

DERLEME/REVIEW

BİYOLOJİ BİLİMİNE ÇAĞDAŞ BİR YAKLAŞIM: BİYOLOJİNİN FELSEFE VE MANTIĞININ ANLAŞILMASININ ÖNEMİ

Yalçın YETKİN¹

ÖZ

Biyoloji, bilimsel ve sosyal yanı olan bir bilim dalıdır. Biyolojide öğrenmeyi yaratıcı kılmak için biyolojinin felsefe ve mantığının anlaşılması gerekir. Filozofik bakış açısından biyolojinin en belirleyici özelliği onun *işlevsel* ya da *teleolojik anlatımlarının* karakteristiğidir. Bunlar biyolojik özelliklerin canlıya nasıl yararlı olduğudur. Biyoloji diyalektiğin *hareket, değişim ve karşıların uyumu* yasalarına uygundur.

Çağdaş biyoloji filozoflarının çoğu işlevselliğin aslında nedensel açıklamalar olduğunu ileri sürmektedirler. Biyolojik özellikleri, yalnızca geleceğe yönelik bir olay olarak değil aynı zamanda, evrimin geçmişte ki doğal seçimin gücü ile açıklarlar. Evrimsel süreç bir bütündür. Yalnızca yaşamsal değere sahip olan teklardan çoklu duruma geçen grupları değil; aynı zamanda, bu gibi açılımların yeni uyumlar ve organizasyonları üretmek için yaşamsal genişlik yarattığı düşünülmektedir.

Biyolojik mantığın temeli "canlı nasıl oluştu?" ve "yaşam nedir?" sorularına yanıt bulmaktır. Çağdaş biyoloji bu soruları *mekanistik* ve *evrimsel* olarak yanıtlamaktadır. Günümüzde biyoloji ve biyolojiye dayalı bilimlerin temel amacı, sonuçta cansız moleküllerin bir araya toplanması ile canlı düzeyinin nasıl oluşturulduğu ve sürdürülmesini belirlemektir. Bu yönüyle de biyolojinin eğitimi ve öğretimi önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Biyoloji, Diyalektik, Canlı, Yaşam, Mantık, Felsefe, Eğitim.

A CONTEMPORARY APPROACH TO THE BIOLOGY SCIENCE: THE IMPORTANCE OF UNDERSTANDING THE LOGIC AND PHILOSOPHY OF THE BIOLOGY

ABSTRACT

Biology is a natural science which has traits both scientific and social. From the philosophical point of view, the most distinctive features of biology is its characteristics use of functional or teleological explanations. The philosophical interesting aspects of these explanations their apparent commitment to teleology. Some biological traits is explained by showing how it is useful for the organism in the life.

Most contemporary philosophers of biology now hold that functional explanations in biology are in fact disguised causal explanations, which explain biological traits not by looking forward to future beneficial results, but by looking back towards the past evolutionary histories in which such results led to the natural selection of traits in question.

Evolutionary process is unitary, and that not only are groups formed by multiplication of single variants having survival value, but also that such divergences are amplified to produce adaptation and organization.

The basis of biological logic is the answer to these questions, "What is life?" and "How the life occurred?". Contemporary biology has been explaining these questions as mechanistic and evolutionary. Finally, today the proposes of education in biology and applied sciences depend on work in fields such as biology department and medicine, which determines how the collection of lifeless molecules in living organisms interact with each other to constitute, maintain, and perpetuate the living state. In this point, the biology education is important in the schools.

Key Words: Biology, Dialectic, Living, Life, Logic, Philosophy, Education.

¹ 100. Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fizyoloji ABD-VAN.
Geliş: 21 Eylül 2000; Düzeltme: 11 Ocak 2001; Kabul: 10 Nisan 2001.

1. GİRİŞ: BİYOLOJİNİN FELSEFE VE MANTIĞI

1.1. Biyolojinin Felsefi Problemleri

Felsefi bakış açısından, biyolojinin en seçkin özelliği *işlevsel* ya da *teleolojik anlatımlarının özgün olarak kullanılmasıdır*. Bunlar bazı biyolojik özelliklerin, üzerinde düşünülen organizma için nasıl yararlı olduğunu göstererek yapılan açıklamalardır. Örneğin, kutup ayısının sahip olduğu beyaz kürkünün işlevi, onu saklamaktır (kamuflej); terlemenin insan için işlevi daha düşük vücut ısısı sağlamasıdır. Bu örnekleri çoğaltabiliriz. Bu açıklamaların felsefi olarak ilginç yanı, bunların görüntüde teleolojiye karşı bağılılığıdır; bunların sonuçları ile (gizleme, soğuma) sözü edilenleri (beyaz kürk, terleme) açıkladığı görülür. Bunun tersine, normal nedenleri belirtilerek yapılan açıklamalar başka bir yönde ilerler ve nedenleri ile sonuçlarını açıklar (neden-sonuç ilişkisi) (Kitcher, 1985).

Oldukça yakın zamana kadar, biyoloji filozoflarının çoğu, görüntüde bu açıklamaları kullandılar ve bunların *organizmalar gibi bütünleşmiş sistemleri oluşturan parçaların, bütünü çok iyi olmasına* biyolojik yasalara uygun olarak katkıları ile açıklanabileceğini ileri sürdüler (Rosenberg, 1985). Ancak bu gibi açıklamaların korunum-yasası açıklamalarının bir alt-türü olduğu ileri sürüldü. Bununla birlikte, bu yaklaşım şimdi genelde dışlandı. Çağdaş biyoloji felsefecilerinin çoğu şimdi artık *biyolojide işlevsel açıklamaların gerçekte kalık değiştirmiş nedensel açıklamalar* olduğunda birleştiler. Bunlar *biyolojik özellikleri yalnızca gelecek için yararlı sonuçlara doğru bakarak açıklamakla* kalmaz, aynı zamanda bu gibi sonuçları sorudaki özelliklerin doğal seçimin gücüne (natural selection) bırakılmasındaki *geçmiş* evrimsel tarihlere doğru geriye bakılmasıyla da açıklar. Buna göre, kutup ayısının beyazlığının işlevsel açıklaması ayının geleceğe yönelik olarak korunmasına hazırlığa dayanmaz, ancak bunların geçmişteki korunmasının beyazlıklarının doğal seçime izin vermesi gerçeğine dayanır.

Doğal seçim yoluyla gerçekleşen *evrimin (Milner, 1995), Darwin tarafından geliştirilen kuramının merkeziliği, diğer felsefi konuların bir çoğunda kendini gösterir. Bir başlangıç sorusu, acaba kuramın herhangi bir gerçeği önceden haber verici içeriğinin olup olmadığı, ya da basit olarak su götürmez bir gerçek olan *“en uygununun hayatta kalma”* tezinin çöküp çökmeyeceğidir. Bu *“hangisi kurtulursa, o fazla yaşar”* şeklinde özetlenir. Bununla birlikte, *“uygun” hayatta kalma normal* bağımsız olan bir anlam kazansın diye bu kuramı formüle etmenin başka yolları vardır.

İlişkili en önemli bir yüklenme *‘uyum (adaptasyon)’*dur: Basit olarak doğal seçim yoluyla oluşan evrim kuramı, bazı seçici yararlılara sahip olarak tüm biyolojik özellikleri tasvir etmek için evrimsel olarak ‘he-

men oluşturulan hikayeler’ şeklinde icat değildir. Nedenlerine ilişkin sorulara verilen yanıtlarda, kuramın destekçileri hiçbir işleve hizmet etmeyen bazı biyolojik özelliklerin rastlantılar olduğunu kabul ederler. Ancak, diğer birçok özelliğin etkilerinden dolayı seçilmiş olduğunu göstermek için (Sober, 1984) içten gerçek kanıtların olduğunda ısrar ederler. Bu seçim süreci türlerin evrimi için can alıcı noktadır.

Daha ayrıntılı bakıldığında, *“Doğal seçim etkenlerinin”* Darwin’in evrim süreçlerine katılmasına karşıtar etkenler de vardır. Doğal seçimi, öncelikle gruplar, bireyler ya da genler üzerinde düzenleyici olarak düşünmemiz gerekir mi? Yani doğal seçimin aynı zamanda bir düzenleyici özelliği var mı? Benzer konularda, bazı karışık işlemler; çoğunlukla hayatta kalma (yaşama savaşı) geninin yaşaması için, önceden var olması gerekli birey ya da gruplar gibi aktarıcı ‘araçlar’ dan, doğal seçimin sürekli etkilerini temsil eden ‘yineleyici (replicators)’ genler şeklinde seçilmesi ile yapıldı.

Doğal seçimin mantığı üzerindeki çalışma *sosyobiolojinin (S-B)* gelişmesine olanak sağladı. Biyolojinin bu yeni alanı (disiplin) doğal seçimin genetik olarak temel ürünü olan *hayvan sosyal davranışını* araştırır. Ancak S-B’nin eleştiricileri, özellikle yüksek yapılı hayvanlar ve insanlarda bir çok davranışın *non-genetik* olduğuna karşı çıkmaktadırlar. Bazı sosyo-biyologlar ise bu iddiayı reddederler. Diğerleri, eğer çevresel etkiler davranışlar üzerinde aynı şekilde önemli ise, davranışa etki eden bu genler üzerindeki evrimsel baskıyı anlamak için hala geçerli olduğunu savunurlar.

Biyoloji, psikoloji, jeoloji, meteoroloji vb. gibi diğer özgün bilimlerin yanında, **redüksiyonizm** (nedenlilik) konusunu yükseltir. Biyolojinin çağdaş filozoflarının çoğu redüktiyonisttirler.

Bunlar en azından ‘yaşamsal ruh-can (vital spirits)’ ya da ortaya çıkan diğer biyolojik maddeleri inkar etmenin yayılmasında bu özellikler ve bunlar fiziksel özellikler üzerine biyolojik özelliklerin eklendiğini kabul ederler. Bununla birlikte redüktiyonistlerin çok azı t biyolojik yasaların fiziksel yasalarla açıklanabileceğinin inancı içindedirler. Gerçekten bunlar, farklı fiziksel yapılı biyolojik sistemlerin sıradan bir yapılanma tarzları için genel biyolojik yasalar olduğunu savunurlar. Bunlar yalnızca fiziksel yasalarla açıklanamazlar.

1. 2. Biyolojik Doğasallık

Biyolojik doğasallık (biological naturalism) bilinç ve maksat (kasıt) gibi mental fenomenlere; gelişme, sindirim ya da fotosentez gibi doğal biyolojik fenomenlere eşit olarak bakar. Biyolojik doğasallık iki temel tez ile tanımlanır: (i) ağrı, acı, sızı, ıstırap, gıdıklanma, ve kaşınmadan en anlaşılabilir ve çapraşık düşüncelere

kadar tüm mental fenomenlere beyinde daha düşük düzeyli nörobiyolojik süreçler neden olur; (ii) mental fenomenler beyinin daha yüksek-düzeyle özellikleridir. Aslında mental fenomenler de olsa bunlar beynin ve karmaşık yapısının birer işlevidir. “Beyinsiz” akıl ve zihin gibi mental işlevleri yerine getirmek olanaksızdır. Zihinsel bir işlevi sinirsel bir uyarımdan; bu uyarımı hücrel değişimlerden; bu değişiklikleri hücre zarından ve zardaki Na-K ATPaz etkinliğinden bağımsız düşünmek olanaksızdır ve var saymak doğru değildir.

Mental fenomenler, doğal olarak kendi kendilerinde bireysel olarak bu özelliklere sahip olmayan düşük-düzeyle elementlerin davranışlarıyla nedensel olarak açıklanan duyularla “*ortaya çıkarlar*”. Biyolojik doğasallığa göre, beyin aynı zamanda bilinçtir ve bilinçliliğe, her ne kadar tek sinir bilinç değilse bile, sınırlar gibi düşük-düzeyle elementlerin davranışları neden olur. Kurallı olarak konuşma gibi günlük ilişkilerin olağan şekilleridir ve doğada sır değildir. Örneğin, bir bütünden oluşan dizge (sistem) akışkan bir durumda olabilir ve akışkan davranışına her ne kadar tek molekül akışkan olmasa bile yine de moleküllerin davranışı neden olur. Biyolojik doğasallık kimyanın seçenek olan biçimlerinin bilinçliliğin nedeni olabilmesi gerektiğini yadsımaz ancak mental fenomenlere aslında beyin işlem süreçlerinin neden olduğunda ısrar eder. Herhangi bir fenomene neden olan diğer bir dizge beyine eş değer bir neden olma gücüne sahip olmak zorundadır (Searle, 1983, 1984, 1992).

1.3. Biyolojik Etik

Biyolojik etik, biyolojik bilimlerdeki ilerleme ve gelişmelerden dolayı ortaya çıkan moral ve sosyal suçların araştırmasını yapmaktadır. Örneğin, arzu edilen bazı özellikleri artırmak ve yükseltmek için bir bitki ya da hayvan dokusuna genetik olarak düzenlenmiş virüsü vermek olasıdır. Bu gibi teknikler, eğer insanlar üzerinde kullanılırsa, biyoetikçiler tarafından bazı sorular gündeme getirilmektedir: Bir insanın genlerindeki düzenlemede, yalnızca onun değil aynı zamanda torunlarının kalıtsal bir hastalıktan kurtulması olası olacaksa, eğer olası olursa bunun yasal olup olmadığı sorusu tartışılmaktadır. Yeni tekniklerin kullanılması ile ortaya çıkan sorunlar tümüyle yeni kurallara bağlanmamıştır, ancak bunlar olası sonuçlara yeniden uzun-süreli bir bakış gerektirecektir (Warn, 1992).

2. BİYOLOJİNİN GELİŞİMİ VE DAYANAKLARI

Eğitim, günümüzde insanın ertelenemez gereksinimi ve hakkı olarak tanımlanmaktadır (Yetkin, 2000a). Çağımızda eğitim uzun bir sosyal süreci anlatır. Bu düzeyde eğitim yalnızca okul sürecini değil aynı zamanda tüm yaşamı kapsar. Bu süreç, bir bakıma ana karnında-

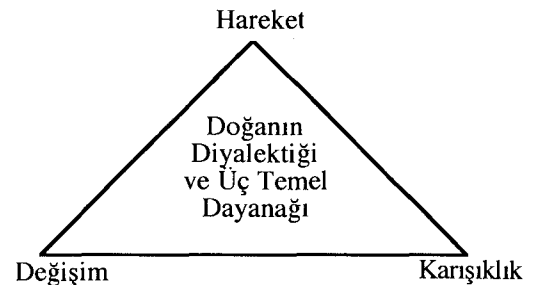
ki fetusun ilk üç ayında (1.trimaster) iştirme yeteneği kazanan kulak yardımı ile seslerin alınması ve yine en son yitirilen bu duyunun körelmesi ile sona erer (Previc, 1991).

İnsanlar biyoloji eğitimine ilk adımı, bedenlerini tanıma amacına ve sağlıklı bir bedene sahip olmaya yönelik olarak geliştirdikleri *jimnastik dersleri* ile attılar. Bu özellikleri ile biyoloji çok eski bir bilim dalıdır: Ancak düzenli bilgiler içeren bir bilim dalı olması eski Yunan’da başlar. Biyolojinin ilerlemesi, doğayı diyalektik görüşler altında algılaması ile sağlandı (Yetkin, 2000b). Biyolojinin gelişmesine antik dönemde Aristo ve Plato’nun büyük katkıları oldu. Biyolojide ilk gözlemler bu döneme rastlar.

Biyoloji tarihi, biyolojinin temellerini atan kişilerin doğaya her zaman nesnel baktıklarını gösterir (Frolow, 1986). Vitalizm biyolojinin henüz bir bilim olmadığı dönemde ortaya çıkmıştır. Bu gün artık biyolojik sistemleri ve onun süreçlerini, mekanik yasalara indirgemek olanaksızdır. Biyoloji yasaları artık diyalektik ve evrimsel olarak açıklanmaktadır. Eğer birey diyalektik yolla düşünmeyi bilmiyorsa, araştırma sonuçlarını filozofik ve teleolojik açıdan genelleştirmek istediklerinde yanılırlara düşebilirler. Organizmaların kendiliğinden ve basamaklı olarak gelişmesi fiziğin ve bu gelişim sırasında gerçekleşen kimyasal olaylar aynı şekilde kimya yasalarına ters düşmez: Evrimsel gelişme her alanda görülmektedir. En küçük organizmalarda bile **insülin, aktin, miyozin** ve diğer önemli moleküllerin izlerine rastlanmaktadır (Schimit, 1997). Hücrenin organizasyonunda mükemmel bir süreç yaşanmış ve halen yaşanmaktadır (De Cuve, 1996).

2.1. Biyolojiye Diyalektik Bakış

Doğaya diyalektik yolla bakan doğa bilimcileri organizmaları iç yapısında (iç çevre) ve dışında (dış çevre) bulunan maddelerin, aslında fizik ve kimyanın kendine özgü özellik ve yasalarla tanımlanmış olan tek ve aynı gerçeklik olduğunu görebilirler (Haas, 1964). Di-



Şekil 1. Doğaya ve Olaylara Diyalektik Bakışın Üç Temel İlkesi: Bu Üç Yasanın Oluşturduğu Alanda Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Olaylar Doğru Bir Şekilde Açıklanabilir. Hareket Varlığı ve Canlılığı; Değişim Gelişmeyi; Karşıtlar İse Uyumu ve Dengeyi gerçekleştirir.

yalektiğin üç temel dayanağı vardır (Şekil 1): Bunlar hareket, değişim ve karşıtların birliğidir.

2.1.1. Hareket

Hareket fiziksel bir kavramdır. Hız, zaman ve konum parametrelerinden oluşur. Evrende her şey hareket halindedir. Bu hareketlilik maddenin atomlu yapısını oluşturan ve doğru yolla yayılan enerjili ışınlar saçan tanecikler (proton, nötron ve elektron) düzeyinde başlar ve atomlu yapıda bir düzene ulaşır. Deneylerin temel verileri olan cisimler bağlı hareketin bir şekli olarak ortaya çıkarlar (Burns, 1985; Supple, 1985). Bu hareketlilik uzaydaki öteleme hareketine kadar yayılır. Uzay açılıp kapanma hareketleriyle yer değiştirmektedir. Yer değiştirme biyolojik anlamda çevre değiştirmedir. Bunun sonucu yeni koşullar ve yeni uyumlar ortaya çıkar.

2.1.2. Değişim

Doğanın diyalektiğindeki ikinci önemli olay değişimdir. Değişimi belirleyen en önemli etken ise zamandır. Zaman her şeyin değişmesine; bir bakıma dönüşmesine öncülük eder. Değişimin ikinci etkeni çevredir. Canlılar sürekli çevreyle etkileşim içindedir. Canlı sistemlerin *değişmezliği* ile *değişkenliği arasındaki ilişki* biyolojik süreçlerdir (Frolow, 1986). Değişmeyen canlılıktır; yani bir tanımdır: Oysa canlıya ilişkin olan her şey değişmektedir. Bu değişim bir bakıma *dönüşüm ve gelişimi* içermektedir.

2.1.3. Karşıtların Birliği

Diyalektiğin bu özelliği olası ki doğadaki her türlü düzeni ve düzensizliği (order or harmony and chaos) doğru anlamamıza ve maddenin dinamik yapısını daha gerçekçi görmemize yardım eder. Bir atom uygun koşullarda onu terk edecek taneciklerden oluşur: Bunlar proton (+), elektron (-) ve nötronlardır. En iyi dengeyi eşit sayıda proton ve elektronlar oluştururlar. Tek bir fazlalık ve eksiklikte bile değişim başlar. Atomlar yük kazanır, moleküller oluşur. Ancak, her molekül, olası ki bir gün kendinden ayrılacak atomlardan oluşmuştur.

Biyolojik dizgelerde karşıtların birliği daha karmaşık ve mükemmeldir: Canlılık ve cansızlık aynı anda birlikte bulunur: Canlı ya da canlılık nedir? Biyolojide bunu birkaç şekilde tanımlayabiliriz: (i) *Homeostatik* olarak canlı; değişen iç ve dış çevre koşullarına göre iç çevrenin filogenetik fizyolojik koşullarını değişmez tutma çabasıdır. (ii) *Biyoenjerjetik* olarak canlı, etkinlikleri için enerjiye gereksinim duyan ve bunu karşılamak için çevreden uygun maddeleri alarak onları yapı ve enerjiye çeviren dizgelerdir. (iii) *Elektriksel* olarak canlı, hücre içi ile hücre dışı ortamları ayıran zar yardımı ile iç tarafta negatif (-), dış tarafta.

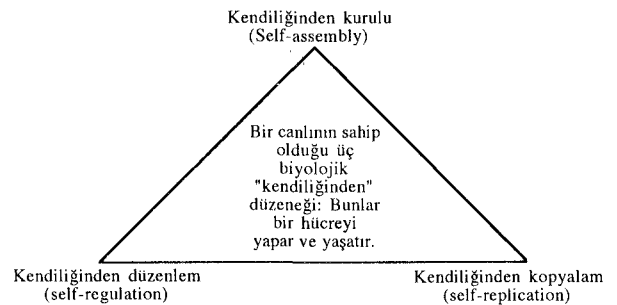
Pozitif değerlerde olmak üzere polarize bir elektriksel özelliği kurabilen ve bu sayede işlevsel olan diz-

gelerdir. (iv) *Uyarılabilirliğe* göre canlı, çevredeki değişimleri uyaran olarak algılayıp, bunlara olumlu ya da olumsuz tepki gösteren dizgelerdir. Görüldüğü gibi bu tanımların tümü fiziksel ve kimyasal kurallara dayanır. (v) *Biyolojik* anlamda ise canlı, kendi dizgesi üzerinde kullanabilecek iradeye sahip dizgelerdir. Bu tanımlardan hangisini alırsak alalım, canlı ve cansız yan yanadır: Eğer bunlar bir düzen ve uyum içinde iseler, canlı uyumsuzluk ve düzensizlik içinde iseler cansız olarak tanımlanırlar, ancak her düzensizlikten (kaos) sonra bir düzen gelir.

19. ve 20 yy'da biyolojide gelişmeler hızlandı; dogmatik düşünce ve mantıklar yıkılmaya başlandı. Fizyolojide önemli gelişmeler sağlandı: Biyoloji canlının yapı, işlev, gelişme, evrimi ve çevresi ile ilgili olayları çözen bir *temel bilim olarak* gelişti. Biyoloji, özgün kuramlarını ve deneyimlerini bir raya getirdiğinde canlılık ve yaşam kavramları kuramsal sorular olarak ortaya çıktı. Şimdi biz burada biyolojinin üçlü önceliklerini inceleyeceğiz.

2.2. Biyolojinin Kendine Özgü Mekanizmaları (Self-Mechanisms)

Bu mekanizma ilk hücrenin ortaya çıkışından günümüze kadar geçen süreçte değişerek ve gelişerek evrimleşen canlının ve çeşitliliğinin sürdürülmesini sağlayan biyolojik işlemleri içerir: Bu mekanizmaların üç ayağı vardır (Şekil 2); bunlar (i) *kendiliğinden-kuruluş* (self-assembly), *kendiliğinden-düzenleme* (self-regulation) ve *kendiliğinden-kopyalama* (*eşleme*) (self-replication) mekanizmalarıdır (Supple, 1999). Bunlar bir bakıma yaşamı belirlemektedirler, çünkü bu mekanizmalarla her hücre kendi yapısını kurmakta; kendine gerekli enerji ve yapı maddelerini üretmekte ve kendisi yok olmadan önce tıpkı benzerini kopyalayarak soyunu sürdürmektedir. Buna göre canlılık ilk *ateşlendiği andan bu yana kesintisiz süren biyolojik bir olaydır* denilebilir.



Şekil 2. Canlıda Gözlenen Üç Ayrı Kendiliğinden (Self-) Düzenekleri. Canlının İlk Ortaya Çıkışından Sonra Biyolojik Düzenin Sürdürülmesi Bu Üç Düzenek Yardımı ile Gerçekleştirilir.

Şimdi sorabiliriz: Yaşam nedir? Yaşam, organizmaları ayıran özellik olarak, kendi düzenini ve üreme için gerekli enerji kaynaklarını bulma ve kullanma yeteneğine sahip olarak ortaya çıkan ve bunun yanında bazı karmaşık organizasyon türlerini de kapsadığını anlatan bir düşüncedir. Yaşamı karakterize eden, bazı seçkin maddeleri bulmak için harcanan çabaların kahramanca olduğu kadar boşuna olduğu kanıtlandı; yani bu çabaların bir kısmı yaşamın amacına uygun ve bu amaca hizmet ederken, bir kısmı boşuna çabalar: Olası ki bu noktada *doğal seçim* çalışmaktadır. Açık olan şu ki, yaşamın herhangi bir şekilde irdelenmesi (analizi) virtüsler gibi ekstrem örneklerin olacağını kabul ve taktir etmek zorundadır. Bu gibi örnekler biyolojide kavram dizini-sözlük hazırlayıcılar için zorluklar çıkarabilir; ancak bunu anlamak bizim için kesin olarak evrim kuramının bize nasıl yol gösterdiğine bağlıdır (Haldane, 1989).

2.2.1. Kendiliğinden-Kuruluş (Self-Assembly)

Hiçbir hücre kendi makro ve mikro kuruluşu için dışardan bilgi ve destek almaz; yalnızca yapı ve enerji gereksinimini karşılayacak maddeleri alır. Bu bilgiler *biyolojik evrimin* ilk *sıçrama noktasını* oluşturan hücre- ya da – hücrelerin ortaya çıkışı ile başladı ve kesintisiz sürmektedir. Bu bilgilerin tümüne *morfogenez* denilmektedir. Morfogenez, genetik programlamanın bir sonucu olarak, uzay ve zaman içinde canlı organizmanın büyüme ve gelişmesinin karakteristik mikro- ve makro yapısının kuruluş süreçlerine verilen addır.

Morfogenezin moleküler temellerinin araştırılması biyokimyanın öncü araştırma alanlarından birini oluşturur. Birçok molekül üstü dizgeler, dışardan hiçbir buyruk ve eğitim almaksızın kendi alt-birimlerinden kendilerinin kuruluşunu yapabilirler. Böyle bir durumda, gereksinim duyulan tüm bilgi alt-birimlerinin yapısı içinde olmalı. Proteinlerden oluşan birimler, ribozomlar, zar yapıları ve diğer hücre elemanları kendi kuruluş bilgilerini taşıtmaktadırlar.

Kendiliğinden-kuruluş işlemlerinin diğer bir özgün özelliği, çoğunlukla sözünü ettiğimiz gibi tümü oluşturulan parçaların, kuruluşlarında özgün bir sırayı izlemeleridir; olası ki bu alt-birim polipeptit zincirlerinin birincil yapısı içine kodlanır. Böylece tüm birimlerin kuruluşunun gerçekleşmesi ortaklaşa bir süreçte ve eş zamanlı olarak tamamlanır.

2.2.2. Kendiliğinden-Düzenleme (Self-Regulation)

Diğer önemli bir gerçek ise, hücrede tüm kimyasal tepkimelerin enzim-katalizli ve sıradan ara maddeler ile düzenlenmiş olmasıdır. Kısacası hücreler kendileri için gerekli olan tüm kimyasal tepkimeleri, yine kendi yapılarında bulunan ve kendileri tarafından yapılan enzimler yardımı ile gerçekleştirirler. Sonuç olarak enzim-ka-

talizli tepkimelerin bir birine bağlı ve birbirini izleyen tepkimeler dizisi, enerji-sağlayan tepkimelerden enerji-gerektiren işlemlere kadar kimyasal enerjinin aktarımı için ortam sağlar.

Kendiliğinden-düzenleme gerçeğine bağlı olarak burada önemli bir kural çıkar: Hücreler, en üst düzeyde verim ve ekonomi sağlamak için metabolik tepkimelerinin ve enzimlerinin biyosentezinin düzenlenmesini başarabilirler.

Aynı şekilde hücreler bu yeteneklerini gerçekleştirmek için de dış çevreden bilgi ve destek almazlar; ancak ortamın fizyolojik koşullara uygun olması gerekir. Bilindiği gibi canlılar ve canlılık kendi sahip oldukları özelliklerle birlikte, uygun bir fizyolojik çevreye de sahip olmaları gerekir.

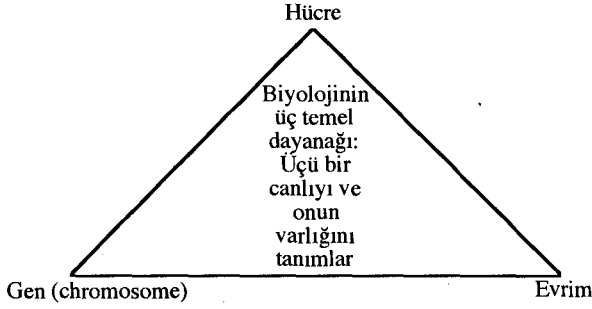
2.2.3. Kendiliğinden-Eşlenme (Kopyalanma) (Self-Replication)

Canlının ya da hücrelerin tüm özelliklerinden belki de en çok ilgi çeken, yaklaşık mükemmel bir doğrulukla, şaşırmadan ve hata yapmadan kendi kendilerini üretme yeterliliğine sahip olmalarıdır. Bu olay yalnızca bir ya da iki kez ve şaşırtıcı olarak yeterince olmamakla kalmaz, aynı zamanda yüzlerce ve binlerce kuşak gerçekleştirebilmektedir.

Genetiğin biyokimyasal yaklaşımlı çağdaş araştırmalar, canlılık durumunun moleküler mantığında kulla bilen diğer bir gerçeğe izin verir: Genetik bilgi içinde DNA'da kodlanan semboller boyut içindeki alt-moleküler yapılarıdır.

Kendiliğinden-eşlenme olayında canlı organizmanın ikinci bir ilgi karakteristiği, DNA'da saklanan genetik bilginin olağanüstü kararlılığıdır.

Hücrelerin genetik bilgilerini saklama kapasiteleri, *yapısal tamamlayıcılıkları* kuralının düzenlemesinin sonucudur. Canlı organizmada genetik-bilgi aktarımının ilgi çeken özelliklerinden üçüncüsü, genetik-bilginin ipliksel yapıdaki DNA molekülünde dört farklı nükleotid yapı biriminin özgün bir dizi biçiminde kodlanmasıdır. Oysa canlı üç boyutludur. Nasıl ki tüm bilgiler insanlar tarafından, çamur, taş, deri, papirus, kâğıt ve şimdide bilgisayar düzlemine yazılıp, sonra da buradan istenilen yapılarla ulaşılır: Örneğin, araç, bina, ev eşyaları vs yapılır. Buradan canlılık durumunun moleküler mantığında ki en can alıcı bir gerçeğe gelebiliriz: Bu gerçek DNA'nın basit doğrusal kimyası ile çok hücreli (multicellular) organizmaların son derece büyük çeşitliliğinin tüm üç-boyutlu özellikleri arasındaki bağlantısını sağlar: *DNA'nın tek-boyutlu bilgi kaynağı, DNA yapısından gerçekleştirilen okuma ve çevirimle protein yapısı şeklinde canlı organizmanın üç-boyutlu makromoleküler ve molekül üstü birimlerine aktarılır.*



Şekil 3. Biyolojinin Üç Temel Dayanağı Biyolojik Dizgelerde Her Olay Bu Üç Temele Dayanır ve Bunlarla Açıklanabilir. En Karmaşık Biyolojik Olaylar Hüresel Düzeye; Benzerlik, Farklılık ve Temel Yapıyı Sürdürme Gen, Kromozom ve Çekirdek Asitleri (DNA, RNA) Düzeyine; Farklılaşma İse Çevre Değişiklikleri ve Yaşam Savaşına, Yani Evrim Gerçeğine İndirgenerek Açıklanabilir.

Sonuç: Bir canlı hücre, parçaları ve süreçlerini en yüksek ekonomi kuralına dayalı olarak gerçekleştiren organik moleküllerin *kendi-kuruluşunu kendisi yapan, kendi kendini-düzenleyen ve kendi kendini kopyalayabilen* izotermal açık sistemdir; *o ardışık olarak enerji dönüşümü ve organik katalizörlerin yardımıyla kendi birimlerinin(component) yapımı için gerekli olan bağlantılı tepkimeleri gerçekleştirir ve tamamlar ve böylece kendini üretmiş olur.*

3. BİYOLOJİNİN ÜÇ TEMEL DAYANAĞI

Organik evrimin tamamlanmasından sonra başlayan biyolojik evrimin ilk sıçrama noktası hücre benzeri ilkel yapıların ortaya çıkmasıdır. Biyolojik evrim bu aşamadan sonra başlamıştır. Biyolojinin bilim olarak gelişmesinden sonra gerek canlılığın temel birimi, gerek canlıların kendilerini sürdürebilmeleri ve gerekse bu güne ulaşmalarının nasıl gerçekleştiği sorusuna aranan yanıtlar sonucu biyolojinin üç temel dayanağı ortaya çıktı: Bunlar *hücre, gen ya da kromozom ve evrim kuramlarıdır* (Şekil 3). Bunlardan ilk ikisi çok kısa sürede kuram olmaktan çıkarak biyolojinin yasalarını oluşturdu. Sonuncusu, evrim kuramı ise, büyük bir bölümü doğrulanmış, çok az bir eksiği ile yasalasma yolunda olan belki de en önemli kuramdır. Evrimin gerçekliği ve geçerliliği akıl ve bilim sınırları içinde yadsınamaz durumdadır; ancak gerek yer yüzü oluşurken, gerek inorganik ve organik evrim gerçekleşirken ve gerekse ilk hücreler oluşurken “gözleriyle olayları gören ve çekim yapan bir tanığın” bulunmaması eksiklik gibi görülmektedir.

3.1. “Hücrelilik” Yasası

Kısaca *“tüm canlılar hücrelerden oluşurlar”* şeklinde özetlenebilir. Bu sonuca ulaşmanın elbette uzun

bir bilimsel araştırma süreci vardır. Tüm diğer hayvanlarla birlikte insanlar, bitkiler ve mantarlar varlıklarını küçücük, ilkel bakteri benzeri yapıların titizlik ve ciddiyetle daha büyük, karmaşık olarak organize olmuş hücreler şekline dönüşümüne borçludurlar (De Cuve, 1996; Wolf, 1989). Biyolojide her sorun hüresel düzeyde çözümlenir ve yanıt bulur: Hücre çözülmeden canlı çözülemez.

İlk yeryüzü koşullarında gerçekleşen organik evrim sonucu oluşan o olağanüstü uygun **“çorba”** içinde bir sistemin diğer ortamdan ayrılarak önce hücre ve sonra canlı diye nitelendirilmesi için; sonra bu sistemin kendi farklılığını korumakla birlikte, bulunduğu ortamla ilişkisini sürdürmesi; bu kez kendi iç ortamında bazı fizyolojik işlevleri gerçekleştirebilmesi ve sonuç olarak da, kendisi sonsuza kadar özelliklerini koruyamayacağına göre, aynı özellikleri taşıyacak ve sürdüreceği bir temsilcinin oluşturulması sırasıyla; (i) *bir zar yardımı ile ortamdan ayrılması*, (ii) *bu zar yardımıyla dış çevre ile belirli düzeyde ilişki kurması*, (iii) *kendi işlevini yerine getirme için bir kaynak kullanarak enerji üretmesi ve (iv) kendi benzerini yapacak bir kalıtsal bilgiye sahip olmasına* bağlıdır. Bunlar *yarı-geçirgen hücre zarı, organik moleküller ve fermentasyon ve nükleik asitler olarak* görülmektedir. İşte bu özelliklere sahip olanlar **hem hücre ve hem de canlı** olarak tanımlanır. Bunlar bu günkü yaşamın **atalarıdır**.

Yeryüzünde ilk organizmalar yaklaşık 3.7-4 milyar yıl önce görüldü. Bunlar bu günkü bakterilerden çok farklı olmayan küçük, tek hücreli canlılardı ve belirgin bir çekirdeklerinin yokluğundan dolayı **prokaryot** olarak sınıflandırıldı. Bunların olağanüstü evriminden gerçek çekirdek farklılığına sahip olmalarından dolayı **eukaryot** denilen hücre şekli ortaya çıktı. Bu gün artık tüm **çok hücreli (multicellular)** organizmalar, prokaryotlardan daha karmaşık olan eukaryotik hücrelerden oluşurlar. Eukaryotik hücreler çok büyük bir olasılıkla prokaryotik atalarından oluştu. Eukaryotik hücreler, prokaryotlardan açık bir şekilde hacim olarak da 10.000 kat daha büyüktür.

Elbette bu iki farklı hücre sınıfının aralarındaki farkların ayrıntıları bilinmektedir. Burada amaç tüm canlıların, ne denli karmaşık olursa olsun birim yapıdaki hücrelerden oluştuğu gerçeğidir. Bir hücrenin tüm fizyolojik etkinliğinin bilinmesi ve tanınması ile, en karmaşık dizgelerin kolaylıkla anlaşılması sağlanabilir. Nasıl ki matematikte birime ulaşarak karmaşık bir problem çözülebiliyorsa, biyolojide de hücrenin fizyolojik işlevleri her düzeyde anlaşıldığında tüm organizmaya ilişkin sorunlar aydınlatılabilir. Bu nedenle çok ayrıntılı olarak hücre fizyolojisinin ve biyolojisinin verilmesi gerekir; bu biyoloji eğitiminde göz ardı edilmemeli ve savsaklanmamalıdır.

Diğer yandan hücrelerin karmaşıklaşması doğrultusunda, biyologlar, bir *endosimbiyoz* olayına olasılık vermektedirler. Buna göre mitokondri ve plastitler gibi yapılar bazı konukçul hücreler tarafından uyum sağlandırılan bakterilerden ortaya çıktılar. Bu kuramın bir yüz yıldan daha uzun bir süre geçmişi var. Daha sonra bu görüş üzerinde düzenlemeler yapıldı. En önemli kanıt bu organellerin içinde, hücreninkine ilave olarak bulunan ancak işlevsel olan genetik sistemin varlığıdır.

Eukaryotik hücrelerin evriminde son basamak prokaryotların, evrimin son aşamasında göze çarpan daha büyük fagositler içine konuk edilmesidir. Bu yolla karmaşıklaşan ve organize olan hücreler enerji gereksinimlerini önce *enzim-etkilenen madde düzeyinde fermentasyondan*, sonra ışığın kullanımı ile *fotosentezden* ve bundan sonrada *oksijenin kullanımı ile oksijenli solunumdan* sağladılar. Evrimsel olarak ortaya çıkan bu ilişki, bu gün eukaryotik hücrelerde sürmektedir. Her hücrede enerji çevirimi glikoliz yoluyla başlar; sonra hidrojen ve elektron kazanımı ile sürer ve sonuçta oksijenin kullanımı ile tamamlanır.

3.2. Gen (Chromosome) Yasası

Hücreler değişmezliklerini ve hücre tanımında açıkladığımız özelliklerini nasıl sürdürürler? Bu can alıcı bir sorudur: Öyle bir yanıt verilmelidir ki açıklamalar hücrenin varlığını oluşturması ve sürdürmesi için doyurucu olsun. Protein yapamayan hücrelerden oluşan bir organizma yok olmaya mahkumdur. En azından, hücreler kendi yaşantıları için gereksinim duydukları proteinlerden uygun miktarlarda üretmek zorundadırlar (Todorov, 1990). Öyleyse hücreler bu gibi proteinlerin homeostasisini nasıl sağlarlar?

Bilindiği gibi protein yapımında ilk basamak DNA yazılımıdır: Hücrenin hangi proteine gereksinimi varsa DNA ipliği üzerindeki o bölgeyi kopyalar. Böylece protein yapı bilgisi şifrelenmiş olarak DNA'dan RNA'ya geçer, mRNA oluşur. mRNA yazılımı çekirdekten sitoplazmaya geçer, burada mRNA protein yapımı için bir kalıp olarak hizmet eder; diğer bir deyimle burada okunur ve çevrilir.

Çeviri işlemleri *ribozom* denilen küresel yapılar tarafından tamamlanır: Ribozomların yapısında farklı bir RNA çeşidi vardır ve buna rRNA denir. Ribozomlar iplik okunurken mRNA üzerinde hareket ederler. Ancak aynı anda birden çok ribozom kendiliğinden mRNA üzerinde bir raylı hareket sistemi üzerindeki gibi dizilebilir ve ilerleyebilirler ve bunlar birlikte polizomlar (poliribozom) denilen protein fabrikasını kurarlar. Bu kez ribozomlar üzerine, istenilen proteini yapmak için amino asitler taşınır. Amino asitleri taşıyanlara ise tRNA denilir. İlk amino asidin ribozoma tutunmasından

sonra özgün bir amino asit eklemek için tRNA molekülleri yeni amino asitler getirirler. Buna göre bir protein yapımında bir birini izleyen bağlantılar vardır. Bu şöyle açıklanır:

BİLGİ-DNA → mRNA → rRNA (Ribozom)

tRNA ↔ aa ⇒ Protein → Yapı ve İşlev

Şimdi artık *gen* kavramını tanımlayabiliriz ve önemini vurgulayabiliriz: Başlangıçta canlıya ilişkin bilgilerin tümünü içeren etkin bir madde olarak düşünülen gen daha sonra Watson ve Crick'in (Watson, 1953), ilk kez F. Mischer tarafından tanımlanan çekirdek asitlerinden DNA'nın çift sarmal yapısını açıklamalarıyla anlam kazandı. Artık gen, canlının herhangi bir bölgesi ve işlevi için gerekli olan proteinin yapımını sağlayacak baz dizisine sahip DNA'nın *anlamlı* parçası olarak tanımlanır. Buradaki *anlamlılık* proteinin yapısına giren amino asitlerin *sayısı, sırası ve çeşidini anlatmaktadır*. İşte bu yeteneklere sahip kalıtsal bilgiler prokaryotik hücrelerde sitoplazmada dağınık; eukaryotik hücrelerde ise özel bir zarla çevrili çekirdek içinde bulunurlar: İşte eukaryotiklerdeki bu yapılara da *kromozom* denir.

Bununla birlikte evrimsel süreçte RNA işlevinin DNA'nıkinden daha öncül olduğu bilinmektedir; çünkü DNA yalnızca bilgi taşıırken, RNA hem bilgi taşımakta ve hem de protein yapımında enzim görevi yapmaktadır.

3.3. Evrim Kuramı

Evrim kuramını kısaca, "*bu gün yaşamakta olan canlılar, başlangıçta bu günkü gibi karmaşık organlara sahip ve çeşitli değillerdi; ancak uzun bir biyolojik evrim sonucu bu günkü çeşitlilik ve karmaşıklık düzeyine geldiler*" cümlesi ile tanımlayabiliriz. Evrim kuramının başlangıcını Darwin'in *doğal seçim kuramı* oluşturur. Doğal seçim kuramı "*evrimsel süreçlerin bölünmez (unitary) olduğunu ve yalnızca hayatta kalma değerine sahip olan tek farklılıkları olanların çoklu yapılanmasıyla oluşan gruplardan değil, aynı zamanda ayrılmalarla gerek organizasyonda ve gerekse özgülleşmelerde uyumlar üretmek için büyütüldüklerini*" önermektedir (Gould, 1980a). Bir düşünceler kuruluşu olarak Darwinizm, bir çok doğruluk ve yanlışlıkları kapsayacak olan yeterli bir yoldur ve değişik şekillerde tanımlanır.

Aslında bu gün evrimin bilimsel açıklanmasında, olası ki Darwin'in katkıları çok az düzeye düşmüştür. Çünkü Darwin, daha çok besin gereksinimi ve yaşama savaşına dayalı gözlemler yapmıştı. Darwin'in önemi evrim görüşünü geliştirmesidir. Oysa evrimle ilgili "çağdaş yorumlar" ya da "neo-Darwinizm" (Horgan, 1995) gibi yeni bakış açıları gelişti: Evrimi moleküller ve genetik düzeyde açıklamak hem daha so-

mut, hem daha bilimsel ve hem de daha kolaydır. Neo-Darwinizmin iki dayanağı vardır: (i) Başından sonuna kadar çeşitliliğin kaynağı nokta mutasyonlarıdır. Evrimsel değişme populasyonda dereceli olarak gelişen bir allellik yerine geçme süreç ve işlemleridir. Yani gelişme ve değişmeyi, yeni türlerin ortaya çıkışından sonra hemen başlamak üzere, yeni evrimsel eğilimlerin ortaya çıkışına kadar geçen geniş bir süreçte, uzun-zaman aralıklarını gerektiren ve değişimi etkileyen benzer süreçler temsil eder. Uzun periyotların doğrultusunda ardışık karşılıklı ilişkileri olan allellik olarak yerine geçmelerden oluşur. Kısacası, populasyonun biçimsel değişmesi ile ortaya çıkan derecelenme, süreklilik ve evrimsel değişmedir. (ii) Genetik çeşitlilik yalnızca kaba bir malzemedir. Doğal seçim evrimsel değişmeyi yönlendirir. Değişmenin oranları ve doğrultuları ham malzeme tarafından harcanan gücün azıcık zorlamasıyla gerçekleşen ayıklama ile denetlenir. Tüm genetik değişmeler uyum eğilimlidir. Kısacası, bu uyuma yol gösteren doğal ayıklamadır; yani canlılığın uyumunu artıran kalıtsal değişmeler kalıcı olmaktadır. O halde evrimde, onun getirdiklerinde, çeşitlilikte ve karmaşıklıkta organizmayı uyuma zorlayan etkenleri ve bu sayede gerçekleşen ayıklama işlemlerini kavramak zorundayız. Eğer bir canlılığın her hangi bir organını bu günkü düzeyde düşünür ve böyle bakarsak; örneğin gözün yapı ve işlevine, beynin karmaşıklığına, atların vücut yapılarındaki düzene ve diğerlerine, bunların mükemmelliği karşısında şapka çıkarırız; oysa en karmaşık sistemin bile başlangıçta bir hücre olduğunu ve buradan dereceli olarak geliştiğini, bu gelişmeyi bir yandan kalıtımın ve bir yandan da çevrenin şekillendirdiğini ve bu şekillenmenin o canlılığın atalarının geçirdiği evrelere benzeyerek tamamlandığını doğru algılayarsak, organizasyonu daha kolay anlayabiliriz.

4. BİYOLOJİK SİSTEMLERDE CANLILIK ETKİNLİKLERİNİN DÜZENLENMESİ VE AÇIKLANMASI

Biyolojide can alıcı nokta canlılık etkinliklerinin nasıl gerçekleştiğidir. Aslında biyolojinin sonuçta ulaşmak istediği düzey canlılık etkinliklerinin açıklanmasıdır. Böylece yapımı tamamlanan tekerlek dönmeye başlar. Biyolojinin mantıksal temeli “*yaşam nedir?*” sorusuna mantıksal bir yanıt vermektir: Aslında bu noktada “*canlı*” ile “*yaşamı ve onun amacını*” ayırmak gerekir. Canlılık bir etkinlik iken, yaşam bir bilinç, bir süreç ve olası ki bir amaç içermektedir (Yetkin, 1998). Günümüz biyologları bu soruyu iki şekilde yanıtlamaktadır: (i) canlı sistemler, fizik kurallarına uyan ve enerji tüketen bir makinedir. Bu yanıt sonuçta bir metafizik yanıt olan *vitalizme* gider. Oysa canlılar tükettikleri enerjinin ve eksilenlerin yerine koymaları gerekli olan yapı maddelerini de evrensel olarak kendileri üretirler. (ii) Diğer

yandan evrimsel kavramda ise yaşamın canlılık olarak nasıl evrimleştiğidir; evrimsel süreçlerin bizzat kendisi yaşamın nedeni olmaktan yoksundur.

Yaşamın anlamı nedir? Aslında önemli bir sorudur. Yaşam bir yandan sosyal bir anlam taşımaktadır: Olası ki bu anlam insanın isteklerini yansıtır ve belirler. Bunlar *öğrenme, yücelme ve sonsuzlaşmadır*. Yaşam diğer yandan ise diyalektik bir anlam taşımaktadır. Mutlak varlığın *hareket ve ivmesi (momentum), değişmesi ve kendi çelişkilerini içinde taşıyarak farklı işlevlere olanak sağlamasıdır*. Su, Na, K, Cl, Ca ya da alanın, timin, fosforik asit, kolesterol, fosfo-lipid, miyoglobin gibi element ve moleküller canlı mı, cansız mı? Bunlar teker teker ve fiziksel ortamda cansızdır; ancak fizyolojik koşullarda ve hücre içinde, kalıtsal olarak üretilip ya da ortama katıldıklarında bunlar doğrudan işlevsel bir ortama girer ve canlılık çarkını çevirirler, tıpkı bir *kendi düzeni ve varlıkları ile sürekli çalışabilen bir düzenek gibi (devri daim makinesi)*. Bu süreç o mükemmel denge ve koşullar bozuluncaya dek sürer, tıpkı düzenekte bir parçanın bozulması gibi.

Şekil 3’de görüldüğü gibi “*yaşamın mantıksal açıklaması*” dışında kalan alanlar biyolojinin yalnızca çatısını; yani ana yapısını oluşturmaktadır. Oysa böyle bir sistemin biyoloji bilgisi olabilmesi için buna ilişkin “*canlılık etkinlikleri*”nin açıklanması gerekmektedir. Bu noktada yine bir başka “*üç ayak*” önem kazanmaktadır: Bu aşağıda açıklandığı gibi fizyoloji üçgenidir.

Fizyoloji, canlılık etkinliklerinin anlamlı ve mantıksal açıklamasını yapar: Buradaki mantık bilimsel mantıktır. Bunun temeli de Şekil 4’te üçgenin köşelerini oluşturan fizik, kimya ve kuruluş (geometri, estetik, matematik) yasalarıdır. Bunların bileşkesi, ya da üçgenin odak noktasını fizyoloji oluşturur.

4.1. Fizyoloji

Fizyoloji yaşamın araştırmasıdır. Fizyologlar, tek ve basit hücreler içindeki çalışmalardan insan populasyonları ve üzerinde bulunduğumuz yer, ay ve bunların daha ötesinde yer alan çevremiz arasındaki karşılıklı



Şekil 4. Canlılık Olaylarının Dayandığı Üç Bilimsel Ayak. Canlılık Etkinlikleri Fizyolojik Dizge ve Düzeneklerle Açıklanır. Her Fizyolojik Olay Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Yasalara İndirgenebilir.

ilişkilere kadar olan anahtar soruları yanıtlarlar. Bu sorulara yanıt vermek için fizyologlar laboratuvarlarda, kütüphanelerde, yer yüzü alanlarında ve uzayda çalışırlar. Örneğin, bir fizyolog belirli bir enzimin özgün bir hücre ya da onun alt birimi olan organelin işlevlerine nasıl katkı sağladığını araştırır. Bir fizyolog insanların kalp ya da diğer bir çok hastalıklarına yanıt vermek için olasılıkla kalp-damar (cardio-vascular) dizgesini inceler. Bir fizyolog, öğrenme ve belleğin temel mekanizmaları ile ilgili sorulara yanıt vermek için okyanus deniz salyangozlarında bulunan sinir ağlarını (neuronal networks) araştırır. Ve aynı zamanda fizyologlar vücudun yer yüzünde sıcaklık ve çevresel sınırlara, ya da bu çevresel gerilimlere nasıl dayandıklarını öğrenmek için uzay uçuşlarında karşılaşılan “0” yer çekimine nasıl uyum sağladıklarını araştırırlar.

Fizyoloji oldukça geniş kapsamlı ve önemli bir bilim dalıdır (hücreden beyine kadar) (Schimit, 1997; Zaccai, 1998). Çünkü fizyoloji bizim “yaşam nedir”, hastalıklar nasıl sağaltılabilir ve yeni bir çevre ile karşılaşan vücudumuzun gerilime nasıl dayandığına ilişkin bilgimizi genişletme temellerine dayanır. Bu nedenle de fizyoloji eğitimi biyoloji içinde önemlidir. Orta öğretimde “sistemler” başlığı ile okutulan konular, aslında fizyoloji konularıdır. Öğrenci bunu bilmeden üniversiteye geliyor. Üniversitede ise üçüncü sınıfta fizyoloji ile karşılaşılıyor. Tüm olayları yeniden kavramaya çalışıyor.

Biyoloji içinde özellikle fizyoloji eğitimi belirginleşmeli ve özelleşmiş öğretim programı izleyen ön lisans ile başlamalıdır. Ayrıca gerekli olan yazım bilgisi, matematik, kimya, fizik ve bilgisayar eklenmelidir. Öğrenciler için, sorular bulmak ve belirginleşen soruları düzene koymak ve anlatım yolları tasarlamaları için bir yetenek geliştirmek önemlidir.

4.2. Biyo-Fizik ve Biyo-Kimya: Fizik ve Kimyanın Yasalarını Kullanma

Aslında her ikisi de biyolojik dizgelerde gerçekleşen fizik ve kimyanın evrensel kurallarını açıklar. Kısaca şunu söyleyebiliriz ki; herhangi bir biyolojik olay ya fiziksel ya da kimyasaldır. Örneğin, sinirlerde impuls iletimi, kanın damar çeperlerine yaptığı basınç, bir cismin kaldırılmasında uygulanan kuvvet ve yapılan iş, görme ve işitmedeki titreşim ve girişimler fiziğin mekanik ve elektrik yasalarına göre gerçekleşir. Oysa protein yapımı, enzimatik olaylar, solunum, hormon yapımı ve etkileri tümüyle kimyasal olaylardır. Burada sorabiliriz: Biyolojik yanı ve yasaları nedir? Buna yanıt önce canlı yaratacak olağanüstü mükemmel koşul, ortam ve maddelerin bir araya gelmesi sonucu ilk hücrelerin oluşması ve bunların *kendiliğinden mekanizmalar* yeteneği kazanmasıyla gerek kendi iç yapısı ve gerekse

dış çevresi üzerinde bir irade kazanması ile verilmiştir. Bu yetenek bundan sonra kesintisiz, ancak gelişerek ilerlemiştir: Bu noktada *diyalektik mantık* biyolojiye büyük destek sağlamaktadır. Buda doğa felsefesidir. Buna göre doğada varlığın kökenini açıklayan maddi bir “ilk” bulunur (Çubukçu, 1989). Bu her şeyin ancak “mutlak varlıkla” açıklanabileceğini ve “mutlak yokluk” olmadığını anlatır (Yetkin, 1998). Diğerleri ise *hareket, değişim ve karşıtların birliğidir*. O halde *canlı*, öncelikle maddi bir varlık; sonra içinde fiziksel ve kimyasal olayların gerçekleştiği bir *kendiliğinden organizasyon* ve yine kendi sistem ve organizasyonunun bir fonksiyonu olan irade ve yönetim düzenidir. Bu düzenin varlığı, sürekliliği, çevresi, özellikleri, değişimi ve gelişimi ve evriminden oluşan bilgiler bütünü de *biyolojiyi oluşturur*. Elbette fizik ve kimyanın yasaları ve canlılık etkinlikleri ancak biçim ve şekil almış, bu yasaların uygulanabileceği bir yapı üzerinde gerçekleşir: Bu da canlının *sitolojik, histolojik ve anatomik düzenidir ve canlının morfolojisini oluşturur*. Maddenin enerji düzeyini oluşturan tanecikler bu güç ve yeteneğe sahiptirler. Bu nedenle de evrime karşı çıkmak akılcı, anlamlı ve haklı bir tutum değildir ve hatta bir bakıma evrimin gücünü kavramadan yoksunluktur.

5. SONUÇ VE ÇIKARIMLAR

Biz insanlar Linnaea sisteminde *Homo* cinsi içinde sınıflandırılan *hayvanlar*. Buradaki “*hayvan*” sözcüğü, biyoloji eğitiminde latince kökenli “*animale*” sözcüğü yerine kullanılmaktadır ve bir biyolojik *yaşam tarzını* ve bu tarza göre bir sınıflandırmayı anlatmaktadır. Bunun tersine bir aşağılama, horlama ve hakaret anlamı yoktur. Bu cins içinde (Homo) diğer türler de olmasına karşın, yalnızca insanı temsil eden tür *Homo sapiens* olarak sınıflandırmadaki yerini alır (Jordan, 2000; Tattersall, 1992; Levinton, 1992). Ancak insanlar *ırklar* şeklinde alt gruplara ayrılırlar. Daha çok renklerle anılan bu gruplar, *beyaz, siyah, sarı ve kızıl derili* şeklinde tanımlanır. Elbette bu farklılıklar bir uyum için gerçekleşen bir seçimin evrimsel ürünleridir. Bununla birlikte, hem kendini hem de başkalarını eğitecek bir tür yoktur. Non-homan primatların konuşmaya benzer bir ölçüde iletişim kurdukları, ancak mental durumları saptamayı beceremedikleri belirlendi (Stringer, 1990; Larnon, 1992; Wilson, 1992). Darwin (Darwin, 1985) insanın daha aşağı bir biçimden (form) geliştiğine ilişkin biyolojik kanıtları “İnsanın türeyişi” adlı kitabında tartışmaktadır. İnsanın daha önce yaşamış bir biçimden değişiklik geçirmiş olan bir soyu olup olmadığına karar vermek için, insanın vücut yapısı ve zihinsel yetileri yönünden değişip değişmediğinin biyolojik ve antropolojik yönden araştırılması gerekir.

Biyoloji insanlara, onun yaşamın amaçlarını tartışması yönünden en yararlı bilim dalıdır. Çünkü insan

kendi biyolojik varlığı ile yaşar. Ülkemizde ilk öğretimden üniversite yıllarına kadar ve bir çok alanda biyoloji okutulur (Yetkin, 1998). Ancak bu süreçte biyolojinin doğru algılandığı ve kavrandığı söylenemez. Örneğin biyoloji bölümlerinin dışında biyolojinin uygulamalı bilim alanları olan *tıp, tarım, eczacılık, dişçilik, ormancılık, çevre, veterinerlik, ebe ve hemşirelik, gıda, beslenme ve diyetetik gibi alanlarda biyoloji ve biyolojinin alt dalları* yük ve engel gibi görülmektedir. Oysa bir hekimin ancak iyi bir fizyoloji bilgisi ile; bir tarımcının ve ormancının iyi bir zooloji ve bitki fizyolojisi ile başarılı olacağını bilmesi gerekir.

Son dönemlerde biyolojiden koparmak için başına bazı sıfatlar eklenerek yeni biyoloji alanları açılmaktadır. Yine uygulamalı alanlarda okutulan biyoloji kaynaklı dersler, sanki o alanlar için ayrı bir bilim dalı olarak gösterilmektedir. Oysa Avrupa ve Amerika gibi bilimde gelişmiş ülkeler uygulamalı alanlarda biyolojiye ağırlık vermektedir.

Ülkemizde öncelikle biyoloji eğitiminin, Cumhuriyetin Kuruluş ve Eğitimin Amaçları yönünde özgürleşmesi gerekir. Biyolojinin yasa ve öğretilerine karşı geliştirilen karşıtlıklar ve tepkici eğitim bırakılmalıdır. Neredeyse insanın aklının kestiği günden bu yana yapılan araştırmalar daha çok canlılara yöneliktir. Yüzlerce ve binlerce bilim insanının, yine yıllarca çalışarak geliştirdikleri biyoloji bilgilerini, biyoloji ile uzaktan yakından ilgisi olmayan birileri bir hafta içinde kaleme aldıkları safsatalarla biyoloji yasalarını çürütmeğe kalkıyor. Kilisenin evrim kuramına karşı açmış olduğu davayı Amerikan mahkemeleri geri çevirdi ve evrimin bilimsel bir gerçek olduğunu karara bağladı. Aynı yönde Ülkemizde de bir karar alınmalıdır. Böylece gereksiz ve boşuna çatışmalar ve zaman yitimi önlenir.

Öğrenci orta ve yüksek öğretimde biyoloji öğreniyor eğitim görüyor, öğretmen oluyor, öğrenci yetiştiriyor ancak evrime (Gould, 1993) ve biyoloji yasalarını iyi algılamıyor ve hatta karşı çıkıyor: Bu nasıl bir eğitimidir? Fizik okuyan birinin fizik yasalarına; örneğin yer çekimine ve Newton yasalarına, geometri okuyan birinin Pisagor bağıntısına ve trigonometrik kurallara, kimya okuyan birinin madde ve enerjinin korunumu ve termodinamik yasalarını tanımaması düşünülebilir mi?. Oysa biyoloji bireyin doğrudan kendini tanımasını ve çözmesini; buna göre de yaşamasını sağlayan ona en yakın bilimdir. Üretim, beslenme, çevre sorunları, sağlık, hastalıklar, evlilik ve aile ilişkileri ve hatta öğrenme ve bellek gibi insanı yakından ilgilendiren sorunlar ancak biyoloji eğitimi ile giderilebilir. Biyoloji eğitiminin daha gerçekçi ve daha evrensel bir düzeye gelmesi için ortam, yöntem, öncelikler ve mesleki açıdan daha ileri bir düzeye getirilmelidir. İnsanların, doğal ve bakımlı güzel bir çevrede, sağlıklı yaşama, beslenme, üreme, bedensel ve ruhsal yönden tam bir iyilik durumunda ol-

Tanecik, atom ve Moleküler düzey: Yaşamın organik ve İnorganik temelleri	Farklılaşma Moleküler düzey: Çeşitlilik: Evrim
Kuruluş ve Yapılanma: Karmaşık dizgeler	Çevre: Uyum, savaş, elenme, yaşama, üreme
Yaşamın mantıksal ve Felsefi açıklaması	Biyolojinin mantık ve felsefesi: diyalektik
Süreklilik: Temel Biyolojik bilgiler	Biyoloji eğitimi: Öğretim yöntemleri Felsefe, mantık

Şekil 5. Biyolojik Bilginin Tümevarımı. Herhangi Bir Bilginin Biyoloji Bilgisi Olabilmesi İçin, O Bilginin Donatılmasını Sağlayan Alanlar Görülmektedir. Böylece Biyolojik Bilgilerde Bütünlük Sağlanır.

ma, bütünlük, mutluluk ve barış içinde olmalarında biyoloji eğitiminin önemi vardır; bu unutulmamalıdır.

Biyolojide; özellikle fizyoloji, genetik ve biyoteknolojideki gelişmelerle insanlığın geleceğini olumlu yönde geliştirecek araştırmalar yapılmakta ve buluşlar sağlanmaktadır. Biyoloji eğitiminde bu düzeyi yakalamalıyız (Yetkin, 1992, 1994a, 1994b).

5.1. Biyoloji Bilgisinin Tamamlanması ve Bütünlüğü

Biyoloji öğretimini yaratıcı ve anlamlı kılmak için biyoloji felsefe ve mantığının kazandırılması gerekir. Özellikle moleküler ve hücre biyolojisinde, biyoteknoloji ve nöro-fizyoloji alanlarında gerçekleştirilen ilerlemeler, canlı dizgeler üzerinde gerçekleşen ilerlemeler, bilgilerimizde devrim yaratacak düzeydedir. Bu nedenle biyolojide yeni alt dallar ve bu dalların anlaşılması için de yeni bilgi kaynakları gerekir (Yetkin, 2000a; Frolow, 1986; Yetkin, 1998). Yaratılan alanlar, yeni tanım ve kavramları ve yeni disiplinleri oluşturur. Bu şekilde donatılan bir bilim dalı araştırmacı kuşaklara yeni açılım olanakları sağlar (Şekil 5). Bu amaçla biyoloji eğitim sürecinin beş yıla çıkarılması; özgün bölümler açılması, sağlık bilimleri ve grubu içine alınması gerekir. Özendirici iyileştirilmelerle biyolojinin toplumsal değeri yükseltilmeli: Özellikle tıp fakültelerinde, farmakoloji ve patoloji dışında kalan temel tıp bilimlerinde tanı ve sağaltımın dışında çalışma ve araştırma yapılarının önündeki engel kaldırılmalıdır.

Biyoloji bölümlerine öğrenci sayısına göre başarılı öğrenciler için belirli oranda yüksek lisans programı geliştirilmiştir, ancak bunun tüm üniversitelerde uygu-

lanması ve tümüyle bir eğitim programına dönüşmesi gerekir. Yüksek lisans ve doktora yapanlar iyi bir eğitim bursu ile desteklenerek başka işlerde çalışmalarını önlenmeli; daha önceleri olduğu gibi asistanlık sıfatı verilmez.

Toplumun yaşam düzeyine yararlı olan, olumlu karşılanan ve gelecek için umut olan genç beyinlerin gelişmesini sağlayan bir biyoloji eğitimi için uygun bir eğitim geliştirilmelidir. Bu amaçla daha önceleri yaptığımız araştırmalarda, biyoloji eğitiminin ve bilgisinin ne denli önemli olduğu yine biyoloji öğrencileri tarafından vurgulandı (Yetkin, 1996a, 1996b, 1999). Bu sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı bulundu. Böylece biyolojinin bireylerin *bilimsel, eğitsel, sosyal ve kişilik yönünden nasıl olması gerektiğine çok yönlü katkısının olduğu* ortaya çıktı. Biyoloji öğrenimi ve eğitimi alan birinin okul içinde ve okul dışında önemli ulusal değerlere; örneğin çevre, toplum sağlığı, bilimsel beslenme, sağlıklı aile yapısı ve doğayı koruma gibi değerlere sahip çıkmada ve dogmatiklerden kurtulmada daha bilinçli ve bu nedenle de daha başarılı olduğu anlaşıldı.

Diğer yandan ekonomik ve yaşam düzeyinde olduğu kadar temel bilimlerde de ileri gitmiş toplumlarda biyoloji bilimi üstün değere ulaştırılmıştır: 1996'da, Les Houches (Fransa) da NATO-ASI programı çerçevesinde gerçekleştirilen "From Cell to Brain" (Zaccai, 1998) konulu yaz okulu çalışmasına katılan araştırmacıardan birçoğu, biyolog olmadıkları halde, biyolojinin bilimsel sorunlarını çözmek ve geliştirmek için gerçekleştirdikleri çalışmaları sundular. Biyoloji orada tüm bilim dallarını kendisine çeken bir düzeydeydi.

5.2. Biyolojik Düzen

Biyoloji fizikten farklı olarak işlev ve biçimin özgülleşmesi ve farklılığını gösterir (Yates, 1993).

Biyolojik dizgeler *karmaşık* olarak tanımlanır. Ancak karmaşıklık teleolojik bir kavramdır. Biyolojik karmaşıklık ve gelişmişlik yerine kullanılmak üzere, olası ki yaşam biçimi ve yaşam alanlarına en *yüksek uyumlu organlar dizgesi* diyebiliriz.

Doğal seçim kuramı evrimsel sürecin bir bütün olduğunu söyler (Darwin, 1985). Bu süreçte yalnızca yaşamsal değere sahip olan basit değişikliklerin artmasıyla oluşan gruplar değil, aynı zamanda bu gibi açılımlar *uyum sağlamak* için gerek özgülleşme ve gerekse organizasyon düzeyinde yükseltilir (Yates, 1993). Bu yaklaşım, basit bir biyolojik varlıktan insana kadar nasıl bir savaşım olduğunu; yani hücreden beyine (Zaccai, 1998) nasıl ulaşıldığını açıklar. Bu düzeyde söyleye biliriz ki evrimsel süreçlerin ve böylece biyolojik dizgelerin ulaştığı en mükemmel düzey beyindir. Beyin insanın olduğu kadar, tüm biyolojik dizgelerin de en önemli aşamasıdır. Beyin sayesinde insan hem kendini tanımla-

makta, hem kendi gizlerini ve hem de doğanın gizlerini çözmektedir. Bilimin evrensel düzeyi, beyinin evrimsel düzeyinin bir işlevidir ve birbirine koştur olarak ilerler. Beyin korunması, kullanılması ve yararlanılması gereken bir organdır. İnsanın *öğrenme, mükemmelleşme ve sonsuzlaşma* özlem ve beklentileri ancak doğru tanımlanmış ve değeri kavranmış beyinle sağlanır. Tüm savaşlar; bir yandan savaş teknolojilerinde kullanarak, bir yandan savaşçılar yetiştirerek ve bir yandan da savaşçı uygulayarak beyini yok eder. Beynin bugünkü *düze-yi ve insanlık için kullanılması* (sağlık, beslenme, eğitim, kültür) açısından hiçbir savaşın ve beyinleri yok etmesinin haklı bir nedeni olamaz.

6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Sonuç olarak; *sorunsal*, yaşamın "neden ve niçin oluştu"ğuna değil, "nasıl oluştu"ğuna ve "nasıl gelişti"ğine yanıt aramaktır. Ancak bu yanıt aranırken var olan düzey (ontogen) değil, başlangıçtan bugüne dek geçen değişimler (filogen) anlaşılır olmalıdır. Somatik anlamda yaşam bir makine olarak tanımlanırken, evrimsel anlamda yaşam onun neyi kapsadıklarıdır; evrimsel sürecin bizzat kendisi oluşabilmesi için bir şeyi gerektirmekten bağımsızdır. Rosen'in (Rosen, 1991) çok anlamlı bir çalışmasındaki tanıma göre *yaşamı, doğrudan onun kendisi* tanımlamaktadır.

Biyolojideki kendine özgü, kendiliğinden-organizasyonun sorununa (problematic) *karışıklık yaratan güçlerin* (kaotik dinamikler) olası katkısı açısından bakıldığında, Robert Frost'un ilk baskısı 1949'da yayınlanan *Pertinax* başlıklı yazısındaki öz değişten söz edilebilir: Bu öz değişin tümü aşağıdaki gibidir.

Bırak karışıklık fırtınaları patlasın

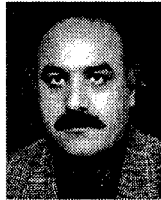
Bırak bulut şekilleri karışıp, kaynaşsın

Ben yeni şekiller oluşmasını bekliyorum.

KAYNAKÇA

- Burns, D.M. ve Donald, S.G.G. (1985). *Fizik: Tıp ve Biyoloji Öğrencileri için*. Atatürk Üniversitesi Yayınları, Erzurum.
- Çubukçu, A. (1989). *Mantık ve Diyalektik*, 2. Baskı, Ankara. Yurt Yayınları.
- Darwin, C. (1985). *The Descent of Man (İnsanın Türeyişi)*. Çev: Ö. Ünalın, Onur Yayınları, İstanbul.
- De Duve, C. (1996). *The Birth of Complex Cells*. Sci Am. April, 38-45.
- Frolow, I. (1986). *Biyolojide Diyalektik Yöntem*. Çev: Y. Şahan, İstanbul, Bilimsel Dizi.
- Gould, S.J. (1980a). Is a new and general theory of evolution emerging? *Paleobiology*, 6, 119-130.

- Gould, S.J. (1993). *Evolution of Organisms. The Logic of Life: In C.A.R. Boyd & D. Noble (Eds.)*, Oxford Uni Press.
- Haas, J. (1964). *An der Basis des Lebens*. Berlin.
- Haldane, J.B.S. (1989). "What is Life?". In M. Ruse (Ed.), *Philosophy of Biology*, N. Y.
- Horgan, C. Oct (1995). *The New Social Darwinists*. Sci Am., 150-157.
- Jordan, P. (2000). *Neandertal: Neandertal Man and the Story of Human Origin. In Great Britain*, Sutton Publishing.
- Kitcher, P. (1985). *Vaulting Ambition*. Cambridge.
- Larmon, A. M. (1992). A Synthesis of the Evidence for Early Human Evolution. *Current Anthropology*, 33(5), 617-21.
- Lehninger, A.L. (1978). *Biochemistry*. New York, Worth Publishers.
- Levinton, J. S. (1992). *The Big Bang of Animal Evolution*. Sci Am., November, 52-59.
- Milner, R. (1995). *Charls Darwin: The Last Portrait*, Sci. Am, November, 61.
- Previc, F.H. (1991). A General Theory Concerning the Prenatal Origins of Cerebral Lateralization in Humans. *Psychological Review*, 98(3), 299-334.
- Rosen, R. (1991). *Life itself: a comprehensive inquiry into the nature, origin, and fabrication of life*. Colombia Uni. Press, New York.
- Rosenberg, A. (1985). *The Structure of Biological Science*. Cambridge University Press.
- Schimit-Nielsen, K. (1997). *Animal Physiology: Adaptation and Environment*. Cambridge Uni Press.
- Searle, J.R. (1983). *Intentionality: An Essay in the Philosophy of Mind*. Cambridge.
- Searle, J.R. (1984). *Minds, Brain and Science*. Cambridge.
- Searle, J.R. (1992). *The Rediscovery of the Mind*. Cambridge.
- Sober, J.R. (1984). *The Nature of the Selection*. Cambridge, Mass.
- Stringer, C.B. (1990). *The emergency of modern humans*. Sci. Am., August, 68-74.
- Suplee, C. (1999). *Physics in the 20th century. In Franz, R. J. & Ridgen, J. S. (Eds)*, New York Harry, N. Abrams, Inc.
- Tattersall, I. (1992). *Evolution Comes to Life*. Sci. Am., August, 63-68.
- Todorov, I.N. (1990). *How Cells Maintain Stability?* Sci Am., December, 32-39.
- Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2 (2)
- Warn, M. (1992). *Our genetic future*. British Medical Association, Oxford.
- Wattson, J. D. ve Crick, F.H. C. (1953). *Molecular Structure of Nucleic Acids*. Nature, 737.
- Wilson, C. A. ve Cann, R. L. 1992. *Where did Modern Human Originate?: The Recent African Genezis of Humans*. Sci Am. April, 22-27.
- Wolf, S.L. (1989). *Molecular and Cell Biology*. California, Wadsforth Publishing Co.
- Yates, F.E. (1993). *Self-Organising Systems. The Logic of Life: In C.A.R. Boyd & D. Noble*, Oxford University Press.
- Yetkin, Y. (1992). Fizyolojik Çevrenin Korunması ve Sigara İçimi ile Biyoloji Eğitimi Arasındaki İlişki. *Sağ. Bil. Arş. Der.*, 3, 99-110.
- Yetkin, Y. (1994a). Biyolojik Bakış Açısından İç Çevre Kavramına Çağdaş Bir Yaklaşım. *Sağ. Bil. Arş. Der.*, 5(12), 151-162.
- Yetkin, Y. (1994b). Değişik Yaş, Eğitim ve Sosyal Çevrede Yaşayan İnsanların Gerçek İlgi Alanları. *Sağ. Bil. Der.*, 5(11), 49-62.
- Yetkin, Y. (1996a). *Biyoloji Eğitiminin İnsan Davranışları Üzerindeki Etkileri. II. Ulusal Eğitim Sempozyumu*, Marmara Üniversitesi, Eğitim Fak. Yayını, ss.306-321, İstanbul.
- Yetkin, Y. (1996b). *Biyoloji Eğitimi ve Öğretmen Yetiştirilmesi Üzerine Araştırma. II. Ulusal Eğitim Sempozyumu*, Marmara Üniversitesi, Eğitim Fak. Yayını, ss.322-342, İstanbul.
- Yetkin, Y. (1998). Biyoloji Eğitimi ile Sağlanan Davranış Değişikliklerinin İnsanın Yücelişi ve Dünya Barışına Katkısı. *Tr. J. Biol.*, 22, 347-367.
- Yetkin, Y. (1999). *Qualitative Expectations of Biological and Medical Education. Implementation of Total Quality Principles in Higher Education: In Çoruh, M. (Ed.)*. Haberal Eğitim Vakfı Press. ss.383-394.
- Yetkin, Y. (2000a). Biyoloji Eğitimi ve Eğitim-Öğretmen İlişkileri Üzerine Bir Araştırma. *Sağ. Bil. Arş. Derg.*, 11(22), 71-90.
- Yetkin, Y. (2000b). Biyoloji ve Eğitiminin İnsan Davranışları Üzerine Etkileri. *Sağ. Bil. Arş. Der.*, 11(22), 27-44.
- Zaccai, G., Massoulie, J. ve David, F. (1998). *From cell to brain: the cytoskeleton, intra-and inter-cellular communication and the central nervous system*. Elsevier, N-H, Amsterdam.



Yalçın Yetkin, İlk, Orta ve Yüksek Öğreniminden (Odunçor-Bulanık-Muş-Van, Ankara; 1971) sonra 1980'de doktora (Atatürk Üniv. Fen ve Tıp Fakültesi, Nörofizyoloji); 1995'de Doçentlik (Tıp) (Atatürk Üniversitesi) ve Mayıs

2001'de Profesörlük (100.Yıl Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Fizyoloji Anabilim Dalı, Van) derecelerini aldı.