla su üreter yoluyla mesaneye iletilerek vücuttan uzaklaştırılır. Bu yapı, böbreklerin sadece bir boşaltım organı olmanın ötesinde, vücudun homeostatik dengesini koruyan kritik bir sistem olduğunu göstermektedir.

4. Filtrasyon:

Böbreklerde filtrasyon, glomerül kapsülünde (Bowman kapsülü)

gerçekleşen ve atık maddelerin vücuttan atılmasında temel rol oynayan bir süreçtir. Glomerül, yoğun bir arteriyol ağıyla çevrili küçük, küre şeklinde bir yapıdır. Arteriyoller, plazmanın proksimal tübüle geçmesi için iç ve dış kısımlarında gözenekler barındırır. Etkili bir filtrasyon için, renal aferent arteriyol ile proksimal tübül arasında bir basınç farkı gereklidir. Eğer etkili filtrasyon basıncı (p_{eff}) sağlanırsa, plazma kanın içinden dar delikler yoluyla dışarı basılır.

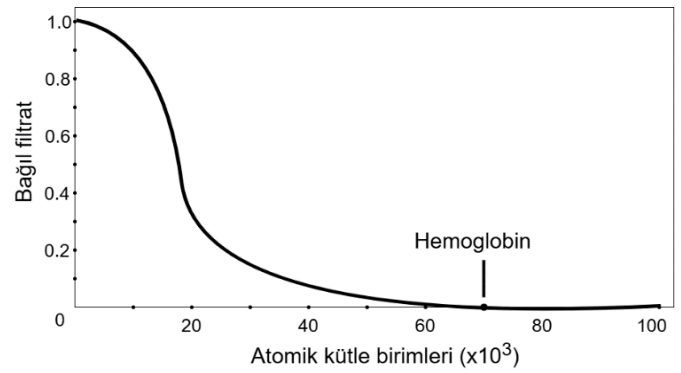
Filtrasyon, üç katmanlı bir süzgeç sistemiyle gerçekleştirilir:

Birinci katman: Glomerülün endotel fenestrasyonları bulunur. Bu açıklıklar, eritrositlerin geçişini engeller ancak plazmanın diğer bileşenlerinin geçişine izin verir.

İkinci katman: Glomerüler bazal membran (GBM), daha büyük proteinlerin süzülmesini engeller.

Üçüncü katman: Podosit pedikelleri, orta boy proteinlerin geçişini engelleyen bir membran filtresi oluşturur.

Bu üç filtre, parçacıkların boyutuna göre ayırma yapar; işlev veya yük dikkate alınmaz. Örneğin, 20.000 amu'nun üzerindeki maddeler süzülmezken, eritrositler ve hemoglobin geçemez. Bunun yerine, daha küçük proteinler geçebilir. Atom ağırlığına bağlı, bağıl filtrat Şekil 3'te sunulmuştur [1].



Şekil 3: Atom ağırlığına bağlı olarak bağıl filtrat [1].

Nanotıp uygulamalarında nanopartiküllerin (NP) renal klerensi, boyut açısından önemli bir bilgi kaynağıdır. Araştırmalar, hidrasyon çapı (HD) 5 nm veya daha küçük olan NP'lerin süzüldüğünü, ancak HD > 8 nm olan NP'lerin glomerüler filtrasyona dirençli olduğunu göstermektedir. Orta boyutlu NP'lerde parçacık şekli filtrasyonu etkiler. Glomerüler filtrat (birincil idrar olarak da adlandırılır) esas olarak su, glikoz, tuzlar ve üre ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) içerir. Günlük yaklaşık 180 litre glomerüler filtrat üretilirken, bunun yalnızca 1-2 litresi idrar olarak atılır. Geriye kalan %99'u ise geri emilir. Filtratın plazma ile ilişkili bileşenleri Tablo 1'de sunulmuştur.

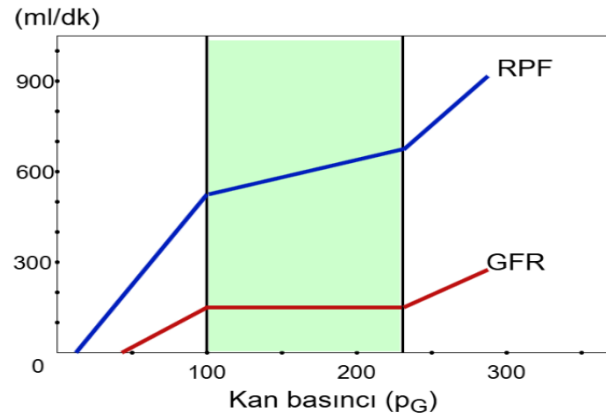
Tablo 1: Plazmadaki Bileşenler, Moleküler Ağırlık, Konsantrasyon ve Filtrelenebilirlik Sırasına Göre [1].

Bileşen	Moleküler Ağırlık [amu]	Plazmadaki Konsantrasyon [mmol/l]	Filtrelenebilirlik
Su	18	55,555	1
Sodyum	23	135	1
Üre	60	3-7	1
Glikoz	180	4-5	1
İnulin	5,200		1
Miyogloblin	17,000		0.75
Hemoglobin	68,000		0.005

Etkili filtrasyon basıncı (p_{eff}), glomerüler kılcal damarlardaki kan basıncı (p_G) eksi Bowman kapsülündeki hidrostatik basınç (p_H) ve plazmadaki kolloidlerin ozmotik basıncıdır (Π_{Os}):

$$p_{eff} = p_G - p_H - \Pi_{Os}$$

Tipik değerler için $p_G \approx 100$ hPa, $p_H \approx 20$ hPa ve $\Pi_{Os} \approx 40$ hPa alındığında, etkili filtrasyon basıncı yaklaşık 40 hPa'dır. Eğer p_{eff} sıfıra düşerse, aktif filtrasyon durur ve yalnızca difüzyon devam eder, ancak bu süreç oldukça yavaş kalır.



Şekil 4: Böbrek plazma akışı (RPF) ve glomerüler filtrasyon hızı (GFR), glomerulustaki kan basıncı p_G 'nin bir fonksiyonu

olarak. Yeşil alanda otoregülasyon meydana gelir [1].

Otoregülasyon, p_G 'nin orta seviyelerdeki değişimlerine göre kan akışını düzenler. 100-230 hPa arasındaki düzeyde, RPF (yaklaşık 600 ml/dak) ve GFR (yaklaşık 120 ml/dak) sabit kalır. Bu durum, böbreklerdeki otokontrol mekanizmasının etkisini gösterir (Şekil 4). Bu görece sabitlik, otokontrol olarak adlandırılır. Otokontrol, negatif geri besleme sistemi ile arteriyel damar gerilimini değiştirerek çalışır. Artan kan basıncı damar yarıçapını ve akış hızını düşürürken, azalan basınçta bunun tersi gerçekleşir. Bu mekanizma, böbreklerin hidrostatik nötr seviyede yer almasını sağlar ve duruş pozisyonu değişikliklerinden etkilenmez [1].

5. Geri Emilim (Reabsorpsiyon):

Geri emilim (veya reabsorpsiyon), böbreklerde filtrasyon sonrası oluşan birincil idrarın büyük bir kısmının vücuda geri kazandırıldığı süreçtir. Bu, böbreklerin en önemli işlevlerinden biri olup, vücutun su, elektrolit ve diğer maddelerin dengesini sağlamak için kritik rol oynar. Filtrasyon işlemi ile yaklaşık 180 litre birincil idrar üretildikten sonra, bu sıvının büyük bir kısmı geri emilir ve yalnızca 1-2 litre idrar olarak atılır. Geri emilim, böbreklerin tübül sistemi içinde gerçekleşir. Filtrasyon sıvısı, glomerül kapsülünden çıkarak proksimal tübül, henle kulbu, distal tübül ve son olarak toplayıcı kanallara doğru ilerler. Bu yol boyunca, tübül hücreler, sıvının bileşenlerini aktif veya pasif yollarla geri emerek vücuda kazandırır [1].

Proksimal tübül, geri emilimin en yoğun şekilde gerçekleştiği bölgedir. Burada, su ve sodyum iyonları gibi temel bileşenler büyük oranda geri emilir. Ayrıca, glikoz, amino asitler ve bikarbonat gibi maddeler de bu bölgede tamamen geri emilir. Henle kulbu, özellikle suyun geri emilmesinde önemli bir rol oynar, burada su geri emilerek idrarın konsantrasyonu artırılır. Geri emilim, hem aktif hem de pasif taşıma mekanizmaları kullanılarak yapılır. Aktif taşıma, enerji harcayarak iyonların ve moleküllerin hücre zarlarından geçirilmesini sağlar. Örneğin, sodyum potasyum pompası (Na^+/K^+ ATPaz) sodyumun hücre dışına, potasyumun ise hücre içine taşınmasını sağlar. Bu mekanizma, hücrelerin içerdiği maddelerin konsantrasyonlarını dengelemeye yardımcı olur. Pasif taşıma ise, bir bileşiğin yoğunluk farklarına göre hareket etmesini sağlar. Suyun geri emilmesi büyük ölçüde pasif transport ile gerçekleşir; su, sodyum iyonları gibi maddelerle birlikte osmoz yoluyla geri emilir. Henle kulbunda ve toplayıcı kanallarda, suyun geri emilimi, kanal hücrelerinde bulunan su kanal proteinleri (aquaporinler) tarafından yönetilir. Proksimal tübül, filtratın yaklaşık %65-70'inin geri emildiği yerdir. Burada, en önemli bileşenlerden biri olan sodyum aktif taşıma ile geri emilir. Bu süreç, suyun ve diğer elektrolitlerin geri emilimini de tetikler. Glikoz ve amino asitler gibi küçük organik moleküller ise, tübül hücreler tarafından tamamen geri emilir. Ayrıca, asidobazik dengeyi sağlamak için bikarbonat (HCO_3^-) geri emilir. Henle kulbu, böbreğin medüllasında bulunan uzun bir yapı olup, suyun geri emiliminde kritik bir rol oynar. Henle kulbunun inen kolunda su pasif

olarak geri emilir, ancak yükselen kolunda su geçişi engellenir. Burada, Na^+ , K^+ , ve Cl^- iyonları aktif taşıma ile geri emilir ve bu, medüllada bir ozmotik gradyan oluşturur. Bu ozmotik gradyan, suyun toplayıcı kanallarda geri emilmesi için gereklidir. Distal tübül, geri emilim sürecinin son aşamalarına yakın bir bölgedir. Burada, sodyum, klorür ve kalsiyum gibi iyonlar aktif olarak geri emilir. Ayrıca, aldosteron hormonu burada etkili olur ve sodyum geri emilimini artırarak suyun geri emilimini de destekler. Toplayıcı kanallar ise son filtratın konsantrasyonunu belirleyen önemli bir bölümdür. Bu kanallarda suyun geri emilmesi, vazopresin (ADH) hormonu tarafından düzenlenir. Vazopresin, suyun kanala geri emilmesini artırarak idrarın konsantrasyonunu yoğunlaştırır. Geri emilim, böbreklerin su ve elektrolit dengesini düzenlemesi açısından hayati bir işlemdir. Bu süreç, vücutun sıvı dengesinin korunmasında, kan basıncının düzenlenmesinde ve asidobazik dengenin sağlanmasında önemli bir rol oynar. Ayrıca, bu süreç sayesinde vücutta zararlı atık maddeler (örneğin üre) idrar yoluyla atılırken, vücutun ihtiyaç duyduğu besin maddeleri ve elektrolitler geri kazanılır.

Böbreklerde geri emilim, vücutun iç ortam dengesinin korunmasında kritik bir işlemdir. Bu süreç, böbreklerin fonksiyonel kapasitesini ve vücuttaki homeostazı sürdürebilme yeteneğini doğrudan etkiler. Sonuç olarak, nefrondaki iyon ve su taşınımı, basınç farkları veya ATP pompası yardımıyla aktif bir şekilde ya da Fick Yasası'na göre konsantrasyon gradyanlarına uygun olarak difüzyon yoluyla gerçekleşir. Bu mekanizmalar, plazmayı en etkili şekilde filtrelemek, geri emmek, kanı temizlemek, su seviyesini düzenlemek ve pH dengesini kontrol etmek amacıyla birlikte çalışır [1].

6. Renal Klirens:

Renal klirens, böbreklerin çalışma prensibini anlamak için kritik bir kavramdır ve birim zamanda temizlenen kan hacmini ifade eder. Klirens birim olarak [hacim/zaman] şeklinde ifade edilir. Bu kavram, böbreklerin doğru çalışıp çalışmadığını veya herhangi bir işlev bozukluğu olup olmadığını değerlendirmek için kullanılır [1].

Renal klirens, nefronların toplam işlevlerini ölçer: **glomerüler filtrasyon, tübül geri emilim ve tübül salgılama**. Bu süreçler, arteriyel giriş ile venöz ya da idrar çıkışı arasındaki ilişkiye dayalıdır. Klirens, nefronların bireysel hasarını tespit edemez ancak böbreklerin genel durumu hakkında bilgi verir. Daha detaylı mikroskobik analizler için yüksek çözünürlüklü görüntüleme teknikleri gerekir. Kütle akış hızı m kütle yoğunluğu ile hacim akış hızının çarpımıdır:

$$\dot{m} = \rho \dot{V}$$

Kütle korunumundan dolayı, aşağıdaki denklem herhangi bir madde S için geçerli olmalıdır; burada ρ_s , S'nin kütle yoğunluğudur ve [mg/ml] birimindedir, $\dot{V}_s$ ise hacim akış hızıdır ve [ml/dak] birimindedir:

$$r_{S,a} \dot{V}_{S,a} = p_{S,v} \dot{V}_{S,v} + p_{S,u} \dot{V}_{S,u}$$

$$GFR = \frac{U_{S1}}{P_{S1}} \dot{V}$$

Böbreklerde metabolize olmayan ya da sentezlenmeyen bir madde için, renal arterden giren madde miktarı, renal ven ve idrarla çıkan madde miktarına eşit olmalıdır. Bu durum kütle korunumu ilkesine dayanır:

$$P_{S,a} \times RPF_a = P_{S,v} \times RPF_v + U_S \times \dot{V}$$

Burada: $P_{S,a}$: Maddenin arteriyel yoğunluğu, $P_{S,v}$: Maddenin venöz yoğunluğu, U_S : Maddenin idrardaki yoğunluğu, RPF_a : Arteriyel plazma akış hızı, RPF_v : Venöz plazma akış hızı, $\dot{V}$: İdrar akış hızını göstermektedir. Renal klirens (C_s), plazmadan tamamen temizlenen madde miktarını ifade eder. Aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$C_s = \frac{U_s}{P_s} \dot{V}$$

Bu, böbreklerin bir maddeyi plazmadan ne kadar etkili bir şekilde temizlediğini gösterir [1].

Klirens Değeri ve Örnekler

- Eğer bir madde böbrekler tarafından tamamen temizlenirse ($P_{S,v}=0$), klirens değeri arteriyel plazma akış hızına eşittir ($C_s=RPF_a$).
- Eğer madde hiç temizlenmezse, klirens sıfırdır.

Para-aminohippürik asit (PAH) gibi maddeler, plazmadan tamamen uzaklaştırılır ve bu nedenle böbrek plazma akış hızını ölçmek için kullanılabilir [1].

Filtrasyon, Geri Emilim ve Salgılama Örnekleri

Renal klirens, böbreklerin genel performansını değerlendirmenin yanı sıra belirli maddelerin plazmadan ne kadar etkin bir şekilde uzaklaştırıldığını ölçmek için kritik bir araçtır.

Panel (a): Tam Filtrasyon ve Reabsorpsiyon ya da Sekresyon Olmaması

Bu durumda, S_1 maddesi Bowman kapsülünde tamamen filtre edilir ve reabsorpsiyon ya da sekresyon yoktur. Maddenin yoğunluğu, filtrasyon öncesi ve sonrası aynı kalır, yani $P_{S1}=U_{S1}$. S_1 maddesinin idrarda görüldüğü hız, glomerüler filtrasyon hızına (GFR) eşittir. İlişki şu şekildedir:

$$P_{S1} \times GFR = U_{S1} \times \dot{V}$$

$P_{S1}=U_{S1}$ olduğundan, şu elde edilir:

Bu senaryo, **inulin** gibi tamamen filtre edilen ve reabsorbe edilmeyen maddelere örnektir ve inulin, böbrek temizlenmesi için “altın standart” olarak kullanılır. **Inulin** için, fraksiyonel atılım (FE) 1’dir.

Panel (b): Tam Filtrasyon fakat Tam Reabsorpsiyon

S_2 maddesi Bowman kapsülünde tamamen filtre edilir ancak tamamen proximal tübülden efferent arteriollere geri reabsorbe edilir. Bu nedenle, tübülde hiç madde kalmaz ve temizlenme oranı: $C_{S2}=0$ ml/dak. Tamamen reabsorbe edilen **glikoz** bu modele uyar. Bu durumda, FE = 0’dır.

Panel (c): Tam Filtrasyon ve Kısmi Reabsorpsiyon

S_3 maddesi tamamen filtre edilir, ancak yalnızca %50’si peritübüler kılcal damarlar tarafından reabsorbe edilir. Temizlenme oranı: $C_{S3}=GFR \times 0.5=50$ ml/dak. Bu örnek **üreye** aittir ve fraksiyonel atılımı (FE) 0.5’tir.

Filtrasyon ve Temizlenme Durumları

Panel (a)–(c): Bu panellerde, $P_{Sv}=0$ olup filtrasyon %100’dür.

Panel (d)–(f): Bu paneller ise filtrasyon oranının %100’den düşük olduğu durumları gösterir.

Panel (d): PAH Örneği

Panel (d), glomerülde kısmen filtre edilen ve geri kalanının efferent arterioller aracılığıyla tübüle sekrete edilen bir maddeyi gösterir. Bu durum, para-aminohippürik asit (PAH) için geçerlidir. PAH, vücutta normalde bulunmayan ve sürekli intravenöz infüzyonla verilen bir organik asittir. PAH, plazmadan tamamen temizlendiği için temizlenme oranı, böbreklere gelen toplam plazma akışına (RPF) eşittir. Yani PAH’nın böbreklerden atılan miktarı, glomerüle yüklenen miktara eşittir [1].

Örneğin, PAH’nın arteriyel plazma yoğunluğu $P_{PAH} = 0.1$ mg/ml olduğunda ve renal plazma akışı $RPF = 600$ ml/dak olduğunda, glomerüle yüklenen miktar şu şekilde hesaplanır: $RPF \times P_{PAH} = 600$ ml/dak $\times 0.1$ mg/ml = 60 mg/dak. Bu miktarın yalnızca %20’si (12 mg/dak) filtre edilir, geri kalan kısmı ise tübüle sekrete edilir. Sonuç olarak, PAH’nın idrar yolundaki toplam miktarı yine 60 mg/dak olur. PAH’nın temizlenme oranı şu şekilde hesaplanır:

$$C_{PAH} = \frac{U_{PAH}}{P_{PAH}} \dot{V} = RPF$$

$$= \frac{60 \text{ mg/dk}}{0.1 \text{ mg/ml}} = 600 \text{ ml/dk}$$

Bu, PAH testiyle renal plazma akışının belirlenebileceği anlamına gelir [1].

Panel (e): Filtrasyon ve Reabsorpsiyon

Panel (e)'de, filtrasyon oranı %100'ün altına düşer ve tübüle geçen her şey tekrar arteriyollere geri reabsorbe edilir. Bu durumda, temizlenme oranı panel (b)'de olduğu gibi sıfırdır [1].

Panel (f): Genel Temizlenme Hesaplamaları

Son olarak panel (f), kullanıcıya bırakılmıştır. Glomerülde çok büyük proteinler ve eritrositler dışında neredeyse her şey filtre edilir. Ancak, üreterden nihayet atılacak madde, tübüller ve toplama kanalındaki reabsorpsiyon ve sekresyonla belirlenir. İdrar yolunda atılacak madde şu şekilde hesaplanabilir: Filtre edilen kısım $GFR \times P_s$ olur. Bundan, reabsorbe edilen kısım (R_s) çıkarır ve sekrete edilen kısım (S_s) ekleriz. Bu, daha önce tanımlanan idrar atılım hızı ile eşittir:

$$\dot{V} \times U_s = (GFR \times P_s) - (R_s - S_s)U_s$$

Eğer $R_s = S_s = 0$ ve $U_s = P_s$ (bu inulin için geçerlidir) ise, şu denklem elde edilir: $\dot{V}_u = GFR = C_s$. Bu durumda, inulin GFR'yi belirlemek için kullanılabilir. Reabsorpsiyon oranı $RSRS$ şu şekilde hesaplanabilir (eğer $S_s = 0$):

$$R_s = GFR \frac{P_s}{U_s} - \dot{V}$$

Benzer şekilde, sekresyon oranı S_s (eğer $R_s = 0$) şu şekilde hesaplanabilir:

$$S_s = \dot{V} - GFR \frac{P_s}{U_s}$$

Şimdi, **panel (e)**'ye geri dönersek, bu panel plazma akışını da temsil eder: Arteriyel girişte plazma, $PRF = 600 \text{ ml/dak}$ hızında gelir, ancak sadece %20'si filtre edilir; geri kalan %80'i glomerüler filtreden geçmez. Bu durumda, GFR 120 ml/dak olarak kalır. Sekresyon olmadığında, plazmanın atılımı için şu

denklemi kullanabiliriz:

$$\dot{V} \times U_{Plas} = GFR_{Plas} P_{Plas} - R_{Plas} U_{Plas}$$

Burada $P_{Plas} = U_{Plas} = 1 \text{ g/ml}$ kabul edilir. Plazma temizlenmesi için şu denklem elde edilir:

$$C_{Plas} = \frac{U_{Plas}}{P_{Plas}} \dot{V} = GFR_{Plas} - R_{Plas} \frac{U_{Plas}}{P_{Plas}}$$

Ya da,

$$= \dot{V} = GFR_{Plas} - R_{Plas} = \frac{120 \text{ ml}}{\text{dk}} - \frac{119 \text{ ml}}{\text{dk}} = \frac{1 \text{ ml}}{\text{dk}}$$

Plazmanın fraksiyonel atılımı ise şu şekilde hesaplanır:

$$FE_{Plas} = \frac{C_{Plas}}{C_{Inulin}} = \frac{1 \text{ ml}}{\text{dk}} / \frac{120 \text{ ml}}{\text{dk}} \approx 0.01$$

Bu, yaklaşık olarak günlük idrar hacminin 1.5 litre olduğunu gösterir [1].

Kreatinin Testi ve GFR Ölçümü

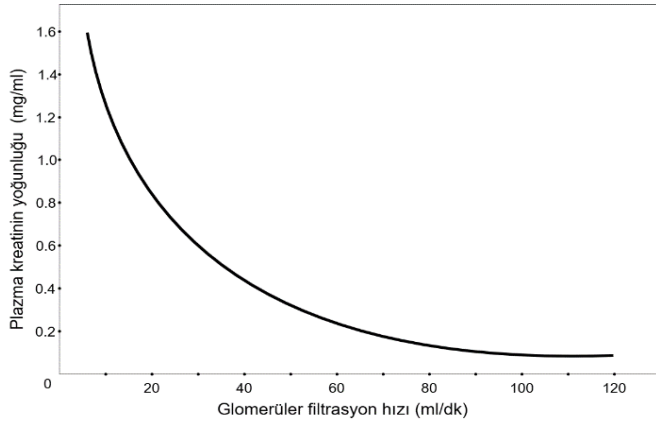
Kreatinin testi, böbrek fonksiyonlarını değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir ve genellikle "altın standart" olarak kabul edilen inulin testi yerine tercih edilir. Kreatinin, kaslarda enerji üretimi için kullanılan bir metabolik atık üründür. Kreatinin, inulin gibi sadece glomerüler filtrasyon yoluyla böbreklerden atılır. Bu nedenle, kreatininin temizlenme oranı, glomerüler filtrasyon hızı (GFR) ile doğrudan ilişkilidir. Kreatininin temizlenmesi şu şekilde hesaplanır:

$$C_{Cr} = \frac{U_{Cr}}{P_{Cr}} \dot{V} = GFR$$

Bu denklem, kreatinin üretimi ve atılımının sabit olduğunu varsayar, yani kaslarda üretilen kreatinin miktarı, idrarla atılan kreatinin miktarına eşittir. Yani, $P_{Cr} \times C_{Cr}$ sabittir. GFR ve plazma kreatinin yoğunluğu (P_{Cr}) arasındaki ilişkiyi gösteren bir grafik, kreatinin testlerinin böbrek fonksiyonlarını nasıl değerlendirdiğini daha iyi anlamamıza yardımcı olur [1].

Örneğin, sağlıklı bir böbrek için GFR 100 ml/dak olduğunda, plazma kreatinin yoğunluğu yaklaşık 0.01 mg/ml olarak kabul edilir. Eğer GFR, böbrek fonksiyonlarındaki bir azalma nedeniyle 50 ml/dak'ya düşerse, plazma kreatinin yoğunluğu

0.02 mg/ml'ye çıkarak $GFR \times P_{Cr}$ oranını sabit tutar (Şekil 5) [1].



Şekil 5: Plazma içindeki kreatinin yoğunluğu ve glomerüler filtrasyon hızına ilişkisi [1].

Kreatinin testleri oldukça basittir ve hem kan hem de idrar örneği alınarak yapılabilir. Kan örneği, serum kreatinin düzeyini ölçerken, idrar örneğiyle de kreatinin atılımı hesaplanır. Böbrek fonksiyonu azaldıkça, kan kreatinin seviyesi yükselir çünkü glomerülden daha az kreatinin süzülür ve dolayısıyla idrarla atılan miktar da azalır. Kreatinin testinin yanı sıra, böbreklerin filtrasyon, temizlenme ve atılım süreçlerini daha iyi anlayabilmek için çeşitli tablolar kullanılabilir. Tablo 2, filtrasyon, temizlenme ve atılım arasındaki ilişkiyi özetlerken, Tablo 3 ve Tablo 4 farklı böbrek testlerinin temizlenme ve fraksiyonel atılım oranlarını gösterir. Bu tablolar, böbreklerin farklı maddeleri nasıl işlediğini ve hangi testlerin hangi bilgileri sunduğunu anlamamıza yardımcı olur [1].

Tablo 2: Kan plazmasındaki maddelerin filtrasyonu, atılımı ve temizlenmesi. F_s = madde S'nin glomerülde filtrasyonu; E_s = madde S'nin atılımı; C_s = madde S'nin temizlenmesi [1].

Glomerülde Filtrelenen Molekül S	Böbrek İşlemesi
$F_s > E_s$	S'nin net reabsorpsiyonu
$F_s < E_s$	S'nin net sekresyonu
$F_s = E_s$	S'nin değişimi yok
$C_s < C_{inulin}$	S'nin net reabsorpsiyonu
$C_s > C_{inulin}$	S'nin net sekresyonu
$C_s = C_{inulin}$	S'nin değişimi yok

Tablo 3: Böbrekte farklı temsilci maddelerin temizlenmesi ve fraksiyonel atılımı [1].

Madde	Temizlenme [ml/dak]	Fraksiyonel Atılım
Glukoz	0	0
Plazma	1	0.01
Üre	50	0.5
İnülin	120	1
Kreatinin	120	1
PAH	600	5

Tablo 4: Farklı böbrek testlerinin genel bir bakışı [1].

Test	Kan	İdrar
İnülin	GFR	
PAH	RPF	
Kreatinin	GFR	GFR
Üre	Dinlenme hacmi	
Glukoz	Dinlenme hacmi	

7. Yapay Filtrasyon: Diyaliz:

Kanda kreatinin seviyesinin, standart değerler olan 0.007–0.012 mg/ml'ye göre yüksek olması, GFR'nin azaldığını ve dolayısıyla böbreklerin düzgün çalışmadığını gösterebilir. Böbreklerin normal işlevlerini yerine getiremediği durumlarda, kanın temizlenmesi amacıyla kullanılan önemli bir tedavi yöntemlerinden biri yapay filtrasyondur. Diyaliz olarak bilinen bu işlem, böbrek fonksiyonları kaybolan hastalar için yaşamı sürdürülebilir kılmaya yardımcı olur. Normalde böbrekler, kanı filtreleyerek atık maddeleri, fazla suyu ve elektrolit dengesini düzenlerken, bu işlevlerin yerine getirilmemesi durumunda vücutta biriken toksinler, elektrolit dengesizlikleri ve sıvı fazlalıkları ciddi sağlık sorunlarına yol açabilir. Diyaliz, böbreklerin bu fonksiyonlarını makine aracılığıyla taklit ederek hastaların yaşam kalitesini artırır. Diyaliz tedavisi, temel olarak iki ana yöntemle uygulanır: hemodiyaliz ve periton diyalizi. Her iki yöntem de kanın vücutta biriken zararlı maddelerden arındırılmasını sağlasa da uygulama şekilleri ve işlevsellikleri farklıdır [1].

Hemodiyaliz, diyaliz tedavisinin en yaygın türlerinden biridir ve dışarıda bir makine aracılığıyla gerçekleştirilir. Bu yöntemde, hasta vücudundan bir damar aracılığıyla kan alınır ve bir diyaliz cihazına yönlendirilir. Diyaliz cihazı, kanı bir filtre aracılığıyla geçirerek, plazmadaki toksinleri, fazla suyu ve elektrolit dengesizliklerini giderir. Temizlenen kan, geri vücuda aktarılır. Hemodiyaliz, genellikle haftada üç kez uygulanır

ve her seans 3 ila 5 saat arasında sürer. Bu tedavi, hastaların vücut fonksiyonlarını düzenlemek için sürekli izleme gerektirir. Hemodiyaliz sırasında kanın sürekli bir şekilde dışarıya alınması ve verilmesi gerektiği için, işlem sırasında hasta genellikle bir klinikte ya da hastanede olmak zorundadır [1].

Periton diyalizi ise farklı bir yaklaşımdır ve vücudun doğal bir mekanizmasını kullanır. Bu yöntemde, bir kateter aracılığıyla karın boşluğuna diyaliz sıvısı yerleştirilir. Karın boşluğundaki periton zarı, diyaliz sıvısı ile temas ederek, kan damarlarından geçebilen atık maddeleri ve fazla sıvıyı bu sıvıya aktarır. Sonrasında sıvı, karın boşluğundan dışarı alınır ve yeni bir sıvı ile işlem tekrarlanır. Periton diyalizi, evde uygulanabilme avantajına sahiptir ve hastalar bu tedaviyle günlük yaşamlarına daha az müdahale edilerek tedavi olabilirler. Ancak bu yöntem, hastanın karın bölgesinde sürekli bir kateter bulunmasını gerektirir ve enfeksiyon riski taşıyabilir. Bunun yanı sıra, her hasta için uygun olmayabilir çünkü vücudun diyaliz sıvısını verimli bir şekilde yönetmesi için karın zarının sağlıklı olması gerekir [1].

Diyaliz, böbrek yetmezliği gibi ileri düzey sağlık sorunlarında hayati bir tedavi sağlar. Ancak, diyaliz doğal böbrek fonksiyonlarını tam anlamıyla yerine getiremez. Diyaliz tedavisi, böbrek nakli için bekleyen hastalar için bir ara çözüm sunar. Böbrek nakli, böbreklerin tamamen işlevlerini yerine getirebilecek tek kalıcı tedavi seçeneğidir. Fakat, böbrek nakli her zaman mümkün olmayabilir ve hastaların genellikle diyalize devam etmeleri gerekebilir. Diyaliz tedavisi, uzun vadede böbreklerin yerine geçecek bir tedavi olmamakla birlikte, hastaların hayatlarını sürdürebilmeleri için büyük önem taşır. Diyaliz uygulamaları, hastaların sağlıklarını sürekli izleme gerektirir. Hemodiyaliz ve periton diyalizi gibi tedavi seçenekleri arasında seçim yaparken, hastaların yaşam tarzları, tedaviye uyumları, diğer sağlık koşulları ve tedaviye verdikleri yanıtlar dikkate alınır. Diyaliz tedavisi sırasında hastalar, sıvı alımına dikkat etmeli, belirli bir diyet uygulamalı ve doktorlarının önerdiği ilaçları düzenli olarak kullanmalıdırlar. Ayrıca, tedavi sırasında hastaların sağlıklarını izleyen tıbbi profesyonellerin rehberliğine ihtiyaçları vardır. Diyaliz, hayat kurtarıcı bir tedavi olsa da hastaların uzun vadeli sağlığını korumak ve iyileştirmek için böbrek nakli veya diğer tedavi yöntemleri düşünülebilir. Diyaliz böbrek fonksiyonları kaybolmuş bireyler için kritik bir tedavi yöntemidir. Hemodiyaliz ve periton diyalizi, hastaların kanlarını temizleyerek yaşamlarını sürdürebilmelerini sağlasa da bu tedavi sürekli bir izleme ve dikkat gerektirir. Diyaliz, böbrek nakli için bir bekleme süresi olarak da işlev görebilir ve hastaların yaşam kalitesini artırabilir. Ancak, her iki tedavi de böbreklerin doğal işlevlerinin yerine geçemediği için böbrek nakli, nihai çözüm olarak kabul edilir [1-54].

Conclusion

Böbrekler, vücudun homeostazını sağlayan hayati organlardır. Filtrasyon, reabsorpsiyon, sekresyon gibi süreçlerle atıkların ve fazla sıvıların atılmasını sağlayarak vücutta su ve elektrolit dengesini düzenlerler. Bu süreçlerin bozulması, böbrek yetmezliğine yol açarak hem hayati fonksiyonların hem de yaşam kalitesinin olumsuz etkilenmesine neden olabilir. Ancak, böbrek fonksiyonları kaybolduğunda, diyaliz gibi tedavi yöntemleri devreye girer. Hemodiyaliz ve periton diyalizi, hastaların kanını temizlemekte ve böbrek fonksiyonlarını taklit etmekte kritik rol oynar [1].

Bununla birlikte, diyaliz doğal böbrek işlevlerini tam anlamıyla yerine getiremez ve sürekli izleme, dikkatli tedavi gerektirir. Böbrek nakli, böbrek yetmezliği tedavisinde en kalıcı çözüm olarak kabul edilse de her hasta için her zaman mümkün değildir. Bu nedenle, böbrek sağlığını korumak için erken teşhis ve önleyici tedbirler son derece önemlidir. Ayrıca, böbrek fonksiyonlarını izlemek ve sorunları erken tespit etmek için kreatinin testi, GFR ölçümü gibi tanı yöntemlerinin kullanılması, hastaların tedaviye daha hızlı ve etkin bir şekilde başlanmasını sağlar [1].

Böbrek sağlığı, genel vücut sağlığının temel taşlarından biridir ve böbrek hastalıklarının yönetimi, hastaların yaşamlarını sürdürebilmesi için kritik bir rol oynar. Diyaliz, böbrek yetmezliği ile başa çıkmak için önemli bir araç olsa da böbrek sağlığını korumak ve hastalıkları önlemek, uzun vadede daha sağlıklı bir yaşam sürdürmenin anahtarıdır. Bu nedenle, böbrek fonksiyonlarını izlemek ve sağlıklı yaşam alışkanlıkları geliştirmek, böbrek hastalıklarının önlenmesi için atılacak en önemli adımlardır [1-54].

References

1. Zabel H (2017) Physical Aspects of Organs and Imaging. Walter de Gruyter GmbH & Co KG.
2. Elmas ET (2020) ELMAS's Theory of Thermodynamics": A Scientific Approach for 5th Law of Thermodynamics-A Theoretical Application Example for Medical Thermodynamics. Op Acc J Bio Sci & Res 2. DOI: 10.46718/JBGSR.2020.01.000030
3. ELMAS ET (2024) Medical Treatment Method of Alzheimer's Disease & Parkinson's Disease by the Help of the Natural Musical Sound of Nây-ı Şerif, Instrument of Ney (Ney: Turkish Reed Flute, Nay). IJCMCR 42: 4: 0-5. DOI: 10.46998/IJCMCR.2024.42.001039
4. Elmas ET (2020) Medical Treatment Method of "Bio-robotic Resonance and Thermo dynamical Interaction" with Analogy of Frequency-Resonance Setting Formation" on the Application of "Algorithm for Smart Drugs Controlled

- by a Bio-robotic System” developed for the “Treatment of Covid-19, Coronavirus and Virus Infections”. *Op Acc J Bio Sci & Res* 1. DOI: 10.46718/JBGSR.2 020.01.000007.
5. Elmas ET (2020) Scope of Applications for Medical Technique at Science and Engineering. *Op Acc J Bio Sci & Res* 1. DOI: 10.46718/JBGSR.2020.01.000002.
 6. Emin Taner ELMAS (2024) System Design and Development of a Novel Unique Neuro-Physical Medical Treatment Method for SMA-SPINAL MUSCULAR ATROPHIA-Disease and for Similar Neurological Muscle Diseases. *Herculean Res* 4: 90-97
 7. Daş F, Elmas ET, Bucak İÖ (2024) Innovative Use of Machine Learning-Aided Virtual Reality and Natural Language Processing Technologies in Dyslexia Diagnosis and Treatment Phases. In *Digital Frontiers-Healthcare, Education, and Society in the Metaverse Era*. IntechOpen.
 8. Emin Taner ELMAS (2024) Design of Bionic Eye and Artificial Vision System; a Unique Project “Mobile Bio-Eye-Tronic System”. *Herculean Res* 4: 97-100 <https://dx.doi.org/10.70222/hres23>
 9. Emin Taner ELMAS (2024) Project for “Amphibious Mobile Snow Track Ambulance” for Healthcare System. *Am J Biomed Sci & Res* 22. *AJBSR*.MS.ID.002990, DOI: 10.34297/AJBSR.2024.22.002990
 10. Emin Taner ELMAS (2024) The first “Olive Seedlings” and “Artichoke Seedlings” Planted in Iğdır Province, Turkey. *Am J Biomed Sci & Res* 22. *AJBSR*.MS.ID.002996, DOI: 10.34297/AJBSR.2024.22.002996
 11. Emin T Elmas, İhsan Ö Bucak (2023) Modeling and Simulation of Smart-Drug Algorithms Through Frequency Modulation for the Treatment of Covid-19 and Similar Viruses. *Global Journal of Research in Medical Sciences* 3: 1–6. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10051793>
 12. Emin TE, İhsan Ömür B (2024) FM Modulated Smart Drug Algorithm for the treatment of Cancer Cells. In *Global Journal of Research in Medical Sciences* 4: 1–6. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10463529>
 13. Emin Taner ELMAS (2023) Prototype Design, Production and Functioning of a Portable (Movable), Home-Type (Domestical) Hemodialysis Machine (Unit). In *Global Journal of Research in Medical Sciences* 3: 11–12. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10252972>
 14. Elmas, Emin Taner (2019) Thermodynamical Balance Associated with Energy Transfer Analysis of the Universe Space as a Pressure Vessel Analogy. *Journal of Applied Sciences*, Redelve International Publications 1. RDAPS-10002.
 15. Elmas, Emin Taner (2017) Productivity and Organizational Management (The Book) (Chapter 7): Prospective Characteristics of Contemporary Engineer (By the Approach of Mechanical Engineering) Contribution and Role of the Mechanical Engineer to the Organization Management and Productivity. Machado Carolina, Davim J Paulo (Eds.), DEGRUYTER, Walter de Gruyter GmbH, Berlin / Boston, Spain (ISBN:978-3-11-035545-1)
 16. Elmas, Emin Taner (2017) Prospective Characteristics of Contemporary Engineer (By the Approach of Mechanical Engineering) Contribution and Role of the Mechanical Engineer to the Organization Management and Productivity). DeGruyter, Germany (DOI 10.1515 / 9783110355796-007)
 17. ELMAS, Emin Taner, & ALMA, M. H. (2025). Iğdır University ISO 50001 Energy Management System Certification Studies. In *Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences* 5: 6–24. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15011984>
 18. Hartmut Zabel (2017) *Medical Physics, Radiology, Lasers, Nanoparticles and Prosthetics*, ISBN: 978-3-11- 055310-9, Walter de Gruyter GmbH, Berlin/Boston 2.
 19. Steven Vogel (2013) *Comparative Biomechanics – Life’s Physical World*, Published by Princeton University Press, ISBN:978-0-691-15566-1, USA.
 20. Roland Ennos (2012) *Solid Biomechanics*, , Published by Princeton University Press, ISBN:978-0-691-13550-2, USA.
 21. Strikman M, Spertalian K, Cole MW (2014) *Applications of modern physics in medicine*. Princeton University Press.
 22. Emin Taner Elmas (2024) Design of Bio-Artificial Liver Organ. *J Biomed Sci Biotech Res* 2: 1-4. DOI: doi.org/10.61440/JBSBR.2024.v2.12
 23. ELMAS ET (2024) Design of Bionic Ear-Cochlear Implant and Artificial Hearing System; a Unique Project “Mobile Bio-Ear-Tronic System”. *Journal homepage: https://gjpublication.com/gjrms* 4. <http://doi.org/10.5281/zenodo.12751385>
 24. Emin Taner Elmas (2024) A Review for Combined Cycle Power Plants. *Bi-omed J Sci & Tech Res* 58(1). *BJSTR*. MS.ID.009087. DOI: 10.26717/BJSTR.2024.58.009087
 25. ELMAS, Emin Taner (2024) Dimensional Unit Analysis Applications for Heat Pipe Design. In *Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences* 4: 12–26. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13741540>
 26. ELMAS, Emin Taner. (2024). Calculation of the Filling Amount of Working Fluid to be Placed in a Heat Pipe. In *Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences* 4: 100–108. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13741540>

27. ELMAS, Emin Taner (2024) Providing Fully Developed Flow for Waste Exhaust Gas at the Inlet Region of a Heat Pipe Air Recuperator. In Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences 4: 118–124. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13931542>
28. Emin Taner Elmas (2024) ONLINE BOOKLET - E -Print - A Review for Combined Cycle Power Plants: <https://biomedres.us/view-reprints/82/a-review-for-combined-cycle-power-plants> / DOI: 10.26717/BJSTR.2024.58.009087
29. Elmas, E. T. Yüksek sıcaklıklı, ısı borulu, ısı geri kazanım ünitelerinin tasarım parametrelerinin termodinamiksel ve deneysel analizi.
30. Elmas Emin Taner (1999) Yüksek Lisans (M.Sc.) Tezi, “Evaporation Plant For Recycling of Caustic Soda”, Thesis Advisor: Prof. Dr. Fehmi Akdoğan, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Enerji Bilim Dalı, İzmir.
31. Emin Taner E (2023) Thermodynamical and Experimental Analysis of Design Parameters of a Heat Pipe Air Recuperator. Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences 3: 6–33. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10116309>
32. Emin TE (2023) Design, Production, Installation, Commissioning, Energy Management and Project Management of an Energy Park Plant Consisting of Renewable Energy Systems Established at Iğdır University. In Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences 3: 67–82. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10406670>
33. Tamsöz H, Elmas ET (2021) ÇELİK ÜRETİMİNDE ELEKTRİK ARK OCAKLARINDA ENERJİ MALİYETLERİNİN VE ENERJİ VERİMLİLİK FAKTÖRLERİNİN ARAŞTIRILMASI. Tasarım Mimarlık ve Mühendislik Dergisi 1: 163-180.
34. Adem KAYA, ELMAS ET (2022) SİNERJİ TESİSLERİNDE ENERJİ KULLANIM NOKTALARI VE ENERJİYİ VERİMLİ KULLANACAK YÖNTEMLERİN BELİRLENMESİ. Tasarım Mimarlık ve Mühendislik Dergisi 2: 170-181.
35. Emin Taner ELMAS (2024) The Electrical Energy Production Possibility Research Study by using the Geothermal Hot Water Resources, which is a kind of Renewable Energy Resource, located at the Region of Mollakara Village which is a part of Diyadin Town and City of Ağrı, Turkey. In Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences 4: 90–101. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10729333>
36. ELMAS, Emin Taner (2024) Energy Analysis, Energy Survey, Energy Efficiency and Energy Management Research carried out at Iğdır University. In Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences 4: 12–30. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10828077>
37. ELMAS, Emin Taner (2024) A Research Study of Salt Dome (Salt Cave) Usage Possibility for CAES – Compressed Air Energy Storage Systems. In Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences 4: 128–131. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10980421>
38. ELMAS Emin Taner (2024) Wankel Rotary Piston Engine Design Project. In Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences 4: 1–4. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11117047>
39. ELMAS Emin Taner (2024) An innovative solar dish type collector – concentrator system having an original – unique geometrical mathematical model called as DODECAGON which has 12 equal segments. In Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences 4: 31–38. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11397848>
40. Emin Taner ELMAS (2024) Waste Heat Recovery Boilers (WHRBs) and Heat Recovery Steam Generators (HRSGs) used for Co-generation and Combined Cycle Power Plants. Op Acc J Bio Sci & Res 12. DOI: 10.46718/JBGSR.2024.12.000284
41. ELMAS Emin Taner (2024) Presentation and Curriculum of Division of Motor Vehicles and Transportation Technologies & Department of Automotive Technology at Vocational School of Higher Education for Technical Sciences at Iğdır University, Turkey. In Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences 4: 60–67. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12536211>
42. Emin Taner ELMAS (2023) Design and Production of a Unique Hand-Made Energy-Efficient 4 x 4 – Four Wheel Drive (4wd-4 Matic) Traction System Electric Automobile. In Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences 3: 48–51. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10359170>
43. ELMAS Emin Taner (2024) Three – Pass Fire Tube Boilers for production of Steam, Hot Water and Superheated Water. In Global Journal of Research in Engineering & Computer Sciences 4: 29–38. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12741030>
44. Elmas ET (2017) Evaporation plant for recycling of caustic soda. International Journal of Engineering Technologies IJET 3: 176-185.
45. Elmas, Emin Taner (2014) Çağımızın Mühendisinden Beklenenler, Gece Kitaplığı, ISBN:9786053244158

46. ELMAS ET (2025) and Levent OĞUL. The Effects of Medicine and Music Therapy Practices on Human Health. IJCMCR 50: 003. DOI: 10.46998/IJCMCR, 1233.
47. Emin Taner E, Servet K (2025) Biomechanical Analysis of Transtibial Prosthesis Designed for Runners. Biomedical and Clinical Research Journal 1. DOI: <http://02.2025/BCRJ/007>.
48. Elmas ET, Cinibulak M A (2025) Fundamental Scientific and Technical Issues related with the “Hip Replacement Design and Biomechanical Analysis”. Matsci Nano J 1: 101.
49. Kunduracioğlu İ (2018) Examining the Interface of Lego Mindstorms Ev3 Robot Programming. Journal of Educational Technology & Online Learning 1: 28–46. <https://doi.org/10.31681/jetol.372826>
50. Kunduracioglu I (2024) CNN Models Approaches for Robust Classification of Apple Diseases. Computer and Decision Making: An International Journal 1: 235–251. <https://doi.org/10.59543/comdem.v1i.10957>
51. Kunduracioglu I (2024) Utilizing ResNet Architectures for Identification of Tomato Diseases. Journal of Intelligent Decision Making and Information Science 1: 104–119. <https://jidmis.org/index.php/jidmis/article/view/11949>
52. ELMAS ET, KUNDURACIOĞLU I (2025) A Model for Second Law of Thermodynamics, Relationship between Health, Disease, Aging, Death Processes and Consciousness, Nervous System and Time. In Global Journal of Research in Medical Sciences 5: 1–6. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14973559>
53. ELMAS ET, KUNDURACIOĞLU I (2025) Metabolic Heat Production with Energy Transfer and Laws of Human Thermodynamics: The Energy Balance of the Human Body. In Global Journal of Research in Medical Sciences 5: 7–14. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14973620>
54. Elmas ET, Kunduracioğlu I (2025) Artificial Heart Design and Biomechanical Analysis. Open Access Journal of Medicine and Healthcare, Research Article 1: 01-06.

Copyright: ©2025 Elmas ET, et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.